

# ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

В ПЯТИ ТОМАХ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
И. Л. КНУНЯНЦ

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА  
Н. С. ЗЕФИРОВ, Н. Н. КУЛОВ

SCANNING - *by* WATCHER

НАУЧНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«БОЛЬШАЯ РОССИЙСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

# ХИМИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

ТОМ 5

ТРИ - ЯТР

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР  
Н.С. ЗЕФИРОВ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА  
Н.Н. КУЛОВ

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ю. А. ЗОЛОТОВ  
В. А. КАБАНОВ  
И. В. КАЛЕЧИЦ  
Я. М. КОЛОТЫРКИН  
В. А. КОПТЮГ

А. М. КУТЕПОВ  
В. А. МАЛЮСОВ  
О. М. НЕФЕДОВ  
В. Л. ТАЛЬРОЗЕ  
А. С. СПИРИН

Н. Ф. СТЕПАНОВ  
В. Д. ШОЛЛЕ  
(ответственный  
секретарь)  
Г. А. ЯГОДИН

**BOOKS.PROEKTANT.ORG**

**БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОННЫХ  
КОПИЙ КНИГ**

**для проектировщиков  
и технических специалистов**

НАУЧНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«БОЛЬШАЯ РОССИЙСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ» МОСКВА 1998



**НАУЧНЫЕ КОНСУЛЬТАНТЫ**

**Физическая химия.** Члены редколлегии: акад. РАН Я. М. Колотыркин, д. физ.-мат. н. Н. Ф. Степанов, чл.-корр. РАН В. Л. Тальрозе. Редакторы-консультанты: д. физ.-мат. н. М. А. Анисимов, д.х.н. М. В. Базилевский, к.х.н. С. С. Бердосов, д.х.н. И. В. Верещинский, д.х.н. В. А. Даванков, д.х.н. П. М. Зоркий, д.х.н. М. Г. Кузьмин, к.т.н. В. М. Новаковский, д.х.н. Ю. А. Пенгин, д.х.н. Н. В. Перцов, д.х.н. О. А. Петрий, д.х.н. Н. А. Смирнова, к.х.н. Л. А. Шиц, д. физ.-мат. н. Е. Д. Щукин, д.х.н. С. Г. Энтелис.

**Аналитическая химия.** Член редколлегии акад. РАН Ю. А. Зологов. Редакторы-консультанты: д.х.н. П. К. Агасян, д.х.н. В. Г. Березкин, д.х.н. М. А. Володина, д.х.н. Н. Э. Гельман, д.х.н. В. М. Дзиомко, д.х.н. Б. Я. Каплан, д.т.н. Ю. И. Коровин, И. М. Ориент.

**Органическая химия.** Члены редколлегии: акад. РАН Н. С. Зефирова, акад. РАН В. А. Коптюг, акад. РАН О. М. Нефедов. Редакторы-консультанты: к.х.н. А. М. Андриевский, д.х.н. Л. И. Беленький, акад. РАН И. П. Белешкая, д.х.н. Г. И. Дрозд, чл.-корр. РАН Н. Н. Мельников, д.х.н. Э. Е. Нифантьев, д.т.н. Е. Ю. Орлова, д.х.н. Е. М. Рохлин, д.х.н. Л. В. Рыбин, к.х.н. Б. В. Салов, д.х.н. В. И. Соколов, д.х.н. Г. А. Сокольский, д.х.н. Б. И. Степанов, д.х.н. Ю. А. Трегер, д.х.н. Л. А. Хейфиц, чл.-корр. РАН Е. А. Чернышев, чл.-корр. РАН М. С. Юнусов.

**Неорганическая химия.** Член редколлегии чл.-корр. РАН Г. А. Ягодин. Редакторы-консультанты: д.х.н. В. П. Данилов, д.х.н. С. И. Дракин, д.х.н. Ю. В. Левинский, д.х.н. Э. Г. Раков, д.х.н. В. Я. Росоловский, д.х.н. Б. Д. Степин, д.х.н. П. И. Федоров.

**РЕДАКЦИЯ ХИМИИ**

Зав. редакцией к.х.н. В. Д. Шолле; ведущие научные редакторы: Н. А. Дубровская, к.х.н. Б. Б. Палеев, М. Н. Ратманский, к.х.н. И. М. Филатова, к.х.н. Н. А. Шипачева; научные

**В ПОДГОТОВКЕ ЭНЦИКЛОПЕДИИ ПРИНИМАЛИ УЧАСТИЕ**

**Научно-контрольное чтение** — к. физ.-мат. н. А. А. Гусев, д. физ.-мат. н. Н. М. Кузнецов.

**Редакция иллюстраций** — гл. художник А. В. Акимов, художественный редактор А. М. Родин, редакторы И. С. Павлова, М. А. Ярошевская.

**Литературно-контрольная редакция** — зав. редакцией Т. Н. Парфенова, ст. редактор С. Л. Лаврова.

**Редакция библиографии, транскрипции и этимологии** — зав. редакцией канд. филол. н. Ю. Ф. Панасенко, руководитель группы библиографии Т. Н. Коваленко, научный редактор Е. В. Подольская, ст. редактор Т. И. Масальская.

**Словник** — научный редактор Л. П. Сидорова.

**Техническая редакция** — зав. редакцией О. Д. Шапошника.

**Производственный отдел** — зав. отделом И. А. Ветрова, инженер-технолог В. Ф. Касьянова, ведущий специалист Г. С. Шуршакова.

**Корректорская** — зав. корректорской Ж. А. Ермолаева, ст. корректоры Л. С. Вайнштейн, В. Н. Ивлева, Е. А. Кулакова, С. Ф. Лихачева, А. В. Мартынова, А. А. Селезнева, А. С. Шалаева, корректор А. А. Волченкова.

**Высокомолекулярные соединения.** Член редколлегии акад. РАН В. А. Кабанов. Редакторы-консультанты: д.х.н. А. А. Арест-Якубович, д.х.н. С. А. Аржаков, д.х.н. А. А. Берлин, д.х.н. В. В. Коврига, д. физ.-мат. н. А. Я. Малкин, д.х.н. С. П. Папков, д.т.н. К. Е. Перепелкин, д.х.н. С. В. Соколов, д.х.н. С. Я. Френкель, д.х.н. В. П. Шибаев.

**Биохимия.** Член редколлегии акад. РАН А. С. Спириин. Редакторы-консультанты: акад. РАН В. К. Антонов, чл.-корр. РАН Л. Д. Бергельсон, д.х.н. Ю. А. Берлин, акад. РАН Г. П. Георгиев, д.х.н. Э. В. Дятловицкая, д.х.н. С. Е. Есипов, чл.-корр. РАН В. Л. Кретович, д.х.н. В. М. Липкин, акад. РАН Ю. А. Панков, к.х.н. П. Д. Решетов, д.х.н. В. Б. Спиричев, чл.-корр. РАН И. В. Торгов, д.х.н. А. И. Усов.

**Лекарственные средства.** Редакторы-консультанты: акад. РАН М. Д. Машковский, д. мед. н. М. Э. Каминка.

**Общая химическая технология.** Члены редколлегии: д.т.н. Н. Н. Кулов, чл.-корр. РАН А. М. Кутепов, чл.-корр. РАН В. А. Малюсов. Редакторы-консультанты: д.т.н. А. Н. Баратов, д.т.н. А. И. Бояринов.

**Нефтехимия, углехимия, лесохимия.** Член редколлегии д.х.н. И. В. Калечиц. Редакторы-консультанты: Н. В. Браун, д.т.н. А. А. Гуреев, д.х.н. С. М. Локтев, д.т.н. В. Е. Привалов, д.т.н. Е. Д. Радченко, д.т.н. А. М. Табер, д.т.н. А. М. Чащин.

**Геохимия, полезные ископаемые.** Редактор-консультант д. геол.-минер. н. А. И. Перельман.

**Удобрения.** Редактор-консультант д.т.н. В. Ф. Кармышов.

**Фотографические процессы и материалы.** Редакторы-консультанты: к.х.н. В. С. Чельцов, к.т.н. А. А. Слущкин.

редакторы: к.х.н. О. И. Мельникова, к.х.н. Н. В. Шелемина, Т. К. Юдовская; редакторы: Л. М. Ковалькова, Е. А. Покровская.

**Издательско-компьютерный отдел** — зав. отделом И. Н. Коновалова, вед. специалист Л. А. Романенко, инженер М. С. Исаков, операторы К. А. Нефедов, Л. В. Короткова, Р. А. Якубова, И. С. Журавлева, В. М. Трофимова.

**Копировально-множительная лаборатория** — зав. лабораторией Л. Ф. Долгополова, операторы В. И. Климова, Г. В. Мещанинова.

**Отдел считки и изготовления наборного оригинала** — зав. отделом Н. В. Швердинская, ст. корректоры О. В. Гусева, Т. Б. Саблина, И. Т. Самсонова.

**Отдел перепечатки рукописей** — зав. отделом Л. П. Горячева.

**Предметный указатель** — составитель М. Н. Ратманский.

**Художник-график** В. А. Варьяш.

**Художник-оформитель** А. С. Андреев.

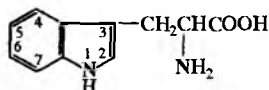
**Главный экономист** А. И. Солодовникова.

**Зам. директора** И. З. Нурғалиев.

Федеральная программа книгоиздания России

# T

**ТРИПТОФАН** [2-амино-3-(3-индоллил)пропионовая к-та, β-(3-индоллил)-α-аминопропионовая к-та, β-3-индолилаланин, Trp, W], мол. м. 204,22; бесцв. кристаллы; т. пл. D,L-T. 283–285 °С; для D-T. т. пл. 281–282 °С,  $[\alpha]_D^{25} + 32,45^\circ$  (кон-



центрация 1 г в 100 мл воды), для L-T. т. пл. 293–295 °С,  $[\alpha]_D^{25} - 31,5^\circ$  (концентрация 1 г в 100 мл воды); раств. в воде, ограниченно – в этаноле, не раств. в диэтиловом эфире. При 25 °С  $pK_a$  2,38 (COOH), 9,39 (NH<sub>2</sub>);  $pI$  5,89.

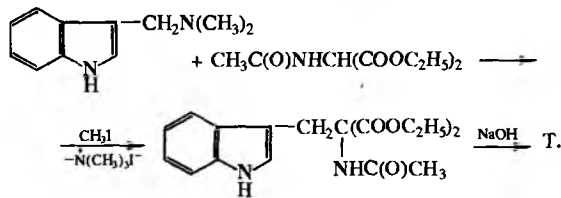
T. – ароматич. аминокислота, обладает всеми св-вами 3-замещенных индолов: легко окисляется (напр., действием FeCl<sub>3</sub> до 3-индолкарбальдегида), в сильнокислой среде неустойчив (разрушается в условиях кислотного гидролиза белков, поэтому для его определения проводят щелочной гидролиз). Конденсация T. с альдегидами (напр., с 4-диметиламинобензальдегидом) используется для его количеств. и качеств. определения. При щелочном плавлении T. образуются скатол, щавелевая и глиоксильная к-ты, а при декарбоксилировании – триптамин. T. дает многочисл. цветные р-ции (напр., *Адамкевича реакцию*).

Хим. модификацию остатков T. в молекулах белков проводят формилированием индольного атома N действием смеси муравьиной к-ты и HCl, а также сульфенилированием по атому С-2 цикла 2-нитрофенилсульфенилхлоридом или 2-(2-нитрофенилсульфенил)-3-метил-3-бром-3H-индолом (т. наз. BNPS-скатол) в уксусной к-те. В пептидном синтезе атом N индола иногда защищают формильной группой.

L-T. – кодируемая незаменимая аминокислота, входит в состав мн. белков; наиб. кол-ва T. содержатся в фибриногене и γ-глобулине крови.

Биосинтез T. в микроорганизмах осуществляется из антрапиновой к-ты и серина. Важнейшие продукты превращения T. в организме – триптамин, серотонин, гетероауксин, кинуренин [2-H<sub>2</sub>NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>C(O)CH<sub>2</sub>CH(NH<sub>2</sub>)COOH] и др. В кишечнике из T. образуется скатол.

L-T. можно синтезировать из грамина и ацетамидомалонового эфира по схеме:



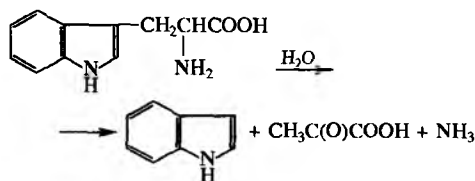
В УФ спектре T.  $\lambda_{\text{макс}}$  279,8 нм,  $\epsilon_{279,8}$  5,6·10<sup>3</sup>; в спектре флуоресценции T.  $\lambda$  испускания (эмиссии) 348 нм. В спектре ПМР L-T. в D<sub>2</sub>O хим. сдвиги протонов (м. д.) у α- и β-атомов С в цепи соотв. 4,044; 3,48 и 3,3; в цикле у С-2, С-4, С-5, С-6 и С-7 соотв. 7,309; 7,729; 7,197; 7,285 и 7,536.

T. впервые выделен Ф. Гопкинсом и С. Колем в 1902 из казеина.

Мировое произ-во L-T. ок. 200 т/год (1982).

В. В. Бавв.

**ТРИПТОФАНАЗА** (триптофан-индол-лиаза), фермент класса лиаз, катализирующий расщепление триптофана:



Катализирует также расщепление по такой же схеме др. β-замещенных α-L-аминокислот [напр., цистеин, серин, CH<sub>3</sub>SCH<sub>2</sub>CH(NH<sub>2</sub>)COOH]; обратную р-цию – синтез триптофана [при избытке NH<sub>3</sub> и CH<sub>3</sub>C(O)COOH]; замещение индольного остатка в триптофане (в т. ч. если в цикле есть заместители на С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>δ, СН<sub>3</sub>δ, НS и RO при действии соотв. С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>SH, СН<sub>3</sub>SH, Н<sub>2</sub>S и ROH; изотопный обмен α-Н-атома на дейтерий у мн. α-L-аминокислот.

T. широко распространена среди разл. видов бактерий. Наиб. изучена T. из штаммов В/17-А и К-12 Escherichia coli. Молекула T. содержит 4 идентичные субъединицы с мол. м. 54 тыс., состоящих из одной полипептидной цепи (ее первичная структура известна). Каждая субъединица в активном центре связывает одну молекулу пиридоксальфосфата (ПДФ; см. *Витамин В<sub>6</sub>*). Активный комплекс T. с ПДФ образуется в присут. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup> и Rb<sup>+</sup> (Na<sup>+</sup> ингибирует T.). Оптим. каталитич. активность T. при рН 8,0–9,0;  $pI$  4,95.

В присут. ионов K<sup>+</sup> и NH<sub>4</sub><sup>+</sup> T. имеет 2 характерных рН-зависимых максимума в спектре поглощения в областях 337 и 420 нм, обусловленных альдиминной группой (основание Шиффа), образованной альдегидной группой ПДФ с ε-аминогруппой остатка лизина-270. В связывании ПДФ принимают также участие остатки цистеина-298 и триптофана-330.

Конкурентные, обратимые ингибиторы T. – нек-рые аминокислоты, напр. L-аланин.

Лит.: Snell E.E., «Adv. Enzymol.», 1975, v. 42, p. 287–333; Miles E.W., Vitamin B<sub>6</sub>, pyridoxal phosphate, v. 1, pt B, N.Y., 1986, p. 253–310.

Н. С. Деметьева.

**ТРИТИЙ** (от греч. trítos – третий) T, или <sup>3</sup>H, радиоактивный тяжелый изотоп водорода с мас. ч. 3. Ядро атома T. – тритон с массой 3,016050 состоит из одного протона и двух нейтронов, энергия связи 8,1–8,4 МэВ. При β-распаде T. образуется легкий изотоп гелия: <sup>3</sup>H → <sup>3</sup>He + β<sup>-</sup>; T<sub>1/2</sub> 12,33 года; макс. энергия излучения 18,61 кэВ, средняя – 5,54 кэВ. Уд. активность T. 3,59·10<sup>5</sup> Гбк/г. При взаимод. β-частиц T. с в-вом возникает тормозное фотонное излучение, к-рое используют для количеств. определения T. в разл. средах.

Молекула T. двухатомна, мол. м. 6,03210; основная частота колебаний атомов 2548,36 см<sup>-1</sup>; константа диссоциации K =  $\frac{p_2^2}{p_{T_2}} = 6,226 \cdot 10^{-75}$  (293,15 K), где p – давление. С др. изотопами водорода T. образует молекулы прототрития HT с мол. м. 4,02395 и дейтеротрития DT с мол. м. 5,03015. Молекулярный T. может находиться в орто- и пара-состояниях (соотв. о-T<sub>2</sub> и п-T<sub>2</sub>). При обычных условиях газообразный T<sub>2</sub> представляет собой смесь 75% орто- и 25% пара-модификаций (нормальный T., н-T<sub>2</sub>). Равновесный T. (р-T<sub>2</sub>), имеющий равновесный орто-пара-состав при данной т-ре, содержит п-T<sub>2</sub> (%): 97,243 (10 K), 66,453 (20 K), 43,493 (30 K), 33,35 (40 K), 28,789 (50 K), 25,075 (100 K). Энтальпия орто-пара-превращения н-T<sub>2</sub> в р-T<sub>2</sub> составляет –195,94 при 20 K и –11,51 Дж/моль при 50 K.

T. образуется в верх. слоях атмосферы в результате взаимод. космич. излучения гл. обр. с ядрами N и O, напр.: <sup>14</sup>N + n → <sup>12</sup>C + T. Образующиеся таким образом атомы T. в результате р-ций радиац. окисления и изотопного обмена переходят в молекулы воды, затем T. в составе дождевой воды выпадает на пов-сть Земли. По совр. оценкам, равновесная активность космогенного T. во внеш. среде (гидросфере и атмосфере) составляет (1,11–1,30)·10<sup>9</sup> Гбк (3,0–3,5 кг). Считают, что ок. 90% природного T. содержится в гидросфере

# 6 ТРИТИЙ

(пл. обр. в виде НТО), 10% в стратосфере (НТО) и 0,1% в тропосфере (из них 50% в виде НТ).

Большое кол-во Т. образуется при ядерных и, пл. обр., термоядерных взрывах. Взрыв водородной бомбы с тритиевым эквивалентом 1 Мт приводит к выделению  $(2,6 - 7,4) \cdot 10^8$  Гбк трития. С начала испытания термоядерного оружия (1954) содержание Т. в дождевой воде возросло с 0,5 - 5,0 до 500 Т. Е.; Т. Е. тритиевая единица, равная отношению числа атомов Т/Н =  $10^{-18}$ , или 0,12 Бк на 1 л воды. При подземных ядерных взрывах Т. также превращ. в оксид и частично выходит на пов-сть. По оценкам (1970), общее содержание Т. в биосфере: в мировом океане 250 кг, в континентальных водах 45 кг, в воздухе 3 кг.

**Свойства.** Нек-рые св-ва Т. приведены в табл. 1. Ур-ние температурной зависимости давления насыщ. пара жид-

Табл. 1.- СВОЙСТВА НТ, ДТ и н-Т<sub>2</sub>

Показатель	НТ	ДТ	н-Т <sub>2</sub>
$T_{\text{крист.}}$ , К	37,13	39,42	40,44
$P_{\text{крист.}}$ , МПа	1,571	1,773	1,850
$T_{\text{т-ра}}$ тройной точки, К	17,62	19,71	20,62
$T_{\text{кип.}}$ , К	22,92	24,38	25,04
$\Delta H_{\text{исп}}$ при т. кип., Дж/моль	—	—	1394
Плотн. жидкости (кг/м <sup>3</sup> ) вдоль линии насыщения:			
21 К	162,8	220,7	272,2
23 К	157,8	214,6	265,0
25 К	152,3	208,1	257,3
$\gamma$ , Н/м:			
21 К	3,085	3,793	4,181
23 К	2,607	3,327	3,694
25 К	2,180	2,860	3,207
$C_p^0$ , Дж/моль·К	29,198	29,195	29,199

кого н-Т<sub>2</sub> в интервале 25-40 К:  $\lg p_{\text{НТ}}^0$  (ГПа) =  $6,1583 + 78,925/T + 2 \cdot 10^{-4} (T - 25)^2$ . Давление пара НТ м. б. вычислено по ф-ле:  $p_{\text{НТ}}^0 = \sqrt{p_{\text{ДТ}}^0 \cdot p_{\text{н-Т}_2}^0}$ ; аналогично принято, что  $p_{\text{ДТ}}^0 = \sqrt{p_{\text{НТ}}^0 \cdot p_{\text{н-Т}_2}^0}$ . Коэф. диффузии НТ в жидком Н<sub>2</sub> м. б. вычислен по ур-нию  $D = 3,05 \cdot 10^{-4} \exp(-36/T)$ . Идеальный коэф. разделения изотопов водорода при равновесии жидкость - пар  $\alpha_{\text{ид}} = p_1^0/p_2^0$  (см. табл. 2). Эксперим. коэф. разделения смесей D<sub>2</sub> - DT и D<sub>2</sub> - T<sub>2</sub> на 5-6% ниже  $\alpha_{\text{ид}}$ .

Р-ции изотопного обмена водорода  $T_2 + H_2 \rightleftharpoons 2HT$  и  $T_2 + D_2 \rightleftharpoons 2TD$  (константы равновесия при 298,15 К равны соотв. 2,57 и 3,82) протекают вследствие выделения энергии при радиоактивном распаде Т., скорость их зависит от концентрации Т., а также от присутствия катализаторов. Т. окисляется O<sub>2</sub> при обычной т-ре и без катализаторов вследствие  $\beta$ -распада.

Табл. 2.- ЗНАЧЕНИЯ  $p_1^0/p_2^0$

Т-ра, К	$p_{\text{НТ}}^0/p_{\text{ДТ}}^0$	$p_{\text{ДТ}}^0/p_{\text{н-Т}_2}^0$	$p_{\text{ДТ}}^0/p_{\text{НТ}}^0$	$p_{\text{н-Т}_2}^0/p_{\text{НТ}}^0$
21,0	2,19	2,18	1,30	1,690
22,0	2,06	2,05	1,27	1,613
23,0	1,95	1,94	1,25	1,563
24,0	1,86	1,85	1,23	1,513

Оксиды трития Т<sub>2</sub>O (мол. м. 22,03150), прототрития НТО (20,02335) и дейтеротрития DTO (21,02955) имеют уд. активность соотв. 98050, 53650 и 51430 Гбк/г. Для Т<sub>2</sub>O т. кип. 274,70 К, т-ра тройной точки 277,64 К; плотн. 1,21459 г/см<sup>3</sup> (293,15 К), макс. плотн. 1,21502 (286,55 К); отношение значений давления паров H<sub>2</sub>O и Т<sub>2</sub>O в интервале 264-387 К:  $\ln(p_{\text{H}_2\text{O}}^0/p_{\text{T}_2\text{O}}^0) = -103,87/T + 46480/T^2$ .

Давление пара НТО  $p_{\text{НТО}}^0 = \sqrt{p_{\text{H}_2\text{O}}^0 \cdot p_{\text{T}_2\text{O}}^0}$ . Коэф. разделения жидкость - пар (относит. легучесть  $\alpha$ ) р-ров DTO в D<sub>2</sub>O в интервале 313,15-373,15 К:  $\lg \alpha = 8,026/T + 0,0198$ . Коэф. диффузии (м<sup>2</sup>/с) при 298,15 К: НТО в H<sub>2</sub>O  $2,236 \cdot 10^{-9}$ , DTO в D<sub>2</sub>O  $1,849 \cdot 10^{-9}$ , DTO в НТО  $2,029 \cdot 10^{-9}$ .

Константы равновесия К изотопного обмена H<sub>2</sub>O + T<sub>2</sub>O  $\rightleftharpoons 2HTO$  и D<sub>2</sub>O + T<sub>2</sub>O  $\rightleftharpoons 2DTO$  при 300 К соотв.

равны 3,699 и 3,972. Образование НТО может происходить при изотопном обмене  $HT + H_2O \rightleftharpoons HTO + H_2$ ,  $K = 6,31$  (300 К).

В результате радиоактивного распада Т. в его соед. имеют место радиац. эффекты. Вода, содержащая Т., подвергается радиолу с образованием H<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Вода, содержащая 100% Т., разлагается на 50% через 5,24 сут. Рекомендуемая Международной комиссией радиологич. защиты условная граница допустимого содержания Т. в воде (при к-ром практически не наблюдается ее саморазложение)  $3,7 \cdot 10^4$  Гбк/л.

Три тиды подобны гидридам (незначит. отличия проявляются в таких св-вах, как плотность и параметры кристаллич. решетки): получают их теми же методами, что и гидриды. Наиб. важны LiT (Li<sub>2</sub>DT), TiT<sub>2</sub>, ZrT<sub>2</sub>, UT<sub>3</sub>. Объем (см<sup>3</sup>) T<sub>2</sub>, связываемого 1 г металла: Li -  $1,6 \cdot 10^3$ , Ti -  $4,7 \cdot 10^2$ , Zr -  $2,5 \cdot 10^2$ , U -  $1,4 \cdot 10^2$ . В любом водородсодержащем соед. замещение одного атома H на атом Т приводит к образованию соед. с уд. активностью  $107,7 \cdot 10^4$  Гбк/моль.

**Получение.** В пром. масштабе Т. получают в ядерном реакторе, облучая Li, чаще всего обогащенный изотопом <sup>6</sup>Li, нейтронами:  ${}^6\text{Li} + n \rightarrow {}^4\text{He} + T$ . Продукт естеств. распада Т. - <sup>3</sup>He - также вступает в ядерную р-цию, превращаясь в Т. и протий:  ${}^3\text{He} + n \rightarrow T + H$ . Получение Т. включает подготовку материала к облучению, проведение облучения и накопление Т. в материале, выделение, очистку и концентрирование, при этом используют методы термодиффузии и низкотемпературной ректификации. Т. может быть также получен выделением и концентрированием при изотопной очистке тяжелой воды - замедлителя ядерных реакторов. Этим путем на установке в Гренобле (Франция) получают  $8,88 \cdot 10^6$  Гбк в год 98%-ного Т. Установка TRF (Tritium Removal Facility) в Канаде, рассчитанная на переработку 350 кг/ч D<sub>2</sub>O тяжеловодных реакторов, по аналогичной технологии позволяет получать ок.  $10^9$  Гбк в год Т. чистой не менее 99%. Хранить Т. можно в виде тритидов.

**Применение.** Т. - компонент топлива для термоядерного синтеза:  $D + T \rightarrow {}^4\text{He} + n + 17,58$  МэВ; радиоактивный изотопный индикатор в химии, биологии, медицине, геофизике, гидрогеологии и др. В виде тритиевых мишеней (тритиды U, Ti, Zr, интерметаллиды) используется в генераторах нейтронов, детекторах для газо-жидкостной хроматографии, в качестве радиоактивных источников излучения для флюорографии, в толщиномерах и т. д. Т. применяется при изготовлении световых указателей и сигналов (активированный ZnS излучает зеленоватое свечение в присутствии Т.).

**Техника безопасности и контроль.** Макс. пробег  $\beta$ -частицы Т. в воздухе 5,8 мм при 20 °С, в биол. ткани 6,5 мкм. Поэтому  $\beta$ -частицы Т. полностью поглощаются роговыми слоями кожи и внеш. облучение организма Т. и его соед. не представляет опасности. Т. опасен при попадании в организм через кожу, легкие или при приеме пищи и воды. Период полувыведения Т. при поглощении в виде газа 3,3 мин, а в виде воды 10-12 сут. Независимо от путей поступления в организм через 2-3 ч наблюдается равномерное распределение НТО в жидкой фазе организма (кровь, моча, выдыхаемые пары воды). Для газообразного Т. и НТО (Т<sub>2</sub>O) категория радиац. опасности Г, минимально значимая активность  $3,7 \cdot 10^6$  Бк. Допустимые концентрации Т. в воздухе рабочей зоны ДКА и в атм. воздухе или воде ДКБ, предельно допустимое поступление через органы дыхания ЦДП, предел годового поступления в организм ППП приведены в табл. 3.

В ядерных реакторах, работающих на тепловых нейтронах, в результате побочных процессов образуется Т., к-рый может попадать в окружающую среду с газообразными или жидкими отходами, как непосредственно на АЭС, так и при дальнейшей переработке облученного ядерного топлива. Количеств. оценка поступления Т. в окружающую среду с газообразными и жидкими отходами АЭС, Гбк/МВт(электрич.)·год: реакторы ВВЭР (водно-водяной энергетич. реактор) - в атмосферу 7,4-33, в гидросферу 33; реакторы БВМК (реактор большой мощности канальный) - соотв. 22 и 1,5. Существенно более высокие выбросы Т. наблюдаются на АЭС с тяжеловодными реакторами. Осн. источник поступления Т. в окру-

Табл. 3. — ЗНАЧЕНИЯ ДОПУСТИМЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТРИТИЯ  
Для категории А:

Состояние Т.	Критич. орган	ЦШП, Бк/год	ДК <sub>А</sub> , Бк/л
Газ	Все тело	5,55 · 10 <sup>12</sup>	22,2 · 10 <sup>5</sup>
НТО (Т <sub>2</sub> О)	Все тело	4,4 · 10 <sup>8</sup>	3,7 · 10 <sup>2</sup>

Для категории Б:

Состояние Т.	Критич. орган	ЦШП, Бк/год через органы дыхания	ДК <sub>Б</sub> , Бк/л	
			в атм. воздухе	в воде
Газ	Все тело	5,55 · 10 <sup>11</sup>	7,4 · 10 <sup>4</sup>	—
НТО (Т <sub>2</sub> О)	Все тело	7,4 · 10 <sup>7</sup>	11,1	14,8 · 10 <sup>4</sup>

жающую среду в ядерной технологии — заводы по переработке ядерного топлива. Так, напр., завод по переработке ядерного топлива с производительностью 1500 т UO<sub>2</sub> в год м. б. источником Т. — (1,11–2,96) · 10<sup>16</sup> Бк в год.

Эксплуатация термоядерных энергетич. установок будущего приведет к дальнейшему росту выбросов Т., т. к. ТЯЭС (термоядерная энергетич. станция) по оценкам будет выделять Т. в 10<sup>4</sup>–10<sup>6</sup> раз больше, чем АЭС эквивалентной мощности. Задачи улавливания Т. и очистки сбросов до санитарных норм, выделения и концентрирования Т. с целью его локализации (захоронения) или использования м. б. решены при помощи методов разделения изотопов водорода: ректификацией воды под вакуумом, хим. изотопным обменом (очистка и начальное концентрирование), низкотемпературной ректификацией жидкого водорода, сорбционным разделением на твердых сорбентах.

Содержание Т. в разл. средах определяют измерением его активности чаще всего ионизационными и сцинтилляционными методами (табл. 4). При недостаточной чувствительности измерит. аппаратуры применяют методы предварит. концентрирования (термодиффузия, ректификация, электролиз).

Табл. 4. — ХАРАКТЕРИСТИКА НАИБОЛЕЕ УПОТРЕБЛЯЕМЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРИТИЯ

Детектор	Миним. детектируемая активность Т., Бк	Пределы измерения концентрации Т. в воде, Бк/л
Пропорциональный счетчик	3,7 · 10 <sup>2</sup>	3,7 · (10–10 <sup>6</sup> )
Счетчик Гейгера-Мюллера	3,7 · 10 <sup>2</sup>	18,5–3,7 · 10 <sup>5</sup>
Жидкостной сцинтилляц. счетчик совпадений	0,37	1,85 · 10 <sup>2</sup> –3,7 · 10 <sup>8</sup>
Ионизац. камера	3,7 · 10 <sup>2</sup>	1,85 · 10 <sup>5</sup> –3,7 · 10 <sup>14</sup>

Для контроля за содержанием Т. в воздухе используют ионизац. камеры [диапазон измеряемых концентраций 3,7 · (10–10<sup>13</sup>) Бк/л], пропорциональные (1,85–3,7 · 10<sup>6</sup> Бк/л) и сцинтилляц. счетчики [3,7 · (10–10<sup>7</sup>) Бк/л], для периодич. контроля — фотопленки.

Т. открыли в 1934 Э. Резерфорд, М. Олифант и П. Хартек.

Лит.: Лейский Л. А., Физика и химия трития, М., 1981; Беловодский Л. Ф., Гаевой В. К., Гришмаковский В. И., Тритий, М., 1985; Андреев Б. М., Зельвенский Я. Д., Каталийков С. Г., Тяжелые изотопы водорода в ядерной технике, М., 1987; Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества. Справочник, под ред. Л. А. Ильина, В. А. Филова, Л., 1990, с. 50–57. Я. Д. Зельвенский.

**ТРИФЕНИЛКАРБИНОЛ** (трифенилметанол, тританол) (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>COH, мол. м. 260,34; бесцв. кристаллы; т. пл. 162,5 °С, т. кип. 380 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,188; μ 5,96 · 10<sup>-30</sup> Кл · м (25 °С, бензол). Хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, не раств. в воде.

Под действием сильных к-т Т. образует желтый (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>C<sup>+</sup>, к-рый при восстановлении, напр. VCl<sub>2</sub>, превращ. в трифенилметильный радикал. При кипячении с ZnCl<sub>2</sub> в спирте или с Zn в уксусной к-те восстанавливается до трифенилметана. При нагр. в бензоле с P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> превращ. в смесь бифенила и трифенилметана. Со спиртами при нагр. в присут. п-толуолсульфокислоты образует простые эфиры, с ацетил-

хлоридом — трифенилхлорметан. Взаимодействие Т. с анилином, фенолом и эфирами фенолов приводит к производным тетрафенилметана, напр.: (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>COH + C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NH<sub>2</sub> → (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>CC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NH<sub>2</sub>.

Получают Т. взаимодей. фенолмагниибромида с р-ром бензофенона в эфире при т-ре 0–25 °С с послед. обработкой льдом и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, кипячением трифенилхлорметана с р-ром Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, окислением трифенилметана CrO<sub>3</sub> в CH<sub>3</sub>COOH при 30 °С.

Производные Т. применяют в синтезе арилметановых красителей.

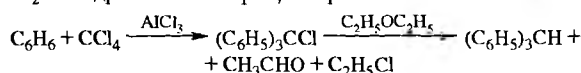
Лит. см. при ст. Трифенилхлорметан.

Н. Н. Артамонова.

**ТРИФЕНИЛМЕТАН** (тритан) (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>CH, мол. м. 244,32; бесцв. кристаллы. Существует в двух кристаллич. формах лабильной (т. пл. 81 °С) и стабильной (т. пл. 94 °С); т. кип. 359 °С, 190–215/10 мм рт. ст.; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,014; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,5839; μ 0,7 · 10<sup>-30</sup> Кл · м; C<sub>p</sub> 295,4 Дж/(моль · К); ΔH<sub>гор</sub><sup>0</sup> 10008,68 кДж/моль, ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> -162,19 кДж/моль, ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 21,57 кДж/моль, S<sub>298</sub><sup>0</sup> 312,57 кДж/(моль · К); pK<sub>a</sub> 33. Не раств. в воде, раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, CHCl<sub>3</sub>; с бензолом образует кристаллосольват состава 1:1 (т. пл. 72 °С).

При действии Na или K в жидком NH<sub>3</sub> Т. образует темно-красные р-ры тритилнатрия или тритилкалия соотв.: при нагр. с PCl<sub>5</sub> или VCl<sub>2</sub> превращ. в соответствующее трифенилметилгалогениды (трифенилгалогениды), при окислении воздухом или горячей конц. HNO<sub>3</sub> — в трифенилкарбинол. Нитрование смесью H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и HNO<sub>3</sub> приводит к замещению в бензольных ядрах с образованием *трис*-(п-нитрофенил)метана. Характерное св-во Т. — подвижность атома H у атома C, связанного с тремя бензольными ядрами. При растворении Т. в водной щелочи образуются устойчивые трифенилметильные карбанионы, легко окисляющиеся под действием AgNO<sub>3</sub>, KMnO<sub>4</sub>, K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> в трифенилметильные радикалы: (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>CH  $\xrightarrow{OH^-}$  (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>C<sup>-</sup>  $\xrightarrow{[O]}$  (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>C<sup>·</sup>. Восстановление тритилгалогенидов металлами также приводит к трифенилметильным радикалам (см. Трифенилметильные радикалы).

Получают Т. по р-ции Фриделя — Крафта конденсацией бензола с CHCl<sub>3</sub> (выход 21%), CCl<sub>4</sub> (выход 70–80%), бензотрихлоридом или бензилхлоридом в присут. AlCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub> или др. катализаторов, напр.:



Т. — стабилизатор полимеров и топлив; производные Т. применяют в качестве красителей (см. Арилметановые красители).

Н. Н. Артамонова.

**ТРИФЕНИЛМЕТАНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, см. Арилметановые красители.

**ТРИФЕНИЛФОСФАТ** (трифениловый эфир фосфорной к-ты) (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O)<sub>3</sub>PO, мол. м. 326,27; бесцв. кристаллы без запаха; т. пл. 49–51 °С, т. кип. 244 °С/10 мм рт. ст.; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,268; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,550; μ 9,64 · 10<sup>-30</sup> Кл · м; раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде.

Мн. св-ва Т. типичны для ароматич. средних фосфатов (см. Фосфаты органические). Т. выдерживает непродолжит. нагр. до 300 °С, устойчив к гидролизу в нейтральных средах. При длит. кипячении в водных р-рах к-т гидролизует до H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; при нагр. с водными р-рами щелочей образует сначала [(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O)<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>]<sup>-</sup>M<sup>+</sup>, а затем (с меньшей скоростью) — [(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OPO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup>2M<sup>+</sup> (M = Na, K). При нагр. со спиртами и фенолами происходит перэтерификация Т.

Обработка Т. нитрующими (напр., HNO<sub>3</sub>) и галогенирующими (напр., VCl<sub>2</sub>) агентами приводит в осн. к производным, содержащим заместитель в *пара*-положении бензольного кольца.

Т. получают взаимодей. POCl<sub>3</sub> с фенолом (можно использовать катализаторы — галогениды металлов). В пром-сти реагенты смешивают при т-ре ≥ 50 °С и затем в дозревателе ее повышают до 200 °С; образующийся HCl удаляют вакуумированием. Затем продукт промывают разб. водным р-ром щелочи и выделяют Т. фракционированием. Для обесцвечивания

## 8 ГРИФЕНИЛФОСФИН

Т. его обрабатывают р-ром  $KMnO_4$  (иногда дополнительно обрабатывают сорбентом, напр. углем). Т. может быть также получен окислением (напр., с помощью  $H_2O_2$ ) трифенилфосфита или трифенилтиофосфата ( $C_6H_5)_3PO$ , а также гидролизом трифенилоксиалогенфосфоранов.

Т. агитирует пластификатор нитроцеллюлозы и ацетата целлюлозы: т. вып.  $223^\circ C$ ; ПДК в воздухе  $3 \text{ мг/м}^3$ .

Лит. см. при ст. *Фосфаты органические*.

Г. И. Дрозд.

**ТРИФЕНИЛФОСФИН** ( $C_6H_5)_3P$ , мол. м. 262,27; бесцв. кристаллы: т. пл.  $80,5^\circ C$ , т. кип.  $377^\circ C$  ( $188^\circ C/1 \text{ мм рт. ст.}$ );  $d_4^{25}$  1,194,  $d_4^{20}$  1,075;  $\mu$   $4,87 \cdot 10^{-10}$  Кл·м;  $\Delta H_{исп}$  71,2 кДж/моль,  $\Delta H_{сж}$  227,4 кДж/моль,  $\Delta H_{стп}$  10339,6 кДж/моль; раств. в бензоле, ацетоне, диэтиловом эфире, этаноле, не раств. в воде.

Хим. св-ва Т. во многом типичны для третичных орг. фосфинов (см. *Фосфины*). Т. обладает основными св-вами ( $pK_a$  сопряженной к-ты 2,6–2,7), образует аддукты с к-тами Льюиса, является лигандом в комплексных соед. Pt, Cr, Ni. При действии  $O_2$ ,  $N_2O_4$ ,  $NOCl$  легко окисляется до  $Ph_3PO$ , присоединяет серу при взаимодействии с эписульфидами и диорганополисульфидами, образуя  $Ph_3PS$ ; присоединяет галогены с образованием фосфорана  $Ph_3PNaX$ . Т. вступает в р-цию окислительного иминирования с азидами  $RN_3$ , образуя  $Ph_3P=NR$ .

Пром. метод получения Т.: взаимодей.  $C_6H_5Cl$  и  $PCl_3$  с распыл. Na в р-рителе. В препаративной практике Т. обычно получают р-цией  $PhMgBr$  с  $PCl_3$  (выход ок. 80%).

Т.- реагент в орг. синтезе, инициатор полимеризации.

Лит.: Корбридж Д. Фосфор, пер. с англ., М., 1982, с. 198–203.

Г. И. Дрозд.

**ТРИФЕНИЛФОСФИТ** (трифениловый эфир фосфористой к-ты) ( $C_6H_5O)_3P$ , мол. м. 310,27; бесцв. кристаллы или маслянистая жидкость; т. пл.  $21\text{--}25^\circ C$ , т. кип.  $200\text{--}201^\circ C/5 \text{ мм рт. ст.}$  ( $129^\circ C/0,001 \text{ мм рт. ст.}$ );  $d_4^{20}$  1,1844;  $n_D^{20}$  1,5910; раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде.

Св-ва Т. во многом типичны для средних фосфитов (см. *Фосфиты органические*). В инертной атмосфере Т. не разлагается при нагрев. до  $200\text{--}250^\circ C$  в течение неск. часов; образует комплексы с к-тами Льюиса и солями нек-рых металлов, окисляется до фосфата  $O_2$  воздуха и мн. окислителями ( $H_2O_2$ ,  $N_2O_4$  и др.), присоединяет серу, отщепляя ее от мн. соед. с образованием тиофосфата ( $C_6H_5O)_3PS$ . При действии на Т.  $RI$  образуются соли фосфония  $[(C_6H_5O)_3PR]^+I^-$ , а при обработке  $Cl_2$  или  $Br_2$  – дигалогенфосфораны ( $C_6H_5O)_3PNaX_2$ . Последние в обычных условиях не перегруппировываются в фосфорильные соед. (по механизму *Арбузова реакции*) и используются для превращения спиртов (в т. ч. сахаров) в их галогенопроизводные. При обработке Т. карбоновыми к-тами или  $H_3PO_3$  образуется дифенилфосфит. Нагревание Т. со спиртами приводит к продуктам частичной или полной перэтерификации, а с ароматич. аминами – к триаминам фосфористой к-ты.

Т. получают взаимодей.  $PCl_3$  с фенолом ( $HCl$  отдувают или связывают основанием).

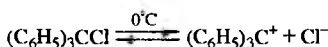
Т.- стабилизатор полимеров, разбавитель эпоксидных смол, реагент в синтезе пластификаторов и пестицидов.

Лит.: Пурдела Д., Вьлчану Р., *Химия органических соединений фосфора*, пер. с рум., М., 1972, с. 174, 178, 192, 269.

Г. И. Дрозд.

**ТРИФЕНИЛХЛОРИМЕТАН** (трифенилметилхлорид, тритилхлорид) ( $C_6H_5)_3CCl$ , мол. м. 278,8; бесцв. кристаллы гексагон. сингонии ( $a = 1,39 \text{ нм}$ ,  $c = 0,131 \text{ нм}$ ,  $z = 6$ ); т. пл.  $115^\circ C$ , т. кип.  $310^\circ C$ ,  $230\text{--}235^\circ C/20 \text{ мм рт. ст.}$ ;  $C_p$  123,3 Дж/(моль·К) ( $644,3 \text{ К}$ );  $\mu$   $6,59 \cdot 10^{-30}$  Кл·м; хорошо раств. в диэтиловом эфире, хлороформе, бензоле, хуже – в ацетоне.

Т. в р-ре жидкого  $SO_2$  диссоциирует на сольватир. карбокатион желтого цвета и анион:



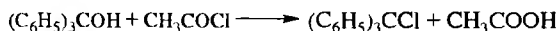
Ионизация Т. происходит также в пиридине, р-ре  $SbCl_5$ ,  $SnCl_4$ ,  $H_2SO_4$ . При взаимодей. с нек-рыми металлами (напр., Hg, Ag или Zn) в бензоле без доступа  $O_2$  Т. образует устойчивый трифенилметильный радикал  $(C_6H_5)_3C^\cdot$ , находящийся в рав-

новесии с димером: в присут.  $O_2$  превращ. в трифенилметилпероксид  $(C_6H_5)_3COOC(C_6H_5)_3$ . Р-ция Т. с амидом Na или амальгамой Na в диэтиловом эфире приводит к образованию темно-красного р-ра трифенилметилнатрия (тритилнатрия):



Т. легко вступает в р-ции нуклеоф. замещения, что обусловлено образованием устойчивого трифенилметильного карбокатиона. В присут.  $Na_2CO_3$  легко гидролизуется до трифенилкарбинола. При взаимодей. с первичными спиртами ROH при  $20\text{--}25^\circ C$  в присут. пиридина с высоким выходом превращ. в простые тритиловые эфиры  $(C_6H_5)_3COR$ : с солями орг. к-т – в сложные  $(C_6H_5)_3COOR$ : с  $NH_3$ , аминами и гидразином – в соответствующие N-тритильные производные. Эти р-ции применяют в орг. химии для защиты первичных спиртовых групп в сахарах или аминогрупп в аминокислотах.

Осн. методы получения Т.: взаимодей. бензола с  $CCl_4$  в присут.  $AlCl_3$  по р-ции Фриделя – Крафта, нагревание трифенилметана с  $PCl_5$ , взаимодей. трифенилкарбинола с конц.  $HCl$ ,  $PCl_5$  или  $CH_3COCl$  в бензоле, напр.:



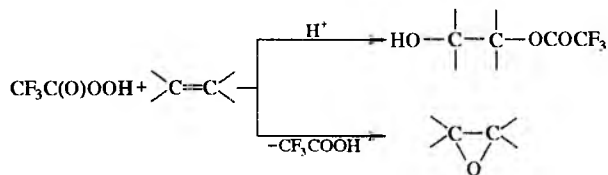
Производные Т. применяют в качестве красителей (см. *Арилметановые красители*).

Лит.: Физер Л., Физер М., *Органическая химия*, пер. с англ., 2 изд., т. 1, М., 1970; Робертс Д., Касерио М., *Основы органической химии*, пер. с англ., т. 2, М., 1978; *Chemistry of carbon compounds*, ed. by E. H. Rodd, v. 3, pt B, Amst., [a. o.], 1956, p. 1087.

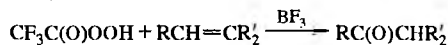
С. И. Диденко.

**ТРИФТОРАЦЕТИЛАТОН** (1,1,1-трифтор-2,4-пентадион)  $CF_3COCH_2COCH_2CF_3$ , мол. м. 154,09; бесцв. жидкость: т. кип.  $105\text{--}107^\circ C$ ;  $d_4^{20}$  1,270;  $n_D^{20}$  1,3890;  $pK_a$  6,56 (5%-ный водный  $C_2H_5OH$ ,  $20^\circ C$ ); производные: оксим, т. пл.  $86\text{--}87^\circ C$ , медный хелат, т. пл.  $189^\circ C$ . Хим. св-ва аналогичны *полифтор-β-дикетонам*. Получают конденсацией эфиров трифторуксусной к-ты с ацетоном в присут. алкоголятов или гидридов щелочных металлов либо  $BF_3$ . Применяют для экстракции катионов металлов и для их газохроматографич. разделения в виде соответствующих β-дикетонатов, а также для определения и обнаружения Cr(III) и Rh(III). И. И. Крылов.

**ТРИФТОРНАДУКСУСНАЯ КИСЛОТА** (пероксидтрифторуксусная к-та)  $CF_3C(O)OOH$ , мол. м. 130,03; устойчива только в р-рах  $CF_3COOH$  или инертных р-рителей ( $CH_2Cl_2$ ,  $CHCl_3$  и др.). По кислотности намного слабее  $CF_3COOH$  ( $pK_a$  3,7). Высокоэффективный селективный окислитель. При взаимодей. с ненасыщ. соединениями в кислой среде образует монофтороацетилпроизводные 1,2-гликолей, в буферных р-рах  $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Na_2HPO_4$  – эпоксиды:



Нек-рые алкены в присут.  $BF_3$  окисляются Т. к. до кетонов, ароматич. углеводороды – до соответствующих фенолов и хинонов, напр.:



Алифатич. и ароматич. альдегиды под действием Т. к. превращ. в соответствующие к-ты, кетоны – в эфиры (см. *Байера – Виллигера реакция*). Первичные амины и оксимы окисляются до нитросоед., 2,5-дизамещенные пиридины – до N-оксидов.

Безводные р-ры Т. к. получают действием 90%-ной  $H_2O_2$  на  $(CF_3CO)_2O$  в  $CH_2Cl_2$ , водные – смешиванием 90%-ной или 30%-ной  $H_2O_2$  с  $CF_3COOH$ .

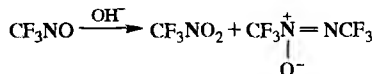
Осн. применение Т. к. – окислитель в орг. синтезе.

При попадании на кожу или слизистые оболочки Т. к. вызывает глубокие, долго не заживающие ожоги. Конц. р-ры Т. к. при нагрев. с орг. в-вами могут взрываться.

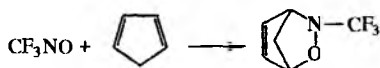
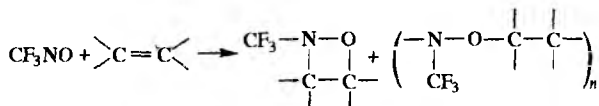
Лит.: Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 3, М., 1970, с. 422-31; Хейс А., Методы окисления органических соединений, пер. с англ., М., 1988, с. 115-16, 154-55. И. И. Крылов.

**ТРИФТОРНИТРОЗОМЕТАН** CF<sub>3</sub>NO, мол. м. 99,01; газ синего цвета с резким запахом гнили; т. пл. -196,6 °С, т. кип. -84 °С; ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 16,84 кДж/моль; плохо раств. в воде, хорошо - в орг. р-рителях. Длины связей в молекуле Т. (нм) 0,1546 (C-N), 0,1326 (C-F), 0,1197 (N=O), углы CNO 113,2°, NCF 109,0°.

Т. устойчив к гидролизу в нейтральных и кислых средах; под действием щелочей или при нагр. в присут. активир. угли диспропорционирует:



При УФ облучении Т. димеризуется: CF<sub>3</sub>NO → (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NONO. При окислении образует трифторнитрометан, при восстановлении - трифторметилгидроксиламин CF<sub>3</sub>NHOH, с аминами дает азосоединения CF<sub>3</sub>N=NR (R = H, Alk, Ar). Легко вступает в р-ция циклоприсоединения, образуя с алкенами смесь [2+2]-циклоаддуктов (оксазетидинов) и линейных сополимеров, а с диенами - [2+4]-циклоаддукты:



Получают Т. фотолизом смеси CF<sub>3</sub>I (или CF<sub>3</sub>Br) и NO в присут. Hg; пиролизом трифторацетилнитрита; взаимодействием трифторметана с ClNO при УФ облучении; фторированием AgCN или дициана; разложением трифторацетилгидроксамовой к-ты.

Т.- мономер для получения термо- и химически стойких высокоэластичных фторнитрозокаучуков.

При вдыхании обладает удушающим действием, раздражает слизистые оболочки глаз и дышит. путей.

Лит.: Кнузян И.Л., Сизов Ю.А., Ухаров О.В., «Успехи химии», 1983, т. 52, в. 6, с. 976-1017; Gmelins Handbuch der anorg. Chem., 8 Aufl., Syst. № 5, T1 7, Perfluorhalogenorgan-Verbindungen der Hauptgruppenelemente, B.- [u. a.], 1979, S. 151-73. И. И. Крылов.

**ТРИФТОРУКСУСНАЯ КИСЛОТА** CF<sub>3</sub>COOH, мол. м. 114,03; бесцв. дымящая на воздухе жидкость с острым раздражающим запахом; т. пл. -15,3 °С, т. кип. 72,4 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,489; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,2850; t<sub>крист</sub> 218,15 °С, p<sub>крист</sub> 3,26 МПа, d<sub>крист</sub> 525 кг/м<sup>3</sup>; η 1,225 мПа·с (0 °С), 0,877 мПа·с (20 °С); μ 7,6·10<sup>-30</sup> Кл·м; ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 34,21 кДж/моль, ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> -1020 кДж/моль; ε 8,55 (20 °С); pK<sub>a</sub> 0,558 (25 °С, вода).

Смешивается с водой и орг. р-рителями во всех соотношениях, с водой образует азеотропную смесь (т. кип. 105,46 °С, 79,4% по массе Т. к.). С диалкиловыми эфирами, кетонами, карбоновыми к-тами и др. электронодонорными соед. дает

**СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ТРИФТОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ**

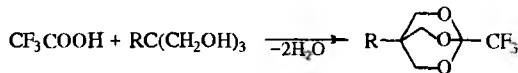
Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>
Трифторацетилхлорид CF <sub>3</sub> COCl	132,47	—	18,5	—	—
Трифторацетангидрид (CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CO	210,03	-65,0	38,8-39	1,495*	1,2680*
Этилтрифторацетат CF <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	142,03	—	61,0	1,464	1,2772
Трифторацетамид CF <sub>3</sub> CONH <sub>2</sub>	113,04	74,8	162,5	—	—
Трифторацетонитрил CF <sub>3</sub> CN	95,02	-100	-63	—	—

\* При 25 °С.

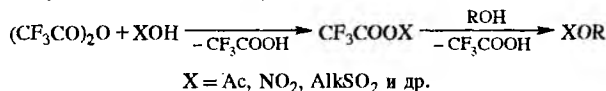
прочные комплексы. Термически стабильна, не разлагается при нагр. до 400 °С.

По хим. св-вам - типичная карбоновая кислота. Свойства производных Т. к. см. в таблице.

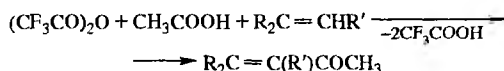
Т. к. легко присоединяется по кратным связям алкенов, циклоалкенов, ацетиленов с образованием трифторацетатов; с галогенами дает малоустойчивые гипогалогениты CF<sub>3</sub>COONaI, к-рые селективно галогенируют разл. соед.; при нагр. Ag-соли Т. к. с избытком I<sub>2</sub> образуется трифторметилиодид; при восстановлении Т. к. и ее эфиров LiAlH<sub>4</sub> при 0 °С трифторацетальдегид, а при избытке восстановителя при 30 °С - 2,2,2-трифторэтанол. Р-ция с многоатомными спиртами (напр., с триолами) приводит к полициклич. ортоэфирам, напр.:



При действии P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на Т. к. образуется трифторацетангидрид - сильный ацилирующий агент; при взаимодействии со спиртами Т. к. дает сложные эфиры, с аминами - амиды, с карбоновыми к-тами - смешанные ангидриды. Последние, а также (CF<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O в присут. минер. к-т или сульфокислот используют в качестве промоторов при ацилировании спиртов, фенолов, тиолов, напр.:

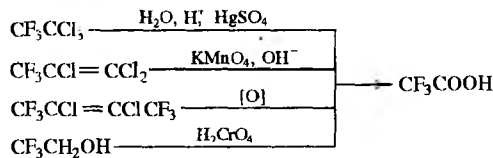


Алкены и нек-рые ароматич. соед. в этих условиях образуют кетоны, напр.:



В пром-сти Т. к. получают электрохим. фторированием ангидрида или фторангидрида уксусной к-ты в безводном HF с послед. гидролизом образующегося фторангидрида Т. к.

Т. к. может быть получена также кислотным гидролизом 1,1,1-трифтортрихлорэтана, окислением хлоролефинов, содержащих группу CF<sub>3</sub>, или 2,2,2-трифторэтанола:



Т. к. - сырье в орг. синтезе, катализатор в р-циях этерификации и полимеризации, р-ритель ряда термостойких полимеров. Трифторацетангидрид применяют в произ-ве ацетатного шелка (США, Великобритания), фармацевтич. препаратов, пестицидов, в качестве реагента для защиты функц. групп в синтезе пептидов.

Т. к. - труднгорюча, невзрывоопасна. В жидком виде и в парах вызывает сильные ожоги кожных покровов и слизистых оболочек. ПДК в воздухе рабочей зоны 2 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 3, М., 1970; Исикава Н., Кобаяси Ё., Фтор. Химия и применение, пер. с япон., М., 1982; Промышленные фторорганические продукты. Справочник, Л., 1990, с. 367-71. И. И. Крылов.

**ТРИХЛОРБЕНЗОЛЫ**, соед. общей ф-лы C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>, мол. м. 181,45. Различают 1,2,3-, 1,2,4- и 1,3,5-Т.

1,2,3- и 1,3,5-Т. - бесцв. кристаллы, 1,2,4-Т. - бесцв. жидкость (см. табл.). Не раств. в воде, плохо раств. в этаноле, очень плохо - в бензоле, петролейном эфире, CS<sub>2</sub>, хлорированных алифатич. и ароматич. углеводородах. 1,2,3-Т.

# 10 ТРИХЛОРЭТАНЫ

## СВОЙСТВА ТРИХЛОРБЕНЗОЛОВ

Показатель	Соединение		
	1,2,4-Т.*	1,2,3-Т.	1,3,5-Т.
Т. пл., °С	17,0	53,5	65,5
Т. кип., °С	213,5	218,5	208,4
$d_4^{20}$	1,456	1,381	1,356 (100 °С)
Давление пара, кПа	0,13 (38,4 °С)	0,13 (40 °С)	0,13 (37,3 °С)
$C_p^0$ , кДж/(кг·К)	0,861 (400 К)	0,884 (400 К)	—
$\Delta H_{исп}^0$ , кДж/кг	255,8	300,0	—
$\mu$ , Кл·м	$4,17 \cdot 10^{-30}$	$7,71 \cdot 10^{-30}$	—
$\eta$ , мПа·с	2,08 (20 °С)	1,68 (50 °С)	0,841 (70 °С)
$t_{крист}$ , °С	461,8	489,5	470,8
$P_{крит}$ , МПа	3,99	3,01	3,01
Т. всп., °С	110	113	107

\*  $n_D^{20}$  1,5776.

(34% по массе) и 1,2,4-Т. (66%) образуют эвтектич. смесь, т. пл. 1,5 °С.

Т. обладают св-вами *ароматических соединений*. Для них характерно нуклеоф. замещение атомов Cl и электроф. замещение в ароматич. ядро. При действии водных или спиртовых р-ров щелочей при повыш. т-рах (150–180 °С) и давлениях Т. гидролизуются до дихлорфенолов: 1,2,4-Т. – в 2,5-дихлорфенол, 1,2,3-Т. – в 2,6-дихлорфенол. Т. хлорируются  $Cl_2$  (80–100 °С, кат. – Fe) с образованием смеси тетрахлорбензолов, нитруются и сульфурются. Электроф. агенты в случае 1,2,3-Т. атакуют положение 4; в случае 1,2,4-Т. – положения 5 (гл. обр.) и 3, в случае 1,3,5-Т. – положение 2. Реакц. способность Т. при хлорировании уменьшается в ряду 1,3,5-Т. > 1,2,3-Т. > 1,2,4-Т.

1,2,3- и 1,2,4-Т. получают хлорированием бензола, хлорбензола или 1,2-дихлорбензола при 100 °С в присут.  $FeCl_3$ . При соотношениях  $Cl_2 : C_6H_6 = 2,8 : 1$  образуется смесь, содержащая 48% 1,2,4-Т., 8% 1,2,3-Т., 30% дихлорбензолов и 14% полихлорбензолов; селективно 1,2,4-Т. получают хлорированием 1,4-дихлорбензола. 1,2,4- и 1,2,3-Т. в пром-сти м. б. также получены при дегидрохлорировании смеси стереоизомеров *гексахлорциклогексана*. Процесс осуществляют в газовой фазе при 250–300 °С или жидкой фазе в присут. щелочных агентов. Разделяют Т. ректификацией и кристаллизацией.

1,3,5-Т. получают из 3,5-дихлоранилина по *Зандмейера реакции*, парофазным хлорированием 1,3-дихлорбензола, хлорированием 3,5-дихлорнитробензола или 1-бром-3,5-дихлорбензола при 300–400 °С.

Т. – компоненты разл. диэлектрич. жидкостей (1,2,4-Т.); промежут. продукты в синтезе пирогаллола (1,2,3-Т.), флороглюцина (1,3,5-Т.), трансформаторного масла (1,2,4-Т.), кубовых красителей, пестицидов, ускорителей вулканизации; высококипящие р-рители (гл. обр. 1,2,4-Т.); применяются в орг. синтезе, напр., аминов, нитросоединений.

Т. – трудногорючие жидкости; т. воспл. паров в воздухе 107–115 °С (1,2,3- и 1,2,4-Т.). Т. токсичны; действуют на центр. нервную систему, вызывают изменения крови; раздражают слизистые оболочки верх. дыхат. путей и глаз; для 1,2,4-Т. ЛД<sub>50</sub> 756 мг/кг (крысы, внутрижелудочно). ПДК смеси Т. в атм. воздухе 0,008 мг/м<sup>3</sup>, ПДК в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,03 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опшина, М., 1978. Ю. А. Трезгер.

**ТРИХЛОРЭТАНЫ**  $C_2H_3Cl_3$ , мол. м. 133,41. Известны 1,1,2-Т.  $CHCl_2CH_2Cl$  и 1,1,1-Т. (метилхлороформ)  $CH_3CCl_3$ , бесцв. жидкости (см. табл.) со сладковатым запахом, хорошо раств. во мн. орг. р-рителях. Для 1,1,2-Т. р-римость в воде (% по массе): 0,45 (20 °С), 0,50 (80 °С), р-римость воды в 1,1,2-Т. 0,16 (30 °С); с водой образует азеотропную смесь (т. кип. 86 °С, 16,4% воды). Энергии связей (кДж/моль): С–Н (для группы  $CH_2Cl$ ) 390,8, С–Cl (для  $CHCl_2$  и  $CH_2Cl$ ) 323,4 и 335,1 соотв., С–С 363,2. Для 1,1,1-Т. р-римость в воде (% по

массе): 0,159 (0 °С), 0,132 (20 °С), 0,128 (50 °С); р-римость воды в 1,1,1-Т. 0,016 (0 °С), 0,042 (30 °С).

Хлорирование Т. в жидкой фазе в присут. инициаторов (порофор) при 80–90 °С приводит к тетрахлорэтанам и далее к гексахлорэтану. При дегидрохлорировании в жидкой фазе с помощью  $Ca(OH)_2$  при 30–90 °С образуется винилиденхлорид; при применении NaOH и KOH – хлорацетилен (для 1,1,1-Т. р-ция протекает бурно, иногда со взрывом). При дегидрохлорировании в газовой фазе (400–450 °С) или на катализаторе (250–300 °С,  $VaCl_5$  на активир. угле и др.) 1,1,1-Т. даст винилиденхлорид, 1,1,2-Т. – примерно равную смесь винилиденхлорида и *цис*- и *транс*-дихлорэтиленов [в присут. основных катализаторов (высококипящих аминов, KF на пемзе) образуется преим. винилиденхлорид]. Гидролиз 1,1,2-Т. приводит к хлорацетальдегиду, а 1,1,1-Т. – к ацетилхлориду. 1,1,1-Т. легко окисляется даже при комнатной т-ре, р-ция ускоряется в присут. следов воды и нек-рых металлов (Al, Fe и др.); при этом образуются фосген, HCl,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ; для предотвращения окисления используют стабилизаторы на основе 1,4-диоксана, диметоксиэтана, алифатич. спиртов и др.

1,1,2-Т. получают хлорированием винилхлорида в жидкой фазе в присут. 0,01–0,1%  $FeCl_3$  при 20–30 °С либо хлорированием 1,2-дихлорэтана в присут. порофора при 80–90 °С; в последнем случае степень превращения дихлорэтана не должна превышать 40–60%.

1,1,1-Т. получают гидрохлорированием винилиденхлорида в жидкой фазе в присут. 0,1–0,5%  $FeCl_3$  при 20–30 °С (выход 98–99%), а также хлорированием 1,1-дихлорэтана в газовой фазе при 350–400 °С или в присут. силикагеля, песка, пемзы (без Fe) либо в жидкой фазе в присут. порофора при 80–90 °С или УФ света при 10–30 °С.

## СВОЙСТВА ТРИХЛОРЭТАНОВ

Показатель	1,1,2-Т.	1,1,1-Т.
Т. пл., °С	–36,5	–32,8
Т. кип., °С	113,9	74,1
$d_4^{20}$	1,440	1,339
$n_D^{20}$	1,4714	1,4379
$P_{крит}$ , МПа	4,8	4,03
$t_{крист}$ , °С	339	266
$d_{крист}$ , т/см <sup>3</sup>	0,497	—
$\eta$ , мПа·с (20 °С)	—	0,86
$\gamma$ , мН/м	33,57 (20 °С)	25,56 (20 °С)
	22,0 (113 °С)	20,5 (60 °С)
$\mu$ , Кл·м	$5,17 \cdot 10^{-30}$	$5,23 \cdot 10^{-30}$
Давление пара, кПа	0,13 (–24 °С)	4,96 (0 °С)
	2,67 (21,6 °С)	13,13 (20 °С)
		65,45 (60 °С)
$C_p^0$ , кДж/(кг·К)		
пара	0,659 (25 °С)	0,669 (0 °С)
жидкости	1,113 (20 °С)	1,017 (20 °С)
$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	–138,5	–141,84
$\Delta H_{стоп}^0$ , кДж/моль	–1099	–915,4
$\Delta H_{исп}^0$ , кДж/кг	304,4	246
$\epsilon$ (20 °С)	7,29	5,64
Теплопроводность, Вт/(м·К) (20 °С)	0,135	0,1038

1,1,2-Т. применяют для получения винилиденхлорида. Стабилизир. 1,1,1-Т. используют для холодной очистки металлич. поверхностей, в т. ч. содержащих цветные металлы (Al, Cu и др.) и их сплавы, как р-ритель масел, жиров, дегтя, восков и т. д., для обезжиривания электронной аппаратуры, печатных плат, высокочувствит. приборов.

1,1,2-Т. – трудногорючая жидкость, т. всп. 29 °С, КПВ 8,7–17,4%; 1,1,1-Т. взрыво- и пожаробезопасен, т. самовоспл. 570 °С, ПДК в атмосферном воздухе 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

Мировое произ-во 900 тыс. т/год (1990).

Лит. см. при ст. Тетрахлорэтаны.

Ю. А. Трезгер.

**ТРИХЛОРЭТИЛЕН** (трихлорэтен)  $Cl_2CH=CCl_2$ , мол. м. 131,39; бесцв. жидкость со сладковатым запахом; т. пл. –73 °С, т. кип. 86,7 °С;  $d_4^{20}$  1,4642;  $n_D^{20}$  1,4773;  $P_{крит}$  5,02 МПа,  $t_{крист}$  271 °С;  $\eta$  (мПа·с) жидкости 0,90 (–20 °С), 0,58 (20 °С), 12



0,37 (75 °С);  $\eta$  (мкПа·с) пара 9,28 (20 °С), 11,90 (100 °С);  $\gamma$  (мН/м) 29,28 (20 °С), 24,4 (60 °С);  $\mu$   $2,98 \cdot 10^{-30}$  Кл·м; давление пара (кПа): 0,13 (-43,8 °С), 2,68 (0 °С), 8,0 (20 °С), 40,75 (60 °С);  $C_p^0$  [кДж/(кг·К)] жидкости 0,912 (-40 °С), 0,962 (20 °С), 0,996 (60 °С), пара 0,594 (0 °С), 0,657 (100 °С), 0,720 (300 °С);  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  (кДж/кг) 278,7 (-20 °С), 262,8 (20 °С), 231,0 (100 °С),  $\Delta H_{\text{отв}}^0$  -962,32 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{отв}}^0$  -7,53 кДж/моль; теплопроводность [Вт/(м·К)] жидкости 0,142 (-40 °С), 0,138 (20 °С), 0,099 (80 °С), пара 0,00833 (86,7 °С);  $\epsilon$  3,42 (16 °С). Хорошо раств. в орг. р-рителях. Р-римость в воде (% по массе): 0,017 (10 °С), 0,027 (20 °С), 0,125 (60 °С), р-римость воды в Т. 0,02 (20 °С), 0,08 (60 °С). Образует азеотропную смесь с водой (т. кип. 73 °С, 7% воды). Энергии связей (кДж/моль): С—Н 435,1, С—С1 (для группы СНС1) 577,4.

Т. реагирует с хлором: в жидкой фазе в присут.  $\text{FeCl}_3$  при 20–50 °С с образованием пентахлорэтана, в газовой фазе при 600 °С или в присут. катализаторов (песок и др.) при 450–550 °С с образованием смеси тетрахлорэтилена и гексахлорэтана. Т. присоединяет  $\text{HCl}$  в присут.  $\text{AlCl}_3$ ; при этом происходит конденсация, полимеризация и осмоление. При взаимодействии со спиртовыми и конц. водными р-рами щелочей, а также при пиролизе образуется дихлорацетилен. Гидролиз Т. водными р-рами щелочей при 150 °С приводит к гликолевой к-те, а гидролиз  $\text{H}_2\text{SO}_4$  — к монохлоруксусной к-те; при восстановлении образуется 1,2-дихлорэтилен, в присут. катализаторов (Ni, Pd, Pt) — этилен; при окислении  $\text{O}_2$  воздуха — дихлорацетиленхлорид, фосген,  $\text{CO}$  и  $\text{HCl}$  (р-ция ускоряется в присут.  $\text{I}_2$ , к-т или УФ света). Для стабилизации Т. используют алкиламины, эпоксины и др.

Совр. метод получения Т. совместно с тетрахлорэтиленом — высокотемпературное хлорирование смеси хлорэтана и хлорэтиленов (обычно отходы от произ-ва винилхлорида, дихлорэтана) либо индивидуальных соед., напр. дихлор- или трихлорэтана. Процесс проводят при 400–450 °С, как правило в кипящем слое катализатора (силикагель). Используют также окислит. хлорирование хлорэтана и (или) хлорэтиленов в присут. катализатора ( $\text{CuCl}_2$  и  $\text{KCl}$  на носителях — корунде, силикагеле и др.) при 350–400 °С.

Применяют Т. для обезжиривания металлов, для хим. чистки текстильных изделий, ранее применяли для произ-ва монохлоруксусной к-ты.

Т.— трудногорючий продукт, т. всп. 32 °С, т. самовоспл. 416 °С; КПВ 10,5–41,0%. ПДК в воздухе рабочей зоны 10 мг/м<sup>3</sup>, в воздухе населенных мест 1 мг/м<sup>3</sup> (среднесуточная), в водоемах хозяйственно-бытового пользования 0,06 мг/л.

Мировое произ-во 500 тыс. т/год (1990).

Лит. см. при ст. Тетрахлорэтаны.

Ю. А. Трегер.

**ТРИ- $\beta$ -ХЛОРЕТИЛФОСФИТ** (три- $\beta$ -хлорэтиловый эфир фосфористой к-ты)  $(\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{O})_3\text{P}$ , мол. м. 269,5; бесцв. жидкость с характерным запахом; т. пл. -60 °С, т. кип. 119 °С/0,15 мм рт. ст. (перегонка сопровождается частичной изомеризацией);  $d_4^{20}$  1,3596;  $n_D^{20}$  1,4840; смешивается с большинством орг. р-рителей, не раств. в воде.

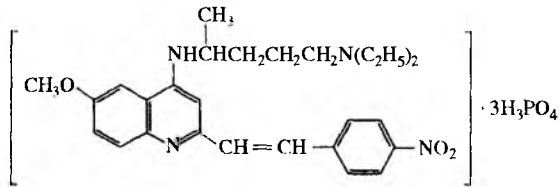
Мн. хим. св-ва Т. такие же, как у средних фосфитов (см. *Фосфиты органические*). Т. устойчив при комнатной т-ре в отсутствие влаги в инертной атмосфере; при нагрев. (160 °С, 2–3 ч) изомеризуется в фосфонат  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{P}(\text{O})(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2$  (частично образуются и олигомеры). Окисляется  $\text{O}_2$  и др. окислителями (напр.,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ) с образованием фосфата; присоединяет серу, отщепляя ее от мн. соед. (образуя тиофосфат). Активно реагирует с галогенами [с  $\text{Cl}_2$  и  $\text{Br}_2$  образует ди-( $\beta$ -хлорэтил)галогенфосфаты]. При нагревании Т. с послед. обработкой щелочью образуется винилфосфонат  $\text{CH}_2=\text{CHP}(\text{O})(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{Cl})_2$ ; при нагрев. со спиртами Т. легко перэтерифицируется.

Получают Т. взаимодей.  $\text{PCl}_3$  с этиленоксидом. Т.— компонент водостойкой связующей основы для абразивных материалов, полупродукт для получения хлорэтил- и винилфосфонатов и полимеров.

Т. раздражает кожу и слизистые (его хранят и транспортируют в стальных или эмалированных сосудах в инертной атмосфере); т. всп. 137,7 °С.

Г. И. Дрозд.

**ТРИХОМОНАЦИД** [трифосфат 2-(4-нитростирил)-4-(1-метил-4-диэтиламинобутиламино)-6-метоксинолина], мол. м. 560,59; желтый или буровато-желтый аморфный порошок.



Раств. в воде, практически не раств. в этаноле. Обладает высокой активностью в отношении трихомонад. Применяется для лечения урогенитальных заболеваний, вызываемых *Trichomonas vaginalis*. Т. в больших концентрациях оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки.

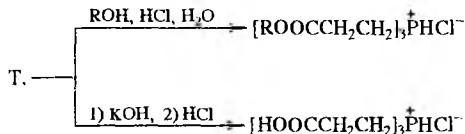
Лит.: Машковский М. Д., Лекарственные средства. ч. 2, 12 изд., М., 1988, с. 419; Климаско Б. В., Трихомоназ, Л., 1987.

В. В. Петерс.

**ТРИ- $\beta$ -ЦИАНЭТИЛФОСФИТ** [*трис*-(2-цианоэтил)фосфин]  $(\text{NCCSH}_2\text{CH}_2)_3\text{P}$ , мол. м. 193,09; бесцв. кристаллы; т. пл. 98–99 °С; раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде. Конфигурация молекул — пирамидальная; угол  $\text{CPC}$  97,1°, длина связи  $\text{P—C}$  0,1818 нм. Мн. хим. св-ва Т. такие же, как у третичных орг. фосфинов (см. *Фосфины*).

Т. не окисляется на воздухе даже при повыш. т-ре; выдерживает кратковременный нагрев до 300 °С; выше этой т-ры медленно разлагается, давая в осн. белый Р и пропионитрил.

Т.— слабое основание ( $K_b$   $10^{-13}$ ;  $pK_a$  в  $\text{CH}_3\text{NO}_2$  1,36); алкилируется  $\text{AlkX}$  ( $\text{X}=\text{I}, \text{Br}, \text{ROSO}_3$ ) и смесью  $\text{CH}_2\text{O}/\text{HCl}$  с образованием солей фосфония; при действии сильных окислителей (напр.,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ) образуется три- $\beta$ -цианэтилфосфиноксид; присоединяет серу, давая тиооксид Т. В ряде случаев Т. реагирует как нитрил карбоновой к-ты, напр.:



Т. обычно получают взаимодей.  $\text{PH}_3$  с акрилонитрилом в присут. оснований; выход ок. 80%. Образуется также при нагрев. триметилфосфина с акрилонитрилом в водной среде; выход ок. 70%.

Т. используют для синтеза экстрагентов, катализаторов, полимеров, компонентов огнестойких пропиток и др.

Лит.: Ерастов О. Е., Няконов Г. Н., Функционально замещенные фосфины и их производные, М., 1986, с. 23; Raubut M. M., Hechenbleikner I., Currier H. A. [e. a.], «J. Am. Chem. Soc.», 1959, v. 81, № 15, p. 1103–07.

Г. И. Дрозд.

**ТРИЭТАНОЛАМИН**, см. *Этаноламины*.

**ТРИЭТИЛАЛЮМИНИЙ**  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Al}$ , мол. м. 114,16; бесцв. подвижная жидкость; т. пл. -52,5 °С, т. кип. 136 °С/100 мм рт. ст.; плотн. 0,875 г/см<sup>3</sup> (25 °С), смешивается с орг. р-рителями. В чистом виде и в инертных средах — димер.

По хим. св-вам Т.— типичный представитель *алюминийорганических соединений*; на воздухе самовоспламеняется; в р-циях с  $\text{H}_2\text{O}$ , спиртами, аминами, галогенами отщепляет три группы  $\text{C}_2\text{H}_5$ , с третичными спиртами или вторичными аминами может отщепляться одна группа  $\text{C}_2\text{H}_5$ , что используют для количеств. анализа Т.; с галогенидами щелочных металлов и солями аммония образует кристаллич. комплексы состава 1 : 1, напр.  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Al} \cdot \text{KCl}$ , т. пл. 40 °С, или 2 : 1, напр.  $2(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Al} \cdot \text{KF}$ , т. пл. 129 °С; с неорг. солями металлов II–IV гр.— соед. со связью  $\text{M—C}_2\text{H}_5$ , напр.  $3(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Al} + \text{GaCl}_3 \rightarrow (\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Ga} + 3(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{AlCl}$ .

В пром-сти Т. получают в осн. р-цией этилена с мелкообразованным  $\text{Al}$  и  $\text{H}_2$  в гексане при 110–115 °С и давлении 15–16 МПа, в лаборатории — взаимодей.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{Li}$  или  $\text{C}_2\text{H}_5\text{MgHal}$  с  $\text{AlCl}_3$  или этилалюминийсесквигидридом в бензоле в инертной атмосфере.



Т.- компонент катализаторов Циглера – Натты, восстанавливающий агент (напр., для превращения карбонильной группы в спиртовую); применяется также для нанесения пленок из Al.

А. С. Перегудов.

**ТРИЭТИЛАМИН**, см. *Этиламины*.

**ТРИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ** {2-[2-(2-гидроксиэтоксид)этоксид]этанол, *бис*-(гидроксиэтил)гликолевый эфир, тригликоль}  $\text{H}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_3\text{OH}$ , мол. м. 150,18; бесцв. вязкая гигроскопич. жидкость без запаха, сладковатого вкуса; т. пл.  $-5^\circ\text{C}$ , т. кип.  $278,3^\circ\text{C}$ ,  $165^\circ\text{C}/14$  мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  1,1274;  $n_D^{20}$  1,4531;  $\eta$  47,8 мПа·с; ур-ния температурной зависимости давления пара:  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $9,6396 - 3726,2/T$  (413–483 K),  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $7,758 - 3170/T$  (293–302 K);  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $-801,4$  кДж/моль,  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  18,2 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  62,6 кДж/моль; теплопроводность 0,23 Вт/(м·К); электропроводность  $8,4 \cdot 10^{-8}$  См·см $^{-1}$ ;  $\epsilon$  23,69. Смешивается с водой, низшими спиртами, гликолями и их эфирами, аминами, альдегидами, ацетоном, анилином и др., ограниченно – с дибутилфталатом, диэтиловым эфиром, тетрахлорэтиленом,  $\text{CCl}_4$ . В Т. плохо раств. смолы, растит. и животные масла, гептан, канфол и др. Т. образует азеотропные смеси с ацетатом, глицерином, диметил- и диэтилфталатами, дифенилом и др.

По хим. св-вам близок к *диэтиленгликолю*.

При взаимод. с карбонными к-тами и их ангидридами Т. образует сложные моно- и диэфиры, с ацетиленом в щелочной среде – виниловые и дивиниловые эфиры, с акрилонитрилом – моно- или бисцианоэтиловые эфиры, с водой в кислой среде при 200–300  $^\circ\text{C}$  – ди- и моноэтиленгликоли, при оксиэтировании при 160–200  $^\circ\text{C}$ , особенно в присут. щелочных катализаторов, – полиэтиленгликоли. Т. способен к автоокислению; с водой, аминами и др. соед. образует меж- и внутримолекулярные водородные связи (60–70%-ный водный р-р Т. имеет т-ру замерзания от  $-40$  до  $-48^\circ\text{C}$ ).

В пром-сти Т. получают в качестве побочного продукта в произ-ве моно- и диэтиленгликолей гидратацией этиленоксида. Т. образуется также при оксиэтировании диэтиленгликоля в щелочной или кислой среде.

Благодаря высокой гигроскопичности Т. используют как осушитель прир. газа и воздуха. Т. – пластификатор, селективный экстрагент ароматич. углеводородов из их смесей с парафинами, р-рителем нитратов целлюлозы и т.п., сырье в орг. синтезе. Вследствие малой летучести может использоваться вместо диэтиленгликоля как увлажнитель табака, компонент гидравлич. жидкостей.

Т. обладает оральной токсичностью, действует на почки и центр. нервную систему, однако менее опасен, чем моно- и диэтиленгликоль. ПДК в воздухе рабочей зоны 10 мг/м $^3$ .

Т. всп. (в открытом тигле)  $154^\circ\text{C}$ , т. воспл.  $170^\circ\text{C}$ , т. само-вспл.  $371^\circ\text{C}$ , КПВ 0,9–9,2% по объему.

Мировое произ-во ок. 100 тыс. т/год (1985).

Лит.: Дымент О.Н., Казанский К.С., Мирошников А.М., Гликоли и другие производные оксиды этилена и пропилена, М., 1976; Kirk – Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 11, N. Y., 1980, p. 949. Б. Б. Чесноков.

**ТРОЙНАЯ СВЯЗЬ**, см. *Кратные связи*.

**ТРОЙНАЯ ТОЧКА**. 1) В однокомпонентной системе – точка на *диаграмме состояния* в-ва, отвечающая т-ре и давлению, при к-рых в равновесии находятся три фазы (в общем случае – кристаллич., жидкая и газообразная). В Т. т. сходятся три линии двухфазных равновесий: линия испарения (равновесие жидкость – пар), линия возгонки, или сублимации (равновесие кристалл – пар), линия плавления (равновесие кристалл – жидкость) и разделенные этими линиями фазовые поля, отвечающие кристаллам, жидкости и пару. Моновариантные (допускающие изменение одного из параметров *состояния* – т-ры или давления) линии двухфазных равновесий расположены таким образом, что каждая из них, будучи продлена за Т. т., обязательно проходит между двумя другими. Т. т. невариантна, т. е. не допускает изменения ни одного из параметров состояния – ни т-ры, ни давления.

При наличии *полиморфизма* на диаграмме состояния появляются дополнительные Т. т., отвечающие равновесию двух твердых фаз с паром (случай энантиотропии). При высоких

### ТРОЙНЫЕ ТОЧКИ НЕКОТОРЫХ ПРОСТЫХ ВЕЩЕСТВ И ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

В-во	Т-ра, К	Давление, Па	В-во	Т-ра, К	Давление, Па
Ne	24,54	43265	SiH <sub>4</sub>	88,48	28
Ar	83,81	68900	SiCl <sub>4</sub>	204,3	82
H <sub>2</sub>	13,96	7205	GeCl <sub>4</sub>	221,6	78,0
Cl <sub>2</sub>	172,1	1354	SnCl <sub>4</sub>	239,8	62
Br <sub>2</sub>	265,9	4654,8	BF <sub>3</sub>	144,79	8300
F <sub>2</sub>	53,54	191,98	BCl <sub>3</sub>	166	468
N <sub>2</sub>	63,14	12520	Al <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub>	465,6	2,31·10 <sup>5</sup>
O <sub>2</sub>	54,36	156	Ga <sub>2</sub> Cl <sub>6</sub>	350,9	1420
I <sub>2</sub>	386,8	9503,9	InCl <sub>3</sub>	856	13,0·10 <sup>5</sup>
HF	189,80	535	Zn	692,7	21,06
HCl	159,0	1,37·10 <sup>4</sup>	CdCl <sub>2</sub>	590	2,69
H <sub>2</sub> O	273,16	609	Cd	594,3	22,13
H <sub>2</sub> S	187,61	23200	CdCl <sub>2</sub>	841,6	266
SO <sub>2</sub>	197,69	15700	Hg	234,3	3,07·10 <sup>-4</sup>
H <sub>2</sub> Se	207,43	27300	HgCl <sub>2</sub>	553,2	6,3·10 <sup>-4</sup>
NH <sub>3</sub>	195,43	6080	Fe	1811	3,27
P <sub>4</sub> (красный)	866	45,6·10 <sup>5</sup>	FeCl <sub>3</sub>	580,6	7,72·10 <sup>4</sup>
P <sub>4</sub> (белый)	317,29	21,28	CoCl <sub>2</sub>	1013	1140
PH <sub>3</sub>	139,4	3640	NiCl <sub>2</sub>	1282,2	1,957·10 <sup>5</sup>
As <sub>4</sub> (серый)	1090	359,7·10 <sup>4</sup>	Mn	1517	12,26
AsH <sub>3</sub>	156,23	2978	Re <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	574,6	245·10 <sup>4</sup>
As <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (моноклинный)	587	10030	MoCl <sub>5</sub>	467,6	12400
SbCl <sub>3</sub>	346,4	385	WCl <sub>6</sub>	521	31900
SbCl <sub>5</sub>	276,2	35,9	NbCl <sub>5</sub>	478	32000
CH <sub>4</sub>	90,67	11540	TaCl <sub>5</sub>	489,6	59900
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	103,94	120	TiCl <sub>4</sub>	249	45,6
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	192,6	12,82·10 <sup>4</sup>	Mg	923	333
CO <sub>2</sub>	216,6	5,16·10 <sup>5</sup>	Na	371	1,47·10 <sup>-5</sup>
CO	68,13	15370	K	337	10,96·10 <sup>-5</sup>

давлениях Т. т. может отвечать равновесию двух твердых фаз с жидкостью, а также трех твердых фаз. Появляются также и метастабильные Т. т., расположенные на пересечении линий метастабильных двухфазных равновесий (или продолжений этих линий). В случае монотропии появляется только метастабильная Т. т.

Т. т. используют в *термометрии* для градуировки приборов. Т. т. воды – основная реперная точка абс. термодинамич. температурной шкалы. В табл. приведены параметры Т. т. для нек-рых в-в.

2) В тройных системах Т. т. – точки невариантных четырехфазных равновесий (см. *Многокомпонентные системы*). В эвтектич. или перитектической Т. т. сходятся три пов-сти первичной кристаллизации разл. фаз и соотв. три линии совместной кристаллизации, отвечающие трехфазным равновесиям. Т. т. указывают состав жидкой фазы, находящейся в равновесии с тремя кристаллич. фазами. Эвтектическая Т. т. расположена внутри центра, треугольника, в вершинах к-рого находятся точки состава соответствующих кристаллич. фаз, перитектическая Т. т. – вне этого треугольника. Перитектические Т. т. могут быть двух видов: точки двойного подъема, в к-рых одна из трех линий совместной кристаллизации отходит от Т. т., понижаясь, а две другие – повышаясь; точки двойного спуска, в к-рых две линии совместной кристаллизации отходят с понижением, а одна – с повышением.

Лит. см. при статьях *Диаграмма состояния*, *Физико-химический анализ*.

П. И. Федоров.

**ТРОМБИН** ( $\alpha$ -тромбин), фермент класса гидролаз (сербиновая протеаза), катализирующий гидролиз пептидных связей, образованных остатками аргинина и лизина (обладает ограниченной субстратной специфичностью).

Т. играет ключевую роль в системе свертывания крови – катализирует превращение фибриногена в *фибрин*, осуществляет активацию разл. факторов свертывания крови. (см. *Протромбиновый комплекс*), стимулирует активацию тромбоцитов, эндотелиальных (выстилайт внутр. стенки кровеносных и лимфатич. сосудов, полостей сердца) и гладкомышеч-

ных клеток. Т. проявляет также неферментативные (гормоноподобные) св-ва — связывается с рецепторами лейкоцитов, стимулирует хемотаксис (направленное движение клеток, обусловленное градиентом концентрации хим. в-в).

Т. вовлекается в процессы заживления ран, функционирует как сильное ангиогенное (воздействующее на кровеносные сосуды) и митогенное (стимулирует деление клеток) ср-во; участвует в разл. патологич. процессах, таких, как тромбозы, атеросклероз, рак и др.

Молекула Т. человека (моляр. м. ок. 40 тыс.) состоит из двух пептидных цепей (А и Б), содержащих соотв. 36 и 259 аминокислотных остатков, связанных одной дисульфидной связью. Каталитич. участок активного центра фермента расположен в Б цепи, аминокислотная последовательность к-рой гомологична структуре трипсина, химотрипсина и эластазы (фермент, катализирующий гидролиз белка эластина — компонента волокна соединит. ткани). Каталитич. центр Т. содержит характерный для сериновых протеаз фрагмент Gly — Asp — Ser — Gly — Gly — Pro (букв. обозначения см. в ст. *Аминокислоты*).

Молекула Т. содержит два анионсвязывающих участка, один из к-рых расположен вблизи каталитич. центра и ответствен за «узнавание» фибриногена. Со вторым связываются гепарин и др. полисахариды, а также гирудин (белок, вырабатываемый слюнными железами мед. пиявок; состоит из 65 аминокислотных остатков) и клеточные мембраны.

Неполярный участок связывания, расположенный вблизи каталитич. центра Т., обуславливает преим. расщепление ферментом субстратов, содержащих пептидные связи, образованные аргинином и лизином, непосредственно связанными с остатком пролина или с др. неполярными остатками аминокислот. Вблизи каталитич. центра располагается уникальная аминокислотная последовательность Tug — Pro — Pro — Trp, к-рая обеспечивает хемотоксич. св-ва Т. в отношении лейкоцитов. Аминокислотная последовательность Arg — Gly — Asp участвует в связывании Т. с клеточными рецепторами. Кроме того, Т. содержит углеводную компоненту, функцион. роль к-рой не выяснена.

Т. образуется из протромбина в результате его активации. Ингибиторы Т. — белки плазмы крови антитромбин III (моляр. м. ок. 65 тыс.), α<sub>2</sub>-макрोगлобулин (моляр. м. ок. 725 тыс.) и нек-рые др.; наиб. ингибирующим действием обладает гирудин.

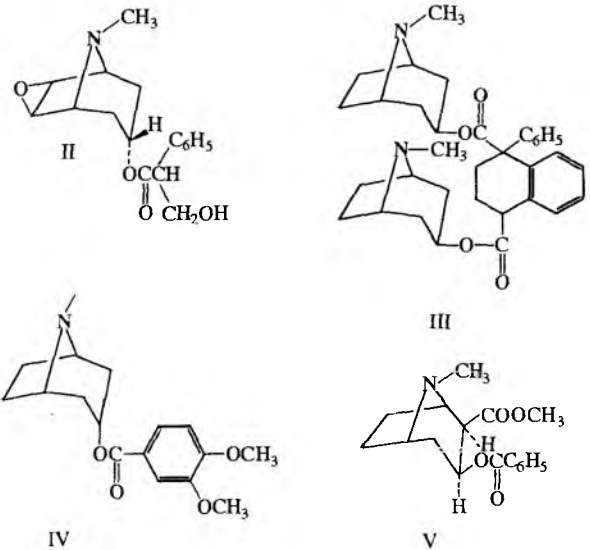
Лит.: Овчинников Ю. А., Биорганическая химия, М., 1987, с. 233–34; Fenton J. W. II, «Seminars of Thrombosis and Hemostasis», 1988, № 14, p. 234–40; там же, 1989, № 15, p. 265–68. И. П. Баскова.

**ТРОПАНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ**, содержат в молекуле остаток тропана (ф-ла I) и являются сложными эфирами аминоспиртов и карбоновых к-т. Аминоспирты представляют собой, как правило, производные тропана, тропина (3-гидрокситропан), эргонина (3-гидрокси-2-карбокситропан), 3,7-дигидрокситропана, скопина (6,7-эпокситропан), телодина (3,6,7-тригидрокситропан) и др. Из к-т в этих алкалоидах наиб. часто встречаются троповая C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH(CH<sub>2</sub>OH)COOH, бензойная C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>COOH, вератровая (3,4-диметоксibenзойная), изовалериановая, (+)-α-метилмасляная, коричная и др.

Т. а. обнаружены в растениях семейства пасленовых (Solanaceae), реже — др. семейств, напр. эритроксиловых (Erythroxylaceae) и вьюнковых (Convolvulaceae).

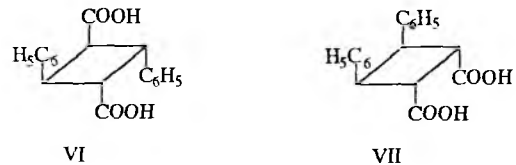
Иногда среди Т. а. выделяют группы атропина и кокаина. Алкалоиды группы атропина представляют собой производные тропана с заместителями, гл. обр. в положениях 3,6,7. Атропин — рацемат гиосциамин — сложного эфира тропина и троповой к-ты, содержится (в кол-ве 0,1–0,5%) в белладонне (*Atropa belladonna*), белене (*Hyoscyamus niger*), скополии (*Scopolia tangutica*) и др. видах семейства пасленовых. В тех же растениях содержится родственный алкалоид скополамин (II) — сложный эфир скопина и троповой к-ты — бесцветные кристаллы, хорошо раств. в воде, хуже — в этаноле; [α]<sub>D</sub> –28° (в воде), т. пл. моногидрата 59 °С. Для практич. целей его

получают из семян дурмана индийского (*Datura innoxia*). К группе атропина относят ряд алкалоидов, молекулы к-рых содержат по два тропановых ядра. Примерами могут служить α- и β-белладонины (цис- и транс-изомеры III) — эфиры тропина и соотв. α- и β-изатроповых к-т, а также субхирзин A<sub>2</sub>C=O и конвольвидин ACH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>A, где А имеет строение IV.



Т. а. группы кокаина имеют заместители в положениях 2 и 3 тропанового ядра. Они содержатся в листьях кустарника кока (*Erythroxylon coca*) в кол-ве ок. 1% (культурные растения содержат их значительно меньше). Кокаин (V) представляет собой бесцветные кристаллы горького вкуса, т. пл. 98 °С, [α]<sub>D</sub> –15,8° (в воде), хорошо раств. в воде и этаноле. При кислотном или щелочном гидролизе распадается на бензойную к-ту, метанол и эргонин. В промышленности кокаин получают экстракцией из листьев кока или омылением смеси алкалоидов до эргонина с послед. метилированием его карбоксильной группы и бензоилированием.

Из алкалоидов группы кокаина по два тропановых ядра содержат α- и β-труксиллины, к-рые представляют собой метиловые эфиры эргонина, этерифицированные по группе OH соотв. α-труксилловой (VI) и β-изотруксилловой (VII) к-тами.



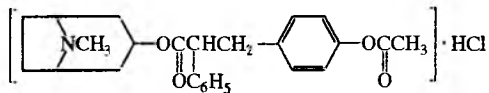
Фармакологич. действие Т. а. разнообразно. Атропин (как и гиосциамин) возбуждает центр. нервную систему, стимулирует дыхание (но в больших дозах может вызвать его остановку). Для лечебных целей применяется как спазмолитич. ср-во. Скополамин по фармакологич. св-вам сходен с атропином. Используется в офтальмологии (для расширения зрачка), в неврологии — для лечения паркинсонизма, в анестезиологии — при подготовке к наркозу. Кокаин — сильный наркотик; из-за высокой токсичности находит применение в медицине только как местноанестезирующее ср-во (для поверхностной анестезии в стоматологии, офтальмологии). Большие дозы кокаина вызывают паралич дыхат. центра.

Лит.: Voil H. G., Ergebnisse der Alkaloid-Chemie bis 1960, B., 1961; The alkaloids: chemistry and physiology, ed. by R. H. F. Manske, H. L. Holmes, v. 6, N. Y., 1960, p. 145; v. 13, N. Y., 1971, p. 352. С. Ф. Артюнова.

**ТРОПАФЕН** [гидрохлорид тропинового эфира 2-фенил-3-(4-ацетоксифенил)пропионовой к-ты], моляр. м. 443,98;

# 14 ТРОПАЦИН

бесцв. кристаллы; т. пл. 190–198 °С; хорошо раств. в воде (рН р-ра 5,0–6,5), 95%-ном этаноле, хлороформе, плохо – в ацетоне, практически не раств. в бензоле, толуоле, диэтиловом эфире, этилацетате.

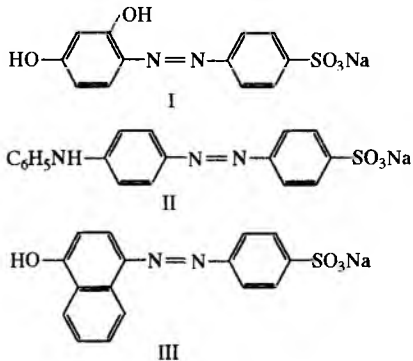


Получают взаимодей. 2-фенил-3-(4-гидроксифенил)пропионовой к-ты с уксусным ангидридом с послед. переводом полученной 2-фенил-3-(4-ацетоксифенил)пропионовой к-ты в ее хлорангидрид, к-рый используют для ацилирования тропина (см. *Тропановые алкалоиды*).

Т. – адреноблокирующее ср-во, расширяет периферич. сосуды и понижает артериальное давление, обладает антисеротониновой активностью. Применяется для лечения заболеваний, связанных с нарушениями периферич. кровообращения, при оперативных вмешательствах с целью предупреждения симпатомиметич. р-ций, а также для диагностики и лечения феохромоцитомы (опухоль надпочечника). *Г. Я. Шварц*

**ТРОПАЦИН**, см. *Противопаркинсонические средства*.

**ТРОПЕОЛИНЫ**, моноазокрасители, применяемые в качестве хим. индикаторов. Получаются диазотированием сульфаниловой к-ты и послед. азосочетанием продукта с резорцином (Т. 0; ф-ла I), дифениламином (Т. 00; II) или α-нафтолом (Т. 000; III). Хим. св-ва Т. аналогичны св-вам др. азокрасителей (см. также *Азосоединения*).



Т. 0 [натриевая соль 4-(2,4-дигидроксифенилазо)бензолсульфокислоты, резорциновый желтый, хризоин], мол. м. 316,27, красные кристаллы, раств. в воде, плохо – в этаноле. Соответствующая к-та – красно-оранжевые кристаллы, не раств. в воде и диэтиловом эфире, раств. в этаноле; рK<sub>a</sub> 11,8. Т. 0 применяют как кислотно-основной индикатор в виде 0,1%-ного водного р-ра (переход окраски от желтой к оранжево-коричневой при рН 11,1–12,7), а также для фотометрич. определения Pd и для окрашивания биол. препаратов при микроскопич. исследовании.

Т. 00 [натриевая соль 4-(4-анилинофенилазо)бензолсульфокислоты, дифениламиновый оранжевый, оранже IV, прочный желтый, анилиновый желтый, кислотный оранжевый 5], мол. м. 375,38, оранжево-коричневые кристаллы, раств. в воде и этаноле; для соответствующей к-ты рK<sub>a</sub> 2,0. Т. 00 взаимодей. с HNO<sub>2</sub> с образованием N-нитрозамина, к-рый при нагр. с разб. HNO<sub>3</sub> дает смесь моно-, ди- и тринитропроизводных. Т. 00 применяют обычно в виде 1%-ного водного р-ра или 0,04%-ного р-ра в 50%-ном этаноле как кислотно-основной индикатор (переход окраски от красной к желтой при рН 1,3–3,2), в т. ч. при титровании в неводных средах, а также как адсорб. индикатор при аргентометрич. определении Cl<sup>-</sup> (переход окраски от желтой к розовой). Т. 00 – реагент для обнаружения и фотометрич. определения Zn и Mg.

Т. 000 [натриевая соль 4-(4-гидрокси-1-нафтилазо)бензолсульфокислоты, оранжевый I, α-нафтоловый оранжевый], мол. м. 350,33, красновато-бурые кристаллы, раств. в воде, плохо – в этаноле. Соответствующая к-та – желтые кристал-

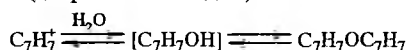
лы, плохо раств. в воде, хорошо – в этаноле; рK<sub>a</sub> 8,2. Т. 000 применяют в виде 0,1 или 1,0%-ного водного р-ра как кислотно-основной индикатор; переход окраски от желто-зеленой к розовой при рН 7,4–8,9.

**ТРОПИЛИЯ СОЕДИНЕНИЯ** (соли тропилия), содержат ион тропилия C<sub>7</sub>H<sub>7</sub><sup>+</sup> (ф-ла I). Тропилий (циклогептатриенилий, Т.) – ароматич. небензоидный карбкатион, у к-рого заряд делокализован между всеми атомами С семичленного цикла. Соли Т. C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>X<sup>-</sup> – стабильные, высокоплавкие в-ва (напр., для хлорида, бромида, иодида т. пл. 102, 203 и 136 °С соотв.); не раств. в неполярных орг. р-рителях; при X = Cl, Br, VF<sub>4</sub>, SbF<sub>6</sub> соед. хорошо раств. в воде и этаноле, при X = ClO<sub>4</sub>, B(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>, PtCl<sub>6</sub> – плохо раств. в этих р-рителях; хлорид и бромид гигроскопичны; перхлорат взрывает.

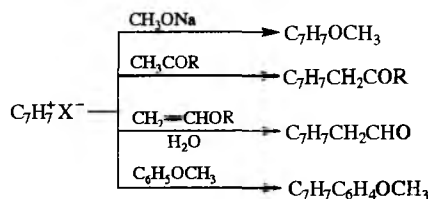


Для бромида потенциал восстановления 1,05 В; в УФ спектре λ<sub>max</sub> 275 нм (lg ε 3,64); в спектрах ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C хим. сдвиги (δ) 9,28 и 155 м. д. соотв.; рK<sub>a</sub> 4,75, рK<sub>a</sub> бензотропилия 1,6, дибензотропилия 3,7.

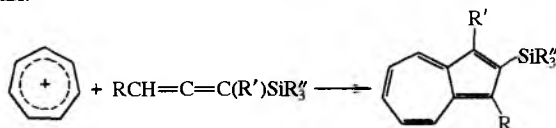
В водных р-рах солей Т. устанавливается равновесие между Т., тропиловым спиртом (нестабильное соед.) и дитропиловым эфиром (дитропилийоксидом):



Соли Т. легко реагируют с нуклеоф. реагентами (RO<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, RNH<sub>2</sub> и др.), соединениями с подвижным атомом водорода (альдегиды, кетоны, β-кетозефир и др.), активир. олефинами и аренами, напр.:



Р-ция Т. с алленилсиланами приводит к замещенным азуленам:

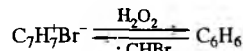


Соли Т. легко окисляются до бензальдегида (окислители – Br<sub>2</sub>, CrO<sub>3</sub>, Ag<sub>2</sub>O и др.); при каталитич. гидрировании дают циклогептан, при восстановлении Zn – дитропил (C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>)<sub>2</sub>.

Т. – эффективный акцептор электронов; с ароматич. соединениями, галогенид-ионами и др. образует комплексы с переносом заряда; возможен перенос одного электрона с образованием радикала тропила C<sub>7</sub>H<sub>7</sub><sup>•</sup> и перенос двух электронов от металлич. К с образованием циклогептатриенилианиона.

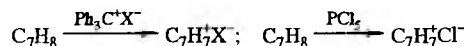
Ароматич. характер Т. проявляется в его высокой стабильности (энергия резонанса Т. 83,7 кДж/моль). В отличие от др. ароматич. соед., соли Т. не вступают в р-ции с электроф. реагентами.

Под действием H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> тропилийбромид превращ. в бензол, при действии моногалогенкарбенов происходит обратная р-ция:



Т. образует π-комплексы с разл. металлами (Cr, Mo, Mn, Fe и др.), напр. [C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>Fe(CO)<sub>3</sub>]<sup>+</sup>BF<sub>4</sub><sup>-</sup>.

Описаны соединения Т., содержащие 2 или 3 иона Т. Препаративные методы синтеза солей Т. основаны на отщеплении гидрид-иона от циклогептатриена, напр.:

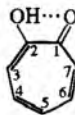


Впервые соль Т. получена У. Дёрингом и Л. Ноксом в 1954 бромированием циклогептатриена с послед. отщеплением НВг.

Лит.: Вольпин М.Е., «Успехи химии», 1960, т. 29, в. 3, с. 298-363; Нозов Г., в кн.: Небензольные ароматические соединения, пер. с англ., М., 1963, с. 336-41; Губин С.П., Голоулин А.В., Дясны и их п-комплексы, Новосибир., 1983, с. 33-134. И. С. Ахрем.

**ТРОПОЛОНЫ** (дигидрокситропоны), семичленные сопряженные циклич. гидроксикетоны; относятся к небензольным ароматич. соединениям.

Простейший Т. - 2-гидроксициклогепта-2,4,6-триен-1-он (ф-ла I), бесцв. илы; т. пл. 50-51 °С; легко возгоняется;  $\mu$   $12,37 \cdot 10^{-30}$  Кл·м; раств. в воде и орг. р-рителях;  $pK_a$  6,92.

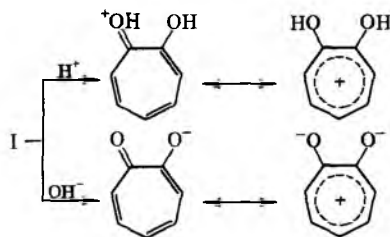


I

Ядро трополона - правильный семиугольник, длины связей (нм) 0,14 (C-C), 0,125 (C=O), 0,134 (C-O), что свидетельствует об асимметричности молекулы.

Трополоновое кольцо присутствует в нек-рых природных соед., напр. в колхицине, выделенном из безвременника осеннего *Colchicum Autumnale*; в древесине кедра содержатся терпеновые Т. (3-, 4- и 5-изопропилтрополоны, туяллицины); метаболитами разл. видов плесени являются 2,6-дигидрокситропон-4-карбоновая (стипитатова) к-та и 2,6,7-тригидрокситропон-3-карбоновая (пуберулова) к-та.

Хим. св-ва Т. определяются наличием системы сопряженных связей и внутримол. водородной связи. Т. протонируются сильными к-тами; с основаниями, подобно фенолам, образуют анионы:

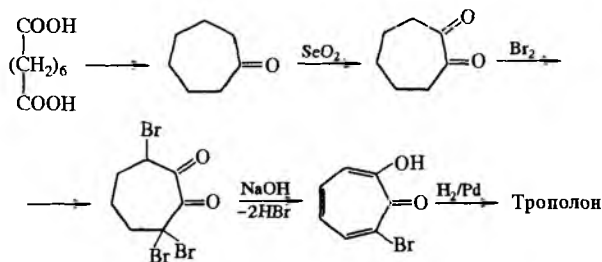


С конц. HCl и пикриновой к-той Т. дают оксониевые соли, с солями металлов со степенями окисления 2 и 3 - комплексные соед.; медный комплекс используют для выделения Т.

Восстановление Т. протекает с трудом; окисление в жестких условиях (KMnO<sub>4</sub>, CrO<sub>3</sub>) приводит к расщеплению кольца, что используют для установления строения природных Т.

Т. проявляют ароматич. характер, т.е. при формальной ненасыщенности часто не обнаруживают ее в своих р-циях. Подобно фенолам, вступают в р-ции электроф. замещения: галогенирование, нитрование, нитрозирование, амино- и гидроксиметилирование, р-ция Раймера - Тимана, не дают обычных р-ций на карбонильную группу (не образуют гидразонов и семикарбазонов), трудно гидрируются. Вследствие электронодефицитности кольца Т. не удастся провести р-ции Фриделя - Крафта и Гаттермана, перегруппировку Фриса. Т. не сульфировается H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и SO<sub>3</sub> (сульфируются сульфаминовой к-той). В то же время Т. проявляют нек-рые св-ва ненасыщ. соединений, напр. вступают в диеновый синтез.

Получают трополон из пробковой к-ты по схеме:



Т. образуется также окислением тропицидена (циклогептатриена) KMnO<sub>4</sub>; взаимодей. 1,2-диметоксibenзола с диазоуксусным эфиром, образующееся производное циклогептатриена бромнруют, омьляют и декарбоксилируют; циклизацией диэтилового эфира пимелиновой к-ты с послед. бромированием и катализит. дебромированием.

Т. обладают антимитотич. (препятствуют делению клеток), бактериостатич. и фунгицидным действием.

Лит.: Посо и П., Химия трополов и трополонов, пер. с англ., М., 1956; Небензольные ароматические соединения, пер. с англ., М., 1963.

И. С. Ахрем.

**ТРУДНОГОРЮЧИЕ ВОЛОКНА**, синтетич. и модифицир. прир. волокна и нити, не горящие в атм. воздухе; их воспламенение и горение возможно только в пламени др. горячих в-в или в атмосфере с высоким содержанием O<sub>2</sub>.

Особенность Т. в. и материалов на их основе - невоспламеняемость при действии источников зажигания ограниченной мощности (зажженной спички, электрнч. искры и т. п.) и локализация очага терморазрушения.

Т. в. и нити получают на основе ароматич. (карбо- и гетероциклических), а также карбоцепных (галогенсодержащих) полимеров и сополимеров. Наим. горючестью обладают волокна из полностью ароматич. полимеров с имидными, бензимидазольными или др. азотсодержащими гетероциклами (волокна каптон, P-84, тогилен, ВВВ, ВВ, лага, циклизированное полиакрилонитрильное и др.; см. Термостойкие волокна), а также поливинилхлоридные, поливинилиденхлоридные, фторуглеродные и углеродные волокна. К трудногорючим также относят огнезащитные волокна, получаемые путем модификации мн. видов многотоннажных волоконобразующих прир. и синтетич. полимеров (целлюлозных, белковых, полиакриловых, полиамидных, полиэфирных и др.).

Снизить горючесть волокон на основе алифатич. полимеров и получить из них Т. в. и волокнистые материалы можно модификацией исходных волоконобразующих полимеров или введением антипиренов. Т-ра воспламенения Т. в. в зависимости от волокна колеблется в пределах 250-600 °С, т-ра самовоспламенения - в пределах 350-700 °С.

Важный показатель Т. в. и волокнистых материалов - их огнестойкость, т.е. сохранение функцион. св-в при действии открытого пламени. Ограниченной огнестойкостью обладают только особо термостойкие трудногорючие волокна из гетероароматич. лестничных и углеродных полимеров. Эти виды неглазких волокон при действии открытого пламени сохраняют форму и определенный уровень мех. св-в. Галогенсодержащие волокна на основе алифатич. полимеров, а также многотоннажные огнезащитные (обработанные антипиренами) волокна огнестойкостью не обладают.

Состав продуктов горения Т. в. определяется их элементным составом, кол-вом поступающего в зону горения O<sub>2</sub>. Основными среди них являются пары воды, CO<sub>2</sub>. Азотсодержащие волокна образуют также оксиды азота, галогенсодержащие - галогеноводороды и др. соединения. При общем или местном недостатке O<sub>2</sub> в продуктах горения образуются СО, ненасыщ. соединения, альдегиды, кетоны, сажа. Азо- и хлорсодержащие волокна образуют в этом случае NH<sub>3</sub>, HCN, HCl, C(O)Cl<sub>2</sub>, нитрилы и др. соединения. Многие из них - токсичны.

Т. в. используют в разл. видах трудногорючих техн. материалов и изделий: спецодежде (напр., пожарных, рабочих горячих произ-в), защитных материалах, изделиях интереса транспортных ср-в и обществ. помещений, фильтрующих материалах для высокотемпературных и искросодержащих технол. и отходящих газов, волокнистой теплоизоляции и др. Огнезащитные трудногорючие волокнистые материалы на основе многотоннажных волокон используют для произ-ва постельного белья, детской одежды и одежды пожилых людей, изделий интереса и др.

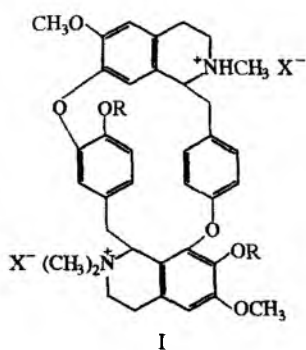
Лит.: Термо- жаростойкие и негорючие волокна, под ред. А. А. Конкина, М., 1978; Тюганова М.А., Мазов М.Ю., Кольев М.А., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1976, т. 21, № 1, с. 90-97; Тюганова М.А., Кольев М.А., Кочаров С.А., там же, 1981, т. 26, № 4, с. 61-68; Термостойкие огнезащитные волокна и изделия из них, М., 1983; Методы определения и характеристики пожаровзрывоопасности волокнообра-

зующих полимеров, технологических растворов и волокон, М., 1988; Перепелкин К.Е., «Chemische Abkapselung», 1989, т. 39, с. 92-114; Perpelkin K.E., Muchnik B.A., «Lenzinger Berichte», 1976, № 40, S. 46-66.

К. Е. Перепелкин.

(+)-ТУБОКУРАРИН (ф-ла I; R = H, X - анион), изохинолиновый алкалоид, содержащийся в хондодендроне войлочном (*Chondodendron tomentosum*) семейства мениспермовых (*Menispermaceae*). Впервые выделен в 1897 как действующее начало яда кураре. (+)-Тубокураринхлорид (в ф-ле I X = Cl), мол. м. 645,19, бесцв. кристаллы, т. пл. 274-275 °С (с разл.),  $[\alpha]_D^{265}$  (в воде); хорошо расств. в воде. Получен иодид диметилтубокурарина (R = CH<sub>3</sub>, X = I), т. пл. 267 °С (с разл.).

(+)-Тубокураринхлорид блокирует преим. холинореактивные системы скелетной мускулатуры. Малые дозы вызывают временное расслабление (релаксацию) скелетной мускулатуры. При потреблении больших доз происходит остановка дыхания. (+)-Т. применяют в анестезиологии в качестве миорелаксанта, вызывающего расслабление мускулатуры во время операции. Иодид диметилтубокурарина используют также, однако он обладает более длит. действием. (+)-Т. имеет разл. товарные назв.: амелизол, курадетенсин, курарин, делькурарин и др.



Разработаны методы определения (+)-Т. в сырье и биол. объектах с помощью тонкослойной и высокоэффективной жидкостной хроматографии, спектрофотометрии, люминесцентного анализа.

Лит.: Машковский М.Д., Лекарственные средства, т. 1, М., 1993, с. 287; Shamma M., The isoquinoline alkaloids, N. Y.-L., 1972, p. 122-23.

М. В. Тележенецкая.

**ТУЛИЙ** (от греч. Thulé - Туле, у античных географов - крайний северный предел мира; лат. Thulium) Tm, хим. элемент III гр. периодич. системы; относится к редкоземельным элементам (иттриевая подгруппа лантаноидов), ат. н. 69, ат. м. 168,9342. В природе один стабильный нуклид <sup>169</sup>Tm. Конфигурация внеш. электронных оболочек атома 4f<sup>13</sup>5s<sup>2</sup>5p<sup>6</sup>6s<sup>2</sup>; степени окисления +3, +2, реже +4; энергии ионизации при последоват. переходе от Tm<sup>0</sup> к Tm<sup>3+</sup> соотв. 6,181, 12,05, 23,68, 42,69, 65,4 эВ; электростригательность по Полингу 1,0-1,2; атомный радиус 0,174 нм, ионные радиусы Tm<sup>3+</sup> (в скобках указаны координац. числа) 0,102 нм (6), 0,113 нм (8), 0,119 нм (9), Tm<sup>2+</sup> 0,117 нм (6), 0,123 нм (7).

Содержание в земной коре 2,7 · 10<sup>-5</sup>% по массе, в морской воде 1 · 10<sup>-7</sup> мг/л. Вместе с др. РЗЭ содержится в ксенотиме, эвксените, монаците, бастнезите, лопарите, ортите и нек-рых др. минералах.

**Свойства.** Т. - серебристо-белый металл, кристаллич. решетка гексагон. типа Mg, a = 0,35375 нм, c = 0,55546 нм, z = 2, пространств. группа P6<sub>3</sub>/mnc; т. пл. 1545 °С, т. кип. 1947 °С; плотн. 9,318 г/см<sup>3</sup>; C<sub>p</sub><sup>0</sup> 27,0 Дж/(моль·К); ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 16,9 кДж/моль, ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 191 кДж/моль, ΔH<sub>воз</sub><sup>0</sup> 232 кДж/моль; S<sub>298</sub><sup>0</sup> 74,0 Дж/(моль·К); давление пара 9,66 кПа (1545 °С); температурный коэф. линейного расширения 5,8 · 10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup> (300 К); ρ · 10<sup>-7</sup> Ом·м; антиферромагнетик ниже 58 К (точка Нееля); твердость по Бринеллю 471 МПа. Легко поддается мех. обработке.

На воздухе компактный Т. практически не окисляется, при нагр. во влажном воздухе слабо окисляется. С минер. к-тами

реагирует, давая Tm<sup>3+</sup>. Взаимод. с галогенами, халькогенами и N<sub>2</sub> при нагревании. В водных средах находится в виде производных Tm(III). Существуют разл. комплексные соед. Tm(III) с орг. и неорг. лигандами. В присут. сильных восстановителей (щелочные металлы) Tm<sup>3+</sup> м. б. переведен в Tm<sup>2+</sup>; таким образом, напр., были получены TmX<sub>2</sub>, где X = Cl, Br, I. Соед. Tm(II) легко гидролизуются водой, окисляются O<sub>2</sub> воздуха и водой. В халькогенидных системах Т. существует в виде Tm(III) и Tm(II).

Сесквиоксид Tm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - бесцв. с зеленоватым оттенком кристаллы; существуют в двух модификациях: кубической (a = 0,104866 нм, пространств. группа Ia3, z = 16) и моноклинной (a = 1,381 нм, b = 0,3447 нм, c = 0,8505 нм, β = 100,20°, z = 6, пространств. группа C2m), к-рая образуется при нагр. кубич. формы ок. 1000 °С и давлении 4 МПа; т. пл. 2370 °С; C<sub>p</sub><sup>0</sup> 116,7 Дж/(моль·К); ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> -1888,7 кДж/моль, ΔG<sub>исп</sub><sup>0</sup> -1794,5 кДж/моль; S<sub>298</sub><sup>0</sup> 139,6 Дж/(моль·К); получают при нагр. нитратов, сульфатов, оксалатов и др. соединений Т. на воздухе выше 800-900 °С; входит в состав разл. оксидных материалов, в т. ч. стекол, керамики (напр., со св-вами высокотемпературных сверхпроводников).

Трифторид TmF<sub>3</sub> - бесцв. кристаллы, плавяный - бледно-зеленого цвета; существует в двух модификациях: ромбической типа Fe<sub>3</sub>C (a = 0,6283 нм, b = 0,6811 нм, c = 0,4408 нм, z = 4, пространств. группа Pmca, плотн. 7,95 г/см<sup>3</sup>) и выше 1050 °С - гексагональной типа α-UO<sub>3</sub> (a = 0,4059 нм, c = 0,4175 нм, z = 1, пространств. группа C3m1, плотн. 6,30 г/см<sup>3</sup>); т. пл. 1158 °С; ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 28,9 кДж/моль, ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 425 кДж/моль, ΔH<sub>воз</sub><sup>0</sup> -1695 кДж/моль; получают из р-ров солей Tm(III) осаждением фтористоводородной к-той, взаимод. Tm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с F<sub>2</sub> при нагр.; применяют для металлотермич. получения металлического Т.

Трихлорид TmCl<sub>3</sub> - бледно-желтые кристаллы с моноклинной решеткой типа AlCl<sub>3</sub> (a = 0,675 нм, b = 1,173 нм, c = 0,639 нм, β = 110,6°, z = 4, пространств. группа C2/m); т. пл. 828 °С, т. кип. 1487 °С; давление пара 20,7 Па (828 °С); ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 187 кДж/моль, ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 280 кДж/моль; образует гидраты; получают взаимод. смеси Cl<sub>2</sub> и CCl<sub>4</sub> с оксалатом Т. при нагр. выше 200 °С либо хлорированием Т.; используют для получения металлического Т. и его соединений.

**Получение.** При переработке концентратов РЗЭ Т. концентрируется с наиб. тяжелыми элементами - Yb и Lu. Разделение и очистку осуществляют экстракц. методом или ионообменной хроматографией с использованием комплексонов.

Металлический Т. получают термич. восстановлением TmF<sub>3</sub> кальцием или Tm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> лантаном.

Т. выпускают в небольших масштабах и в виде Tm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> используют как активатор люминофоров для мед. радиогр. (LaOBg - Tm, голубое свечение) и лазерных материалов (Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Tm, CaWO<sub>4</sub> - Tm), а также для изготовления синтетич. гранатов. Искусств. радиоактивный нуклид <sup>170</sup>Tm (T<sub>1/2</sub> 128,6 сут) - источник β-излучения в портативных рентгеновских мед. установках.

Т. открыт в 1879 П. Клеве в виде оксида - тулиевой «земли».

Л. И. Мартыненко, С. Д. Моисеев, Ю. М. Киселев.

**ТУМАНОУЛАВЛИВАНИЕ**, выделение из газовых потоков со взвешенными в них жидкими частицами капель размером от 10 мкм. Туманы образуются в результате конденсации паров (см. *Аэрозоли*), хим. взаимод. компонентов газовой смеси или при тонком измельчении жидкостей (см. *Диспергирование*). Т. осуществляют с целью извлечения из газов ценных в-в, обеспечения требуемой чистоты газов (см. также *Газовая очистка*) и для санитарной защиты атмосферы от загрязнений (см. также *Охрана природы*).

Для Т. используют: электрофильтры; высокоскоростные скрубберы Вентури, орошаемые уловленной жидкостью или водой; самоочищающиеся фильтры с фильтровальной перегородкой из стеклянных, синтетич. либо металлич. волокон (см. *Фильтрование*); т. наз. демистры - сетки из вязаных металлич. или синтетич. материалов, уложенных в пакеты высотой 50-200 мм; фильтры со слоями зернистых материалов (напр., керамическими и металлокерамическими).

По принципу действия туманоуловители аналогичны пылеуловителям (см. *Пылеулавливание*), но в отличие от них работают в режиме самоочистки, поскольку в результате коалесценции уловленных капель происходит непрерывное самопроизвольное удаление жидкости. При очистке туманов, образующихся при работе с р-рами солей, для предотвращения кристаллизации солей и зарастания фильтровальных перегородок осуществляют их орошение или в фильтр вводят водяной пар.

Волокнистые фильтры подразделяют на: 1) низкоскоростные с волокнами диаметром 5–20 мкм; улавливание частиц размером менее 1 мкм происходит в результате броуновской диффузии и эффекта зацепления, причем эффективность процесса увеличивается с уменьшением скорости фильтрования, размера частиц и диаметра волокон; 2) высокоскоростные с волокнами диаметром 20–100 мкм для выделения из газов частиц крупнее 1 мкм; эффективность процесса, к-рый основан на инерционном осаждении, возрастает с увеличением размера частиц и скорости фильтрования до определенной (критической) величины (обычно 1–2,5 м/с); при большей скорости начинается вторичный унос брызг уловленной жидкости из слоя в виде крупных капель; 3) многоступенчатые, состоящие из 2–3 фильтров первого и второго типа; на первой ступени процесс проводят при высоких входных концентрациях тумана и скоростях выше критической; при этом улавливаемые капли укрупняются либо производится разгрузка образовавшейся жидкости.

Фильтрующие элементы в фильтрах состоят из двух крупноячеистых сеток, между к-рыми расположен слой волокон толщиной от 0,5 до 0,15 м с пористостью 88–95%. Такие элементы представляют собой цилиндрич. патроны, снабженные фланцами и дренажной трубкой, или прямоугольные плоские либо складчатые кассеты (панели). Для обеспечения стока уловленной жидкости патроны устанавливают вертикально на трубных решетках, а кассеты встраивают (также вертикально) в многогранный каркас с конусным дном и дренажной трубкой. Для установок высокой производительности используют большое число фильтрующих элементов, к-рые размещают в верх. части аппаратов (напр., абсорберов) либо в отдельной выносной емкости. Сравнит. оценки туманоуловителей разл. типов приведены в таблице.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУМАНОУЛОВИТЕЛЕЙ

Тип	Скорость газа в активной зоне, м/с	Эффективность очистки (%) для частиц размером			Гидравлич. сопротивление, кПа
		до 1 мкм	1–3 мкм	3–10 мкм	
Электрофильтры	0,3–1,5	75–95	90–99	98–100	0,1–0,3
Скрубберы Венгури	50–150	90–97	95–100	98–100	5,0–20,0
Волокнистые фильтры					
низкоскоростные	0,01–0,1	92–99	96–100	100	0,5–5,0
высокоскоростные	1–10	50–85	85–97	95–100	1,5–8,0
Демистры	2,4–4,5	20–40	70–90	90–98	0,2–1,0

Т. применяют в произ-ве и при концентрировании к-т (напр.,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $H_3PO_4$ ), при сульфировании нефтепродуктов (напр., при получении сульфонов), при переработке пластмасс с использованием пластификаторов (напр., в произ-ве линолеума, искусств. кожи, моющихся обоев), при травлении и гальванопокрытии металлич. изделий, для очистки газов от частиц масел после компрессоров и вакуум-насосов, при термич. и мех. обработке металлич. изделий с применением смазочно-охлаждающих жидкостей, в произ-ве сверхчистых хим. реактивов и др. См. также *Каплеулавливание*.

Лит.: Справочник по пыле- и золоулавливанию, М., 1975; Очистка промышленных газов от пыли, М., 1981.

Б. И. Мягков.

**ТУНГОВОЕ МАСЛО** (древесное масло), жидкость от светлого-желтого до оранжевого цвета с неприятным запахом; мол. м. 281–294; т. заст. от –17 до –21 °С;  $d_4^{20}$  0,940;  $n_D^{20}$  1,500–1,524;  $\eta$  216,2–220,5 мПа·с; число омыления 188–197, иодное число 154–176, родановое число 78–87, число Генера

95–97; раств. в орг. р-рителях (кроме метанола и этанола), не раств. в воде. Относится к высохшим растительным маслам.

Представляет собой смесь глицеридов к-т состава: ненасыщ. к-ты – 71–83%  $\alpha$ -элеостеариновой (цис-9-транс-11-транс-13-октадекатриеновой), 4–13% олеиновой и 9–11% линолевой к-т, насыщ. к-ты – 3–7% пальмитиновой, 1,2% стеариновой, 0,2–0,4% лауриновой к-т.

Выделяют Т. м. из семян и плодов тунга (масляного дерева) сердцевидного (*Aleurites cordata*) и тунга Форда (*Aleurites fordii*), содержащих 48–66% масла, прессованием измельченного сырья после влажной термич. обработки.

Т. м. токсично; применяют только в техн. целях. Благодаря высокой скорости высыхания образует прочную влагостойкую пленку. Сырье в произ-ве алкидных смол, масляных лаков, пластификатор в резиновой пром-сти; используют в произ-ве линолеумов, клеенок.

Лит. см. при ст. *Растительные масла*.

В. Х. Паронян.

**ТУННЕЛЬНАЯ СКАНИРУЮЩАЯ МИКРОСКОПИЯ**, метод исследования структуры пов-сти твердых тел, позволяющий четко визуализировать на ней взаимное расположение отдельных атомов; основана на туннельном эффекте.

В туннельном сканирующем микроскопе система пьезокристаллов, управляемая компьютером, обеспечивает трехкоординатное перемещение металлического зонда на расстоянии порядка 0,1 нм от исследуемой пов-сти. Между ней и зондом прикладывают напряжение ок. 1 В и регистрируют возникающий туннельный ток. Компьютер управляет вертикальным перемещением зонда так, чтобы ток поддерживался на заданном постоянном уровне, и горизонтальными перемещениями по осям  $x$  и  $y$  (сканированием). Воспроизводимое на дисплее семейство кривых, отвечающих перемещениям зонда, является изображением эквипотенциальной пов-сти, поэтому атомы изображаются полусферами разл. радиусов. Достоинства метода: сверхвысокое разрешение (атомного порядка,  $10^{-2}$  нм); возможность размещать образец не в вакууме (как в электронных микроскопах), а в обычной воздушной среде при атм. давлении, в атмосфере инертного газа и даже в жидкости, что особенно важно для изучения гелеобразных и макромолекулярных структур (белков, ДНК, РНК, вирусов) в нативном состоянии.

По принципу синтеза изображений (с помощью электронных сканирующих систем) и диапазону объектов анализа данный метод тесно смыкается с электронной микроскопией.

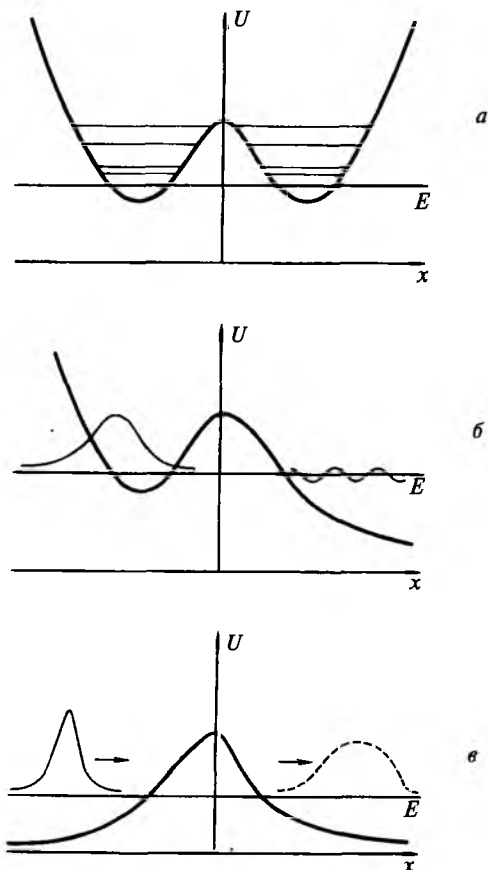
Лит.: «Nature», 1990, v. 346, № 6281, 19 July, p. 294–96.

А. Г. Богданов.

**ТУННЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ**, квантовый эффект, состоящий в проникновении квантовой частицы сквозь область пространства, в к-рой согласно законам классич. физики нахождение частицы запрещено. Классич. частица, обладающая полной энергией  $E$  и находящаяся в потенц. поле, может пребывать лишь в тех областях пространства, в к-рых ее полная энергия не превышает потенц. энергию  $U$  взаимодействия с полем. Поскольку волновая ф-ция квантовой частицы отлична от нуля во всем пространстве и вероятность нахождения частицы в определенной области пространства задается квадратом модуля волновой ф-ции, то и в запрещенных (с точки зрения классич. механики) областях волновая ф-ция отлична от нуля.

Т. э. удобно иллюстрировать на модельной задаче об одномерной частице в поле потенциала  $U(x)$  ( $x$  – координата частицы). В случае симметричного двухъямного потенциала (рис. а) волновая ф-ция должна «умещаться» внутри ям, т. е. она представляет собой стоячую волну. Дискретные энергетич. уровни, к-рые расположены ниже барьера, разделяющего минимумы потенциала, образуют близко расположенные (почти вырожденные) пары. Разность энергетич. уровней, составляющих пару, наз. туннельным расщеплением, эта разность обусловлена тем, что точное решение задачи (волновая ф-ция) для каждого из квантовых состояний делокализовано в обоих минимумов потенциала и все точные решения отвечают невырожденным уровням (см. *Вырождение энергетических уровней*). Вероятность Т. э. определяется коэффициентом прохождения сквозь барьер волнового пакета,





Кривые потенц. энергии  $U(x)$  частицы в случае, когда на нее действует сила притяжения (а – две потенц. ямы, б – одна потенц. яма), и в случае, когда на частицу действует сила отталкивания (отталкивательный потенциал, в).  $E$  – полная энергия частицы,  $x$  – координата. Тонкими линиями изображены волновые ф-ции.

к-рый описывает нестационарное состояние частицы, локализованной в одном из минимумов потенциала.

В потенц. поле с одним локальным минимумом (рис. б) для частицы с энергией  $E$ , большей потенциала взаимодействия при  $x = \infty$ , дискретные энергетич. состояния отсутствуют, но существует набор квазистационарных состояний, в к-рых велика относит. вероятность нахождения частицы вблизи минимума. Волновые пакеты, отвечающие таким квазистационарным состояниям, описывают метастабильные квантовые состояния; волновые пакеты расплываются и исчезают вследствие Т.э. Эти состояния характеризуются временем жизни (вероятностью распада) и шириной энергетич. уровня.

Для частицы в отталкивательном потенциале (рис. в) волновой пакет, описывающий нестационарное состояние по одну сторону от потенц. барьера, даже если энергия частицы в этом состоянии меньше высоты барьера, может с определенной вероятностью (наз. вероятностью проникновения или вероятностью туннелирования) проходить по др. сторону барьера.

Наиб. важные для химии проявления Т.э.: 1) туннельные расщепления дискретных колебат., вращат. и электронно-колебат. уровней. Расщепления колебат. уровней в молекулах с неск. эквивалентными равновесными ядерными конфигурациями – это инверсионное удвоение (в молекулах типа аммиака), расщепление уровней в молекулах с заторможенным внутр. вращением (этан, толуол) или в нежестких молекулах, для к-рых допустимы внутримолекул. перегруппировки, приводящие к эквивалентным равновесным конфигурациям (напр.,

PF<sub>5</sub>). Если разл. эквивалентные минимумы на поверхности потенциальной энергии оказываются разделенными потенц. барьерами (напр., равновесные конфигурации для право- и левовращающих изомеров сложных молекул), то адекватное описание реальных мол. систем достигается с помощью локализованных волновых пакетов. В этом случае пара делюкализованных в двух минимумах стационарных состояний неустойчива: под действием очень малых возмущений возможно образование двух состояний, локализованных в том или ином минимуме.

Расщепление квазивыврожденных групп вращат. состояний (т. наз. вращательных кластеров) также обусловлено туннелированием мол. системы между окрестностями неск. эквивалентных стационарных осей вращения. Расщепление электронно-колебат. (вибронных) состояний происходит в случае сильных Яна – Теллера эффектов. С туннельным расщеплением связано и существование зон, образуемых электронными состояниями отдельных атомов или мол. фрагментов в твердых телах с периодич. структурой.

2) Явления переноса частиц и элементарных возбуждений. Данная совокупность явлений включает нестационарные процессы, описывающие переходы между дискретными состояниями и распад квазистационарных состояний. Переходы между дискретными состояниями с волновыми ф-циями, локализованными в разл. минимумах одного адиабатич. потенциала, соответствуют разнообразным хим. р-циям. Т.э. всегда вносит нек-рый вклад в скорость р-ции, однако этот вклад существен только при низких т-рах, когда надбарьерный переход из исходного состояния в конечное маловероятен из-за низкой заселенности соответствующих уровней энергии. Т.э. проявляется в неаррениусовском поведении скорости р-ции; характерный пример – рост цепи при радиационно-иницированной полимеризации твердого формальдегида. Скорость этого процесса при т-ре ок. 140 К удовлетворительно описывается законом Аррениуса с энергией активации 0,1 эВ. Однако при т-рах  $\leq 12$  К достигается скорость р-ции, к-рая не зависит от т-ры, определяется Т.э. и оказывается на много порядков выше скорости, к-рую можно было бы ожидать при той же т-ре в предположении справедливости надбарьерного механизма р-ции (см. Криохимия).

Распад метастабильных состояний лежит в основе целого ряда явлений. К ним относятся, в частности,  $\alpha$ -распад (см. Радиоактивность), колебат. и вращат. преддиссоциация, автоионизация атомов в сильном электрич. поле, ионизация атомов и молекул в сильном электромагн. поле. Туннельное прохождение электронов из одного проводника (или полупроводника) в другой через слой изолятора (туннельный ток) является макроскопич. эффектом, обусловленным Т.э. Это явление лежит в основе туннельной сканирующей микроскопии твердых тел.

Лит.: Гольданский В.И., Трахтенберг Л.И., Флеров В.П., Туанельные явления в химической физике, М., 1986; Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Квантовая механика. Нерелятивистская теория, 4 изд., М., 1989. Б.И. Жилинский.

## ТУРБИДИМЕТРИЯ, см. Нефелометрия и турбидиметрия.

**ТУРБИННЫЕ МАСЛА**, нефтяные и синтетич. масла вязкостью 10–60 мм<sup>2</sup>/с (при 50 °С), предназначенные для смазывания и охлаждения узлов трения турбин, турбоагрегатов, турбонасосов, турбокомпрессорных машин, турбовоздуходувок и связанных с ними редукторов; м. б. использованы также в системах регулирования турбоагрегатов и др.

Т. м. должны обладать хорошей стабильностью против окисления при рабочих т-рах 30–100 °С и выше; при длит. эксплуатации (в течение 20–30 тыс. ч) сохранять высокую физ. стабильность; не допускать образования отложений на трущихся деталях; не образовывать стойких эмульсий при обводнении; не пениться во время циркуляции; быть нейтральными по отношению к черным и цветным металлам и неметаллич. материалам.

Т. м. готовят из нефтяных дистиллятов, подвергнутых глубокой очистке, с добавлением в нек-рых случаях

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПИЧНЫХ ТУРБИНЫХ МАСЕЛ

Состав	Кинематич. вязкость (при 50 °С), мм <sup>2</sup> /с	Т. заст., °С	Т. вст., °С	Кислотное число	Область использования
Дистилляты из малосернистых парафинистых (селективной очистки) или беспарафинистых (контактной очистки) нефтей	20-23	180-190	-15	0,1-0,35	Паровые турбины с частотой вращения более 3000 с <sup>-1</sup>
Дистилляты из сернистых парафинистых (селективной очистки) или малосернистых (контактной очистки) нефтей; могут содержать комплекс присадок	28-32	180-190	-10	0,3-0,60	То же с частотой вращения 2000-3000 с <sup>-1</sup> ; гидротурбины
Синтетич. продукты на основе хлорир. триалкилфосфатов	20-35	220-240	От -25 до -35	—	Высокооборотные стационарные паровые турбины
Дистилляты из сернистых парафинистых (селективной очистки) или малосернистых (контактной очистки) нефтей; могут содержать комплекс присадок	44-48	190-200	-10	0,3-0,7	Судовые турбозубчатые агрегаты; пром. механизмы с редукторами
Дистилляты из малосернистых беспарафинистых нефтей контактной очистки	55-60	190-200	-10	—	Судовые турбины паровые с редукторами привода главного вала
Дистилляты из малосернистых нефтей контактной очистки с противозадирной и антиокислит. присадками	7-10	150-170	-45	0,6-0,7 (при 170 °С; 10 ч)	Судовые турбины газовые

антиокислит., противокоррозионных, деэмульгирующих, противозадирных и противопенных присадок. В качестве синтетич. масел чаще всего используют триарилфосфаты в чистом виде либо хлорированные. Некоторые характеристики Т. м. приведены в таблице. Мировое произ-во ок. 750 тыс. т/год (1988).

Лит.: Товарные нефтепродукты: свойства и применение. Справочник, под ред. В. М. Школьниковой, 2 изд., М., 1978, с. 215-21; Гуреев А. А., Фукс И. Г., Лахтин В. Л., Химмотология, М., 1986, с. 265-66.

А. В. Виленкин.

**ТУРБУЛЕНТНАЯ ДИФФУЗИЯ**, перенос в-ва в пространстве, обусловленный турбулентным движением среды. Под турбулентным понимают вихревое движение жидкости или газа, при котором элементы (частицы) среды совершают неупорядоченные, хаотич. движения по сложным траекториям, а скорость, т-ра, давление и плотность среды испытывают хаотич. флуктуации.

Если в турбулентном потоке в определенный момент времени множество элементов (частиц) расположено рядом один с другим, то в послед. моменты времени они рассеиваются по пространству так, что статистич. расстояние между любыми двумя произвольными частицами с течением времени возрастает. Проявления этого процесса во многом напоминают мол. диффузию.

В основе описания Т. д. как процесса случайного блуждания частиц среды лежат выражения для среднеквадратичного смещения частиц  $\bar{y}^2$  от нек-рого исходного положения через интервал времени  $t$ , сходные с выражениями для мол. диффузии. В случае больших времен процесса рассеяния, когда м. б. использован закон Фика, справедливо равенство:

$$\bar{y}^2 = 2D_T t, \quad (1)$$

где  $t \geq 10 T$ ;  $T = \int_0^\infty R dt$  — лагранжев временной масштаб (с) в

направлении переноса; параметр  $D_T = v^2 T$  — коэффициент диффузии Т. д. (мат. выражение и физ. смысл см. ниже). Лагранжев коэф. корреляции между пульсациями скорости  $v$  (м/с) одного и того же элемента (частицы) среды в разные моменты времени  $t$  и  $t + \Delta t$  составляет:

$$R = \frac{v_t v_{t+\Delta t}}{\sqrt{v_t^2} \cdot \sqrt{v_{t+\Delta t}^2}}$$

Поскольку Т. д. и мол. диффузия независимы, общее смещение частицы будет определяться суммой:

$$\bar{y}_{\text{общ}}^2 = \bar{y}_T^2 + \bar{y}_{\text{мол}}^2 \quad (2)$$

а общий (виртуальный) коэф. диффузии  $D_I = D_T + D$ , где  $D$  — коэф. мол. диффузии.

Хаотич. пульсац. движение жидкости (газа), обуславливающее турбулентный поток в-ва, возникает при высоких чис-

лах Рейнольдса (см. *Подобия теория*). Наличие градиентов осредненной скорости течения (см. ниже) приводит к заметному ускорению рассеяния частиц в-ва по направлению турбулентного потока. Его плотность выражают в виде вектора:

$$j_r = \langle u'c' \rangle, \quad (3)$$

где  $u'$ ,  $c'$  — пульсац. составляющие соотв. вектора скорости движения среды и концентрации переносимого в-ва;  $\langle \rangle$  — оператор осреднения ф-ции по времени в рассматриваемой точке пространства.

Т. д. протекает по-разному в зависимости от масштаба турбулентности. Перенос в-ва при маломасштабной турбулентности описывают по аналогии с мол. диффузией. При крупномасштабной турбулентности среднее квадратичное смещение частиц с течением времени быстро увеличивается, причем этот рост обусловлен преим. крупными вихрями.

Предполагают, что турбулентный перенос в-ва в рассматриваемый момент времени в произвольной точке пространства определяется градиентом осредненной концентрации, взятым в той же точке пространства и в тот же момент времени (гипотеза Буссинеска). Так, плотность турбулентного потока массы в направлении  $x$ -л. из осей координат, напр.  $x$ , выражают в виде:

$$J_{r,x} = -D_T \frac{d\langle c \rangle}{dx}, \quad (4)$$

где  $\langle c \rangle$  — средняя по времени концентрация переносимого в-ва в рассматриваемой точке пространства; знак «минус» указывает на уменьшение концентрации в направлении переноса.

Ур-ние (4) служит по существу определением коэф. пропорциональности  $D_T$ . Этот параметр связывает поток массы при турбулентном режиме течения среды с градиентом осредненной скорости движения. В настоящее время  $D_T$  не м. б. определен чисто теоретич. путем.

Используя соотношения, аналогичные законам вязкости Ньютона и теплопроводности Фурье (см. *Переноса процессы*), вводят коэф. турбулентной кинематики, вязкости  $\nu_T$  и турбулентной температуропроводности  $a_T$  (м<sup>2</sup>/с). Последние в отличие от выраженных в тех же единицах измерения коэф. мол. диффузии  $D$ , температуропроводности  $a$  и кинематич. вязкости  $\nu$  не являются физ.-хим. характеристиками и зависят от параметров осредненного движения среды, а также от положения рассматриваемого элемента ее объема в потоке.

Механизм турбулентного перемешивания в осн. одинаков для внутр. трения, тепло- и массопроводности. Различие состоит лишь в особых св-вах переносимой пульсац. течением субстанции: импульса (кол-ва движения), в-ва или теплоты. Согласно аналогии Рейнольдса, коэффициенты Т. д., кинематич. вязкости и температуропроводности равны друг другу:  $D_T = \nu_T = a_T$ . По аналогии с числами Прандтля ( $Pr = \nu/a$ ) и



Шмидта ( $Sc = v/D$ ) для мол. диффузии вводят понятие о соответствующих коэф. турбулентного переноса:

$$Pr_T = \nu_T; Sc_T = \nu_T D_T \quad (5)$$

При турбулентном переносе вблизи твердых пов-стей величины  $Pr_T$  и  $Sc_T$ , на основании эксперим. данных, несколько отличаются от единицы и обычно находятся в пределах 0,5–1,0. Сказанное свидетельствует о том, что мн. сведения относительно  $D_T$  в-в (или  $a_T$ ) в первом приближении можно заимствовать из имеющейся в справочной литературе информации о  $\nu_T$ .

Турбулентный перенос в-ва вдали от пов-стей, ограничивающих область движения потока, во много раз превышает мол. перенос (потому перемешивание среды часто осуществляются при турбулентном режиме течения). Так, для газов коэф. диффузии  $D \sim 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ , а средний  $D_T$  при движении потока, напр. в трубах, находится в пределах  $10^{-3} - 10^{-2} \text{ м}^2/\text{с}$ . Значения соотношения  $D/D_T$  остаются небольшими, напр.: при течении жидкостей составляют  $10^{-6} - 10^{-4}$ . Однако вблизи границы раздела фаз турбулентность затухает  $[(\overline{v_T^2}/\overline{u_{\text{мол}}^2}) \rightarrow 0]$ , и мол. диффузия становится преобладающей.

В общем случае выражение для плотности диффузионного потока в бинарной жидкой или газовой смеси с учетом мол. и турбулентного механизмов переноса записывают в виде:

$$j = -(D + D_T)\nabla <c>, \quad (6)$$

где  $\nabla$  – набл-оператор (Гамильтона оператор).

Знание закономерностей Т. д. необходимо при описании хим.-технол. процессов, протекающих в потоках жидкости или газа, в т. ч. в дисперсных средах. Т. д. оказывает влияние на *структуру потоков* в аппаратах и вносит свой вклад в продольное и поперечное перемешивание в-ва. Чаще всего продольное перемешивание снижает движущую силу массообменных процессов и ухудшает их показатели.

Лит.: Мониш А. С., Яглом А. Я., Статистическая гидромеханика, ч. 1–2, М., 1967; Берд Р., Стюарт В., Лайфрут Е., Явления переноса, пер. с англ., М., 1974; Рейнольдс А. Дж., Турбулентные течения в инженерных приложениях, М., 1979. В. В. Дильман.

**ТЯЖЕЛАЯ ВОДА**, оксид дейтерия  $D_2O$  с кислородом прир. изотопного состава; мол. м. 20,02760; бесцв. жидкость без запаха и вкуса. Оксид водорода прир. изотопного состава с тяжелым изотопом  $^{18}O$  наз. тяжелоокислородной водой, мол. м. 20,0157. Оксид протодейтерия HDO имеет мол. м. 19,02140. В смесях  $D_2O$  с  $H_2O$  с большой скоростью протекает изотопный обмен  $H_2O + D_2O \rightleftharpoons 2HDO$  с константой равновесия  $K$ , близкой к 4,0 при 300–400 К. Поэтому дейтерий при малом содержании присутствует в воде почти целиком в форме HDO, а при высоком – в форме  $D_2O$ . Для газа  $D_2O$   $\Delta H_{\text{обр}}^0 = -249,200$  кДж/моль, HDO  $-245,270$  кДж/моль; отношение значений  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $D_2O_{\text{ж}}$  и  $H_2O_{\text{ж}}$  1,027 (ж – жидкость); для  $D_2O_{\text{ж}}$   $C_p^0$  84,31 Дж/(моль·К),  $\Delta H_{\text{обр}}^0 = -294,60$  кДж/моль,  $S_{298}^0$  75,90 Дж/(моль·К); энергия разрыва связей (кДж/моль) при 298,15 К для  $D_2O \rightarrow OD^+ + D^+ 508,276$ ; HDO  $\rightarrow OH^+ + D^+ 506,184$  и HDO  $\rightarrow OD^+ + H^+ 500,323$  (для  $H_2O$  498,7 кДж/моль). Строение молекул  $D_2O$  такое же, как молекул  $H_2O$ , с очень малым различием в значениях длин связей и углов между ними. Для конденсир. состояния характерна водородная связь.

В поверхностных водах отношение  $D/(H + D) = (1,32 - 1,51) \cdot 10^{-4}$  в прибрежной морской воде  $D/(H + D) = (1,55 - 1,56) \cdot 10^{-4}$  по международному стандарту воды SMOW (Standard Marine Ordinary Water)  $D/H = 1,5576 \cdot 10^{-4}$ . Для прир. вод СНГ чаще всего характерны отрицат. отклонения от SMOW на  $(1,0 - 1,5) \cdot 10^{-5}$ , в отдельных случаях до  $(6,0 - 6,7) \cdot 10^{-5}$ , встречаются положит. отклонения до  $2,0 \cdot 10^{-5}$ . В условном пересчете на  $D_2O$  (в прир. воде дейтерий содержится в форме HDO) прир. содержание Т. в. в воде принимаются равным 0,0145 – 0,0146 мол. %.

**Свойства.** Для Т. в. т. кип. 101,44 °С, т. пл. 3,823 °С;  $t_{\text{крист.}}$  643,89 К,  $p_{\text{крист.}}$  21,66 МПа, критич. молярный объем 56,1 см<sup>3</sup>;  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  45,391 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  6,01 кДж/моль; плотн. при 20 °С 1,10539 г/см<sup>3</sup>, приведенная к воде  $d_4^{20}$  1,10735, макс.

плотн. 1,10602 г/см<sup>3</sup> при 11,24 °С; скорость звука в Т. в. 1386 м/с (20 °С);  $\gamma$  67,8 мН/м (20 °С), для смесей  $\gamma_{(D_2O + H_2O)/H_2O} = 1 - 0,00501(d_{25}^{25} - 1)$ . Отношение значений уд.  $C_p^0$  теплопроводности  $\lambda$  и  $\eta$   $D_2O$  и  $H_2O$ :

T, K	$C_{p,D_2O}^0/C_{p,H_2O}^0$	$\lambda_{D_2O}/\lambda_{H_2O}$	$\eta_{D_2O}/\eta_{H_2O}$
293,15	1,006	1,025	1,333
333,15	1,002	1,050	1,123
373,15	0,992	1,072	1,117

Для тяжелого льда  $C_p^0$  при 270 К 44,128 Дж/(моль·К). Отношение значений  $\eta$  паров  $D_2O$  и  $H_2O$  в интервале 353–403 К в среднем равно 1,06. Коэф. самодиффузии при 318,15 К  $D_{D_2O}$   $2,979 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$ . Коэф. диффузии изотопных форм воды:

T, K	$D_{HDO}$ в $H_2O$ , м <sup>2</sup> /с	$D_{HDO}$ в $D_2O$ , м <sup>2</sup> /с
298,15	$2,272 \cdot 10^{-9}$	$1,902 \cdot 10^{-9}$
318,15	$3,532 \cdot 10^{-9}$	$3,027 \cdot 10^{-9}$

Кристаллы  $D_2O$  имеют такую же структуру, как и кристаллы обычного льда, различие в размерах элементарной ячейки очень мало (0,1%). Изменение объема при плавлении тяжелого льда 1,57 см<sup>3</sup>/моль (0,97 значения изменения объема для  $H_2O$ ). Молярный объем твердой  $D_2O$  при 273,15 К  $\sim 19,670 \text{ см}^3$ . См. также табл. 1, 2.

Табл. 1. – СВОЙСТВА ТЯЖЕЛОЙ ВОДЫ И ЕЕ НАСЫЩЕННОГО ПАРА

T, K	Давление, кПа	Уд. объем, см <sup>3</sup> /г		$\Delta H_{\text{исп.}}$ кДж/кг
		жидкость	пар	
293,15	2,01	0,0009047	60,45	2281,4
313,15	6,59	0,0009091	19,66	2230,7
333,15	18,3	0,0009170	7,517	2180,7
353,15	46,4	0,0009274	3,273	2128,2
373,15	96,4	0,0009403	1,582	2074,1
393,15	191,1	0,0009556	0,8326	2017,6

Табл. 2. – ПОЛОЖЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ В ИК СПЕКТРЕ, см<sup>-1</sup>

Характер колебаний	HDO		D <sub>2</sub> O	
	пар	жидкость	пар	жидкость
Симметричные валентные	2724	2500	2672	2389
Антисимметричные валентные	3708	3400	2788	2550
Деформационные	—	—	1179	1208

Т. в. менее летуча, чем  $H_2O$ . Отношение значений давления паров  $H_2O$  и  $D_2O$  в интервале 277–387 К:  $\ln(p_{H_2O}^0/p_{D_2O}^0) = -70,87/T + 33630/T^2$ . Это отношение с ростом т-ры уменьшается до 1 при 498 К, при т-рах выше 498 К  $D_2O$  становится более летучей, чем  $H_2O$ . Давление пара HDO  $p_{HDO}^0 = \sqrt{p_{H_2O}^0 p_{D_2O}^0}$ . При постоянной т-ре коэф. разделения жидкость – пар для смеси  $H_2O + D_2O$   $\alpha = \sqrt{p_{H_2O}^0/p_{D_2O}^0}$  и не зависит от соотношения D/H;  $\alpha = 1,026$  (373 К),  $1,053$  (323 К). Смесей  $H_2O + D_2O$  практически ведут себя как идеальные р-ры.

Отношение значений давления паров  $D_2O$  и  $H_2O$  над твердой фазой в интервале 243–273 К  $\lg(p_{D_2O}^0/p_{H_2O}^0) = 0,0376 - 35,65/T$ . Давление пара Т. в. над кристаллогидратами солей на 10–20% ниже по сравнению с  $H_2O$ . Показатель преломления Т. в.  $n_D^{20}$  1,328300, молярная рефракция  $R$  3,679, поляризуемость  $1,45962 \cdot 10^{-24} \text{ см}^3$  при 293,15 К и длине волны 589,3 нм.

Р-римость, а также растворяющая способность  $D_2O$ , как правило, ниже, чем у  $H_2O$ , хотя известны и обратные эффекты. Так, р-римость в  $D_2O$  ниже, чем в  $H_2O$ , у сулемы при 0 °С на 42%,  $K_2Cr_2O_7$  при 5 °С на 33,5%,  $K_2SO_4$  при 25 °С на

20,5%. Р-римость D<sub>2</sub>O в орг. жидкостях по сравнению с H<sub>2</sub>O снижается при 25 °С в триэтиламинe на 30%, CS<sub>2</sub> на 21,0%, бензоле на 17%, CHCl<sub>3</sub> на 15%, хлорбензоле на 12%. Наблюдается также изменение критич. т-ры растворения, напр.: в системе C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>COOD – D<sub>2</sub>O на 22,4 К, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OD – D<sub>2</sub>O на 19,9 К.

Т. в. слабее ионизирована, чем H<sub>2</sub>O. Константа ионизации D<sub>2</sub>O при 298,15 К lg K = –14,71. Значения ε (78,06 при 298,15 К), дипольного момента (6,24 · 10<sup>-30</sup> Кл·м) и диамагнитной восприимчивости (при 293,15 К –1,295 · 10<sup>-5</sup>) D<sub>2</sub>O почти не отличаются от тех же величин для H<sub>2</sub>O. Подвижность ионов D<sub>3</sub>O<sup>+</sup> в одной и той же среде на 28,5% ниже, чем у H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, а OD<sup>-</sup> – на 39,8% ниже, чем у OH<sup>-</sup>. Для мн. др. ионов различие подвижностей в среде H<sub>2</sub>O и D<sub>2</sub>O составляет ок. 18%. Константа диссоциации слабых к-т и оснований снижается в D<sub>2</sub>O по сравнению с H<sub>2</sub>O, напр.: для уксусной к-ты 0,51 · 10<sup>-5</sup> в D<sub>2</sub>O и 1,76 · 10<sup>-5</sup> в H<sub>2</sub>O, для бензойной к-ты соотв. 1,95 · 10<sup>-5</sup> и 6,09 · 10<sup>-5</sup>.

Большая прочность связи D—O, чем H—O, обуславливает различия в кинетике р-ции Т. в. и воды. Протолиич. р-ции и биохим. процессы в D<sub>2</sub>O значительно замедлены. Однако существуют и такие р-ции, скорость к-рых в Т. в. выше, чем в H<sub>2</sub>O. В осн. это р-ции, катализируемые ионами D<sup>+</sup> и H<sup>+</sup> или OD<sup>-</sup> и OH<sup>-</sup>.

**Получение.** Т. в. для ядерной техники должна иметь концентрацию не менее 99,81 молярных % D<sub>2</sub>O. Совр. мировое произ-во составляет неск. тысяч т в год. Осн. страны-производители – Канада, США, Индия, Норвегия. Получают Т. в. выделением из воды или водорода с естеств. изотопным составом. Ввиду малости коэф. разделения и низкого содержания в сырье произ-во Т. в. разделяют на 2 стадии – начальное концентрирование (от прир. концентрации до 5–10% в пересчете на D<sub>2</sub>O) и конечное концентрирование (от 5–10% до 99,8% D<sub>2</sub>O). Осн. пром. способы на первой стадии: изотопный обмен между водой и H<sub>2</sub>S в двух-, трехступенчатой каскадной системе противоточных колонн по двухтемпературной схеме (см. *Изотопов разделение*); многоступенчатый электролиз воды в сочетании с катализат. изотопным обменом между водой и H<sub>2</sub>; низкотемпературная ректификация жидкого H<sub>2</sub> с послед. сжиганием D<sub>2</sub> с O<sub>2</sub>; изотопный обмен между H<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> в присут. KNH<sub>2</sub> и др. Для конечного концентрирования Т. в. в осн. используют ректификацию воды под вакуумом или электролиз.

Для определения концентрации D<sub>2</sub>O в воде используют денсиметрию (пикнометрич., поплавковый и капельный методы), катарометрию (по изменению теплопроводности), рефрактометрию, ИК спектроскопию, масс-спектрометрию и др. методы.

**Применение.** Т. в. – лучший замедлитель нейтронов; коэф. замедления нейтронов 5700, поперечное сечение захвата тепловых нейтронов 0,46 · 10<sup>-30</sup> м<sup>2</sup> (для воды соответствующие величины 61 и 0,33 · 10<sup>-28</sup> м<sup>2</sup>). Поэтому Т. в. применяют гл. обр. в качестве замедлителя нейтронов и теплоносителя в энергетич. и исследовательских ядерных реакторах на тепловых нейтронах (тяжеловодные реакторы). Перспективно использование Т. в. как источника D<sub>2</sub> для термоядерного синтеза. Т. в. – источник дейтронов в ускорителях частиц, изотопный индикатор, р-ритель в спектроскопии ЯМР.

Т. в. – яд, т. к. замедляет биол. процессы, действует угнетающе на живые организмы.

Т. в. открыта в 1932 Г. Юри, Ф. Брикведде и Дж. Мёрфи, впервые получена в чистом виде и изучена в 1933 Г. Льюисом и Р. Макдональдом.

**Лит.:** Киршибаум И., Тяжелая вода. Физические свойства и методы анализа, пер. с англ., М., 1953; Шатенштейн А. И., Изотопный анализ воды, 2 изд., М., 1957; Казавчинский Я. З. [и др.], Тяжелая вода, теплофизические свойства, М. – Л., 1963; Андреев Б. М., Зельвенский Я. Д., Каталийников С. Г., Тяжелые изотопы водорода в ядерной технике, М., 1987. *Я. Д. Зельвенский.*



**УАЙТ-СПИРИТ**, см. *Бензины-растворители, Нефтяные растворители.*

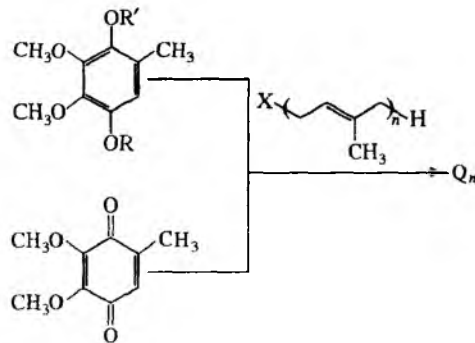
**УБИХИНОНЫ** (коферменты Q; Q<sub>n</sub>, КоQ<sub>n</sub>, 2,3-диметокси-5-метил-6-полипренилбензохиноны, ф-ла I), желтые или желто-оранжевые кристаллы (при n = 7–15) или красные маслообразные в-ва (n = 1–6), не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях: λ<sub>макс</sub> 270–275 нм (в зависимости от р-рителя).

В природе наиб. часто встречаются Q<sub>6</sub> – Q<sub>10</sub> с E-конфигурацией; организму человека свойствен Q<sub>10</sub>.

У. играют важную роль в биоэнергетике клетки большинства прокариот и всех эукариот. Осн. ф-ция У. – перенос электронов и протонов от разл. субстратов к цитохромам при *дыхании* и *окислительном фосфорилировании*. У., гл. обр. в восстановленной форме (убихинолы, Q<sub>n</sub>H<sub>2</sub>), выполняют ф-цию антиоксидантов. У. могут быть простетич. группой белков. Выделены Q-связывающие белки трех классов, действующие в дыхат. цепи на участках функционирования ферментов сукцинатаубихинонредуктазы, НАДН-убихинонредуктазы и цитохромов *v* и *c*<sub>1</sub>.

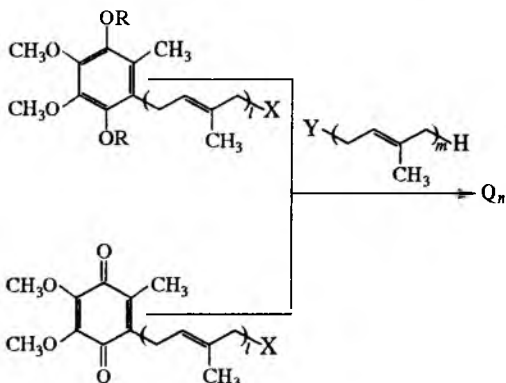
Биосинтез У. включает метаболич. превращения фенилаланина, тирозина и др. в 4-гидроксibenзойную к-ту (осн. предшественник ядра У.), построение полипренилпирофосфатной цепи, перенос ее к 4-гидроксibenзойной к-те (либо метаболитам норэпинефрина), последующие р-ции гидроксильирования, О- и С-метилирования.

Существуют два осн. пути хим. синтеза У. Один из них включает алкилирование полипренильной цепью 2,3-диметокси-5-метил-1,4-гидрохинона либо его моно- [R(R') = H, R'(R) = Alk, Ac] или диэфиров (R = R' = Alk, Ac) по р-ции Фриделя – Крафта, а также регио- и стереоселективное пренилирование бензохинонового ядра:



Стереоспецифич. синтез Q<sub>9</sub> и Q<sub>10</sub> можно осуществить на основе C<sub>45</sub>-изопреноидного спирта – соланезола и получаемого из него декапренола с участием алумосиликатных катализаторов в р-ции алкилирования. Соланезол содержится в табаке и нек-рых др. растениях.

Второй подход к хим. синтезу У. состоит в наращивании по терминальному звену полипренильной цепи нижшего прир. гомолога или синтетического У. в окисленной форме либо в виде диэфира Q<sub>n</sub>H<sub>2</sub> на недостающий пренильный фрагмент с помощью разл. р-ций С - С-сочетания:



X=Cl, Br, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>SO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub>; Y=CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>SO<sub>2</sub>, Br, Cl; R=Alk, Ac; l+m=n

Для пром. целей У. целесообразно выделять из биомассы микроорганизмов (бактерии, дрожжи, грибы и др.); разработаны эффективные биотехнол. методы произ-ва Q<sub>9</sub> и Q<sub>10</sub>.

Количественно У. определяют спектрофотометрически по различию абсорбции окисленной и восстановленной форм при 275 нм в р-ре этанола, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии и др. методами; для идентификации гомологов У. используют тонкослойную хроматографию с обращенной фазой, ЯМР и масс-спектрометрию. В УФ спектре для У. характерно смещение максимума поглощения от 275 нм (этанол) к 290 нм при добавлении NaBH<sub>4</sub> и изменение уд. показателя поглощения приблизительно в 3 раза.

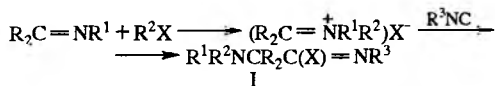
Препараты У. применяют для лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы (в т.ч. хронических), лечения детей с митральным пороком сердца, для уменьшения кардиотоксич. действия противоопухолевых антибиотиков и в качестве иммуномодулирующих ср-в.

Лит.: Обольникова Е. А., в кн.: Коферменты, под ред. В. А. Яковлева, М., 1973, с. 117-32; Коган Л. М., Обольникова Е. А., Самохвалов Г. И., «Хим. фарм. журнал», 1983, т. 17, № 4, с. 410-20; Моисеев А. М. [и др.], «Изв. АН СССР. Сер. хим.», 1989, № 7, с. 1612-15; Coenzyme Q, ed. by G. Lenaz, Chichester, 1985; Biomedical and clinical aspects of coenzyme Q, ed. by K. Folkers, Y. Yamamura, v. 1-5, Amst., 1977-86.

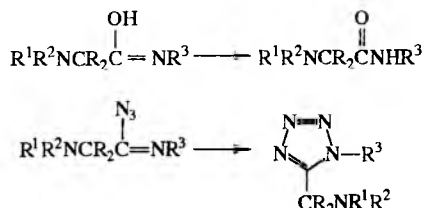
Е. А. Обольникова.

**УГАРНЫЙ ГАЗ**, то же, что *углерода оксид*.

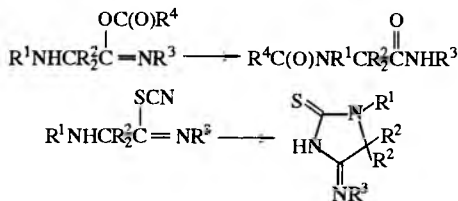
**УГИ РЕАКЦИЯ**, присоединение солей иммония к изонитрилам с дальнейшим превращением продукта присоединения (ф-ла I) в зависимости от характера группы X:



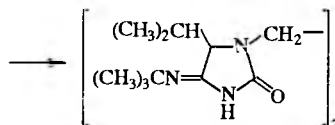
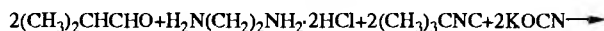
При X=OH, SeH, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и N<sub>3</sub> превращения соед. I осуществляются по схеме, напр.:



При X=NCO, SCN, OC(O)Alk и OC(O)OAlk происходят внутримол. превращения, затрагивающие аминогруппу, напр.:

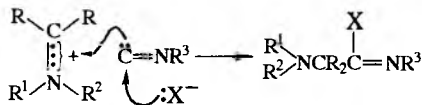


У. р. можно осуществлять постадийно или в одну стадию, добавляя в мягких условиях к трем исходным компонентам *Пассерини реакции* (изонитрилу, альдегиду или кетону и кислотной компоненте) четвертый - NH<sub>3</sub> или RNH<sub>2</sub>, напр.:

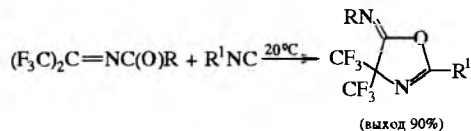


На практике в У. р. может вводиться и св. 4 компонентов. В качестве «кислотного» компонента в У. р. можно вводить карбоновые к-ты, аминокислоты, HN<sub>3</sub>, HNCO, H<sub>2</sub>O и др. (с использованием N-замещенных аминокислот получают, в частности, пептиды). Выходы обычно хорошие.

Механизм У. р. мало изучен. Считают, что образование соед. I осуществляется по схеме:



Помимо солей иммония в У. р. вступают мн. электроф. соед. со связями С=N. Наиб. активные из них (ацилизоцианаты и ацилимины перфторкетонов) реагируют с изонитрилами в отсутствие кислотного компонента, напр.:



У. р. широко используют в препаративной практике. Она открыта в 1960 И. Уги.

Лит.: Ugi I, Steinbrückner C., «Angew. Chem.», 1960, Bd 72, S. 267; Ugi I., «Newer Methods Prep. Org. Chem.», 1968, № 4, p. 1-36; его же, «Angew. Chem., Int. Engl. Ed.», 1982, № 21, p. 810. Г. И. Дрозд.

**УГЛЕВОДОРОДЫ**, орг. соед., молекулы к-рых состоят только из атомов С и Н. Различают алифатические, или ациклические, У. (см. *Алифатические соединения*), в молекулах к-рых углеродные атомы образуют линейные или разветвленные «открытые» цепи (напр., этан, изопрен), и циклические У., молекулы к-рых представляют собой циклы (кольца) из трех и более атомов углерода. Последние подразделяют на *алициклические соединения* (напр., циклогексан) и *ароматические соединения* (напр., бензол).

У.- важнейшие компоненты нефти, прир. газа, продуктов их переработки; широко используются как топливо, сырье для получения мн. хим. продуктов и др.

См. также *Ацетилен*, *Диеновые углеводороды*, *Насыщенные углеводороды*, *Нафтенны*.

А. А. Братков.

**УГЛЕВОДЫ** (сахара), обширная группа полигидроксикарбонильных соед., входящих в состав всех живых организмов; к У. относят также мн. производные, получаемые при хим. мо-

дификация этих соед. путем окисления, восстановления или введения разл. заместителей.

Термин «углеводы» возник потому, что первые известные представители У. по составу отвечали ф-ле  $C_mH_{2n}O_n$  (угле-род+вода); впоследствии были обнаружены природные У. с др. элементным составом.

**Классификация и распространение.** У. принято делить на *моносахариды, олигосахариды и полисахариды.*

Моносахариды обычно представляют собой полигидроксиальдегиды (альдозы) или полигидроксикетоны (кетозы) с линейной цепью из 3–9 атомов С, каждый из к-рых (кроме карбонильного) связан с группой ОН. Простейший моносахарид, *глицериновый альдегид*, содержит один асим. атом С и известен в виде двух оптич. антиподов (D и L). Прочие моносахариды имеют неск. асим. атомов С; их рассматривают как производные D- или L-глицеринового альдегида и относят к D- или L-ряду в соответствии с абс. конфигурацией асим. атома С, наиб. удаленной от карбонильной группы. Различия между изомерными моносахаридами в каждом ряду обусловлены относит. конфигурацией остальных асим. центров.

Характерное св-во моносахаридов в р-рах – *мутаротация*, т. е. установление таутомерного равновесия между ациклич. альдегидо- или кетоформой, двумя пятичленными (фуранозными) и двумя шестичленными (пиранозными) полуацетальными формами. Две пиранозы (как и две фуранозы) отличаются друг от друга конфигурацией ( $\alpha$  или  $\beta$ ) нового асим. (аномерного) центра, возникающего из карбонильного атома С при циклизации.

Полуацетальный (гликозидный) гидроксил циклич. форм моносахаридов резко отличается от прочих групп ОН моносахарида значительно большей склонностью к р-циям нуклеоф. замещения. Такие р-ции приводят к образованию *гликозидов* (остаток нуклеофила в гликозиде – напр. спирта, меркаптана – носит назв. агликон). В тех случаях, когда агликоном служит др. молекула моносахарида, образуются олиго- и полисахариды. При этом каждый остаток моносахарида может в принципе иметь пиранозную или фуранозную форму,  $\alpha$ - или  $\beta$ -конфигурацию гликозидного центра и быть связанным с любой из гидроксильных групп соседнего моносахарида. Поэтому число разл. по строению полимерных молекул, к-рые теоретически можно построить даже из остатков только одного моносахарида, представляет собой астрономич. величину.

К наиб. обычным и распространенным в природе моносахаридам относят D-глюкозу, D-галактозу, D-маннозу, D-фруктозу, D-силозу, L-арабинозу и D-рибозу. Из представителей др. классов моносахаридов часто встречаются: 1) *дезоксисахара*, в молекулах к-рых одна или неск. групп ОН заменены атомами Н (напр., L-рамноза, L-фуккоза, 2-дезоксид-D-рибоза); 2) *аминосахара*, где одна или неск. групп ОН заменены на аминогруппы (напр., 2-амино-2-дезоксид-D-глюкоза, или D-глюкозамин); 3) многоатомные спирты (полиолы, алдиты), образующиеся при восстановлении карбонильной группы моносахаридов (D-сорбит из D-глюкозы, D-маннит из D-маннозы, и др.); 4) *уроновые кислоты* – альдозы, у к-рых группа  $CH_2OH$  окислена в карбоксильную (напр., D-глюкуроновая к-та); 5) разветвленные сахара, содержащие нелинейную цепь углеродных атомов (напр., апиоза, или 3-C-гидрокси-метил-D-глицеро-тетроза; ф-ла I); 6) высшие сахара с длиной цепи более шести атомов С (напр., D-седоге-тулоза и сиаловые к-ты; ф-лы см. соотв. в статьях *Пентозо-фосфатный цикл* и *Моносахариды*).

За исключением D-глюкозы и D-фруктозы своб. моносахариды встречаются в природе редко. Обычно они входят в состав разнообразных гликозидов, олиго- и полисахаридов и м. б. получены из них после кислотного гидролиза. Разработаны многочисл. методы хим. синтеза редких моносахаридов исходя из более доступных.

Олигосахариды содержат в своем составе от 2 до 10–20 моносахаридных остатков, связанных гликозидными связями. Наиб. распространены дисахариды, выполняющие ф-цию запасных в-в: *сахароза* в растениях, *трегалоза* в насекомых и грибах, *лактоза* в молоке млекопитающих. Известны многочисл. гликозиды олигосахаридов, к к-рым относят разл. физиологически активные в-ва, напр. *гликозиды сердечные, нек-рые сапонины* (в растениях), мн. *антибиотики* (в грибах и бактериях), *гликолипиды*.

Полисахариды – высокомолекулярные соед., линейные или разветвленные молекулы к-рых построены из остатков моносахаридов, связанных гликозидными связями. В состав полисахаридов могут входить также заместители неуглеводной природы (остатки алифатич. к-т, фосфат, сульфат). В свою очередь цепи высших олигосахаридов и полисахаридов могут присоединяться к полипептидным цепям с образованием *гликопротеинов*.

Особую группу составляют биополимеры, в молекулах к-рых остатки полиолов, гликозилполиолов, нуклеозидов или моно- и олигосахаридов соединены не гликозидными, а фосфоэфирными связями. К этой группе относят *тейхоевые кислоты* бактерий, компоненты клеточных стенок нек-рых дрожжей, а также *нуклеиновые кислоты*, в основе к-рых лежит поли-D-рибозофосфатная (РНК) или поли-2-дезоксид-D-рибозофосфатная (ДНК) цепь.

**Физико-химические свойства.** Обилие полярных функц. групп в молекулах моносахаридов приводит к тому, что эти в-ва легко раств. в воде и не раств. в малополярных орг. р-рителях. Способность к таутомерным превращениям обычно затрудняет кристаллизацию моно- и олигосахаридов, однако если такие превращения невозможны (напр., как в гликозидах и невосстанавливающих олигосахаридах типа сахарозы), то в-ва кристаллизуются легко. Мн. гликозиды с малополярными агликонами (напр., сапонины) проявляют св-ва ПАВ.

Полисахариды – гидрофильные полимеры, мн. из них образуют высоковязкие водные р-ры (растит. слизи, гиалуриновая к-та; ф-лу последней см. в ст. *Мукополисахариды*), а в ряде случаев (в результате своеобразной межмолекулярной ассоциации) – прочные гели (*агар, альгиновые кислоты, каррагинаны, пектины*). Нек-рые полисахариды образуют высокоупорядоченные надмолекулярные структуры, препятствующие гидратации отдельных молекул; такие полисахариды (напр., *хитин, целлюлоза*) не раств. в воде.

**Биологическая роль.** Ф-ции углеводов в живых организмах чрезвычайно многообразны. В растениях моносахариды являются первичными продуктами *фотосинтеза* и служат исходными соед. для биосинтеза гликозидов и полисахаридов, а также др. классов в-в (аминокислот, жирных к-т, фенолов и др.). Эти превращения осуществляются ферментами, субстратами для к-рых служат, как правило, богатые энергией фосфорилыр. производные сахаров, гл. обр. нуклеозиддифосфатсахара.

У. запасаются в растениях (в виде *крахмала*), животных, бактерий и грибах (в виде *гликогена*), где служат энергетич. резервом. Источником энергии являются р-ции расщепления глюкозы, образующейся из этих полисахаридов, по гликоли-тич. или окислит. пути (см. *Гликолиз*). В виде гликозидов в растениях и животных осуществляется транспорт разл. метаболитов. Полисахариды и более сложные углеводсодержащие полимеры выполняют в живых организмах опорные ф-ции. Жесткая клеточная стенка у высших растений представляет собой сложный комплекс из целлюлозы, *гемилцеллюлоз* и пектинов. Армирующим полимером в клеточной стенке бактерий служат *пептидогликаны* (муренины), а в клеточной стенке грибов и наружных покровах членистоногих – хитин. В организме животных опорные ф-ции выполняют *протеогликаны* соединит. ткани, углеводная часть молекул к-рых представлена сульфатир. мукополисахаридами. Эти в-ва участвуют в обеспечении специфич. физ.-хим. св-в таких тканей, как кости, хрящи, сухожилия, кожа. Будучи гидрофильными полианионами, эти полисахариды способствуют также поддержанию водного баланса и избират. ионной проница-

емости клеток. Аналогичные ф-ции в морских многоклеточных водорослях выполняют сульфатир, галактаны (красные водоросли) или более сложные сульфатир, гетерополисахариды (бурые и зеленые водоросли); в растущих и сочных тканях высших растений эту ф-цию выполняют пектины.

Особенно ответственна роль сложных У. в образовании клеточных пов-стей и мембран и придании им специфич. св-в. Так, гликолипиды – важнейшие компоненты мембран нервных клеток и оболочек эритроцитов, а *липополисахариды* – наружной оболочки грамотрицат. бактерий. У. клеточной пов-сти часто определяют специфичность иммунологич. р-ций (групповые в-ва крови, бактериальные антигены) и взаимод. клеток с вирусами. Углеводные структуры принимают участие и в др. высокоспецифич. явлениях клеточно-взаимод., таких, как оплодотворение, узнавание клеток при тканевой дифференциации, отторжение чужеродных тканей и т. д.

**Практическое использование.** У. составляют главную часть пищ. рациона человека, в связи с чем широко используются в пищ. и кондитерской пром-сти (крахмал, сахароза и др.). Кроме того, в пищ. технологии применяют структурир. в-ва полисахаридной природы, не имеющие сами по себе пищ. ценности, – гелеобразователи, загустители, стабилизаторы суспензий и эмульсий (альгинаты, агар, пектины, растит. галактоманнаны и др.).

Преращения моносахаридов при спиртовом брожении лежат в основе процессов получения этанола, пивоварения, хлебопечения; др. виды брожения позволяют получать из сахаров биотехнол. методами глицерин, молочную, лимонную, глюконовую к-ты и мн. др. в-ва.

Глюкозу, аскорбиновую к-ту, углеводсодержащие антибиотик, *гепарин* широко применяют в медицине. Целлюлоза служит основой для получения вискозного волокна, бумаги, нек-рых пластмасс, ВВ и др. Сахарозу и растит. полисахариды рассматривают как перспективное возобновляемое сырье, способное в будущем заменить нефть в пром. орг. синтезе. Моносахариды используют в качестве доступных хиральных исходных соед. для синтеза сложных прир. в-в неуглеводной природы.

*Лит.:* Химия углеводов, М., 1967; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 11, М., 1986, с. 127–299.

А. И. Усов.

**УГЛЕГРАФИТОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ**, техн. материалы на основе прир. или синтетич. *графита*. Характеризуются высокой жаростойкостью (до 3700 °С при давлении до 20 ГПа), высокой прочностью при повыш. т-рах, окислит. стойкостью на воздухе, в паро-воздушной и агрессивных неокислит. средах; нек-рые У. м. обладают также высоким (до 800 ГПа) модулем упругости.

К У. м. обычно относятся *кокс каменноугольный, кокс нефтяной*, разл. виды графита, стеклоуглерод, *углерод-углеродные материалы, углеродные волокна, технический углерод (сажа)*.

Для получения большинства У. м. используют в-ва с большим содержанием углерода – кам.-уг. и нефтяные пеки, полиэфирные смолы, целлюлозу, полиакрилонитрил и др. Поскольку физ.-хим. св-ва У. м. зависят гл. обр. от степени упорядочения в объеме материала кристаллов графита, исходное соед. подвергают термич. обработке. На первом этапе после дробления орг. соед. подвергают термич. разложению при 500–1500 °С в инертной или восстановит. среде (стадия т. наз. карбонизации). Дальнейшая обработка при 2000–2800 °С приводит к образованию в материале гексагон. структуры графита (стадия графитации). Полученные таким образом заготовки У. м. содержат не менее 99% углерода и имеют плотн. 1,9–2,0 г/см<sup>3</sup>. Детали из них формуют прессованием, продавливанием через мундштук и др. способами. Нек-рые св-ва наиб. распространенных У. м. представлены в таблице.

Стеклоуглерод – твердый продукт карбонизации отвержденных терморезистивных смол (напр., феноло-формальд.), целлюлозы, ароматич. углеводородов и др. в-в, к-рые, минуя жидкую фазу, превращаются в карбонизованные продукты. Процесс осуществляют медленным нагревом в-в в восстановит. или инертной среде, иногда с введением наполнителей (напр., сажи). При т-ре выше т-ры графитации стеклоуглерод сохраняет мелкокристаллич. изотропную структуру, устойчив к диффузии неуглеродных примесей (напр., металлов). Изделия из него получают прессованием или литьем. Как особо чистый материал стеклоуглерод используют гл. обр. при изготовлении электродов для электрохим. произ-в, термостойкой хим. посуды для вакуумного испарения металлов, тиглей для выращивания монокристаллов полупроводников.

У. м. применяют в качестве конструкц., жаростойких (для оснастки и футеровки высокотемпературных электронагреват. печей) и фрикционных (в авиатехнике) материалов, для изготовления нагревателей, абсорберов, углепластиков и др.

*Лит.:* Финалков А. С., Формирование структуры и свойств углеграфитовых материалов, М., 1965; Веселовский В. С., Угольные и графитовые конструкционные материалы, М., 1966; Ядерный графит, М., 1967; Мармер Э. Н., Углеграфитовые материалы, М., 1973; Рогаяллин М. И., Чадых Е. Ф., Справочник по углеграфитовым материалам, Л., 1974; Финалков А. С., Углеграфитовые материалы, М., 1979; Рекристаллизованный графит, М., 1979; Искусственный графит, М., 1986; Графитация и алмазообразование, М., 1991.

С. А. Колесников.

**УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ**, то же, что *углерода диоксид*.

**УГЛЕМАСЛЯНЫЕ СМЕСИ**, горючие суспензии порошкообразного угля в нефтяном масле, нефти или мазуте. Перемешивание измельченного угля с ними осуществляется в смесителях с пропеллерными мешалками. Оптич. эксплуатаци. св-вами обладают У. с., содержащие 25–30% по массе угля со средним диаметром частиц 0,07–0,20 мм; при концентрации угля 20% вязкость смеси (при 20 °С) составляет 300–400, при 40% – 1000–1500 мм<sup>2</sup>/с. По реологич. св-вам У. с., содержа-

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УГЛЕГРАФИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Показатель	Материал					
	Графит эрозионностойкий	Графит антифрикцион- ный	Графит рекристаллизован- ный	Графит слипцованный	Пирографит	Стеклоуглерод
Кажущаяся плотн., г/см <sup>3</sup> .....	1,90	1,80	2,20	2,50	2,20	1,49
Открытая пористость, %	5	10	1,0	0,5	0,5	0,1
Предельная прочность, МПа						
на растяжение.....	15	20	21	70	32	52
на сжатие.....	65	100	51	450	62	260
на изгиб.....	25	50	58	120	120	84
Теплопроводность (300 К), Вт/(м·К)						
перпендикулярно оси прессования.....	200	58	226	170	2,2*	7
параллельно оси прессования.....	130	—	75	—	330*	7
Температурный коэф. линейного расши- рения, К <sup>-1</sup>						
перпендикулярно оси прессования.....	5,9·10 <sup>-6</sup>	4,6·10 <sup>-6</sup>	2,0·10 <sup>-6</sup>	4,2·10 <sup>-6</sup>	25·10 <sup>-6*</sup>	4,4·10 <sup>-6</sup>
параллельно оси прессования.....	6,2·10 <sup>-6</sup>	5,3·10 <sup>-6</sup>	10·10 <sup>-6</sup>	—	1,7·10 <sup>-6*</sup>	4,4·10 <sup>-6</sup>
Модуль Юнга, МПа.....	0,88·10 <sup>4</sup>	1,3·10 <sup>4</sup>	1,1·10 <sup>4</sup>	12,7·10 <sup>4</sup>	2,9·10 <sup>4</sup>	3,2·10 <sup>4</sup>

\* Относительно пов-сти осаждения.

щие менее 40% угля, — ньютоновские жидкости, более 40% — неньютоновские. Для улучшения технол. св-в в У. с. вводят 0,15–1,0% ПАВ (напр., стеарат Na, гидроксиметил- или гидроксипропилцеллюлоза, поливиниловый спирт, полиакриламид); смеси с ПАВ сохраняют стабильность при хранении до 1,5–5,0 мес.

У. с. — один из видов топливных смесей (см. *Альтернативные топлива*), применяемых преим. в качестве котельных и печных топлив вместо мазута и угля на тепловых электростанциях и речном транспорте, в металлургии (для замены кокса, при выплавке чугуна), реже — топлив для малооборотных дизелей. У. с. хорошо транспортируются по трубопроводам, легко воспламеняются и распыляются топочными форсунками, имеют высокую теплоту сгорания; недостатки — высокотемпературная коррозия камер сгорания и износ узлов дизельных двигателей из-за высокой зольности углей.

Лит.: Шкалик В. П., Патриархальцев Н. Н., Применение традиционных топлив в дизелях, М., 1986; Терентьев Г. А., Тюков В. М., Смалъ Ф. В., Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов, М., 1989; Norman W., Coal-oil mixture technology, Adv Arbot, 1982.

В. Г. Спиркин.

**УГЛЕПЛАСТИКИ** (углепласты, углеродопласты), композиционные, гл. обр. полимерные, материалы, армированные наполнителями из *углеродных волокон*. Связующее (матрица) в У. — преим. термореактивные синтетич. смолы (эпоксидные, фенольные, полиэфирные, полиимидные и др.), термопласты (полиамиды, поликарбонаты, полисульфоны, полиэфир и др.). Наполнители — углеродные нити, жгуты, ленты, ткани, маты, короткие рубленые волокна. Материалы на основе углеродных волокон и углеродной матрицы наз. *углерод-углеродными материалами*.

Наиб. значение имеют У. на основе непрерывных высокопрочных и высокоэластичных (модуль упругости выше 150 ГПа) углеродных волокон. Они характеризуются низкой плотностью, высокой прочностью, высоким модулем упругости (см. табл.), статич. и динамич. выносливостью, вибропрочностью, повышенной хим. и радиац. стойкостью, теплопроводностью, практически нулевым коэф. линейного расширения.

**СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УГЛЕПЛАСТИКОВ НА ОСНОВЕ НЕПРЕРЫВНЫХ ВОЛОКОН И УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ**

Показатель	Углепластики на основе эпоксидного и полиимидного связующих с ориентир. нитями, жгутами, лентами		Углерод-углеродные композиты с нитями, жгутами	
	однонаправленные*	перекрестные 1:1*	однонаправленные**	перекрестные 1:1*
Плотн., г/см <sup>3</sup>	1,45–1,50	1,4–1,5	1,50–1,55	1,4–1,8
Прочность, МПа				
при растяжении	800–1700	500–900	2500–3000	200–700
при изгибе	1000–2000	800–1200	—	400–700
при сжатии	700–1200	500–800	1200–1600	100–300
Модуль упругости, ГПа	120–150	65–85	150–160	120–160

\*Углеродное волокно прочностью 2800–3200 МПа, модуль упругости 220–250 ГПа. \*\*Углеродное волокно прочностью 5700 МПа, модуль упругости 330 ГПа.

Для У. с ориентированным (однонаправленным, перекрестным или пространственно армированным) расположением высокоэластичных волокон коэф. теплопроводности 0,75–0,90 Вт/(м·К), коэф. температуропроводности  $(5–8) \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с, уд. теплоемкость 0,8–1,5 кДж/(кг·К). Температурный коэф. линейного расширения однонаправленного У. вдоль волокон  $(-0,5–0,5) \cdot 10^{-6}$  К<sup>-1</sup>. Электропроводящие св-ва У. такие же, как и у исходных углеродных волокон.

Изделия из У. изготавливают теми же методами, что и *стеклопластики* (см. также *Полимерных материалов переработка*).

У. — конструкц. материалы в авиакосмич. технике, автомобилестроении, судостроении, машиностроении, мед. технике, при изготовлении спортивных товаров, протезов; углерод-уг-

леродные композиты — конструкц. и теплозащитные материалы в авиакосмич. технике, машиностроении, при изготовлении нагреват. элементов в электротехнике; в инертной среде работают при т-ре до 2500 °С.

Лит.: Кошкин А. А., Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы, М., 1974; Костиков В. И., Дергунова В. С., Композиционные материалы на основе углерода, М., 1978; Углеродные волокна и углеродные композиты, под ред. Э. Фитцера, пер. с англ., М., 1988; Справочник по композиционным материалам, под ред. Дж. Любина, пер. с англ., кн. 1–2, М., 1988.

В. Н. Тюкаев.

**УГЛЕРОД** (Carboneum) С, хим. элемент IV гр. периодич. системы, ат. н. 6, ат. м. 12,011. Природный У. состоит из двух стабильных изотопов — <sup>12</sup>С (98,892%) и <sup>13</sup>С (1,108%). Сечение захвата тепловых нейтронов  $3,5 \cdot 10^{-31}$  м<sup>2</sup>. В атмосфере присутствует радиоактивный нуклид <sup>14</sup>С (β-излучатель, T<sub>1/2</sub> 5730 лет). Он постоянно образуется в ниж. слоях стратосферы в результате воздействия нейтронов космич. излучения на ядра азота по р-ции: <sup>14</sup>N (n, p) <sup>14</sup>С. Конфигурация внеш. электронной оболочки атома У. 2s<sup>2</sup>2p<sup>2</sup>; степени окисления +4, —4, редко +2 (СО, карбонилы металлов), +3 (С<sub>2</sub>N<sub>2</sub>, галогенцианы); средство к электрону 1,27 эВ; энергии ионизации при последоват. переходе от С<sup>0</sup> к С<sup>4+</sup> соотв. 11,26040, 24,383, 47,871 и 64,19 эВ; электроотрицательность по Полингу 2,5; атомный радиус 0,077 нм, ионный радиус С<sup>4+</sup> (в скобках даны координац. числа) 0,029 нм (4), 0,030 нм (6).

Содержание У. в земной коре 0,48% по массе. Свободный У. находится в природе в виде *алмаза* и *графита*. Осн. масса У. встречается в виде *карбонатов природных* (известняки и доломиты), *горючих ископаемых* — *антрацит* (94–97% С), *бурые угли* (64–80% С), *каменные угли* (76–95% С), *горючие сланцы* (56–78% С), *нефть* (82–87% С), *газы природные горючие* (до 99% СН<sub>4</sub>), *торф* (53–62% С), а также *битумы* и др. В атмосфере и гидросфере У. находится в виде *углерода диоксида* СО<sub>2</sub>, в воздухе 0,046% СО<sub>2</sub> по массе, в водах рек, морей и океанов в ~60 раз больше. У. входит в состав растений и животных (~18%). Кругооборот У. в природе включает биол. цикл, выделение СО<sub>2</sub> в атмосферу при сгорании ископаемого топлива, из вулканич. газов, горячих минер. источников, из поверхностных слоев океанич. вод и др. Биол. цикл состоит в том, что У. в виде СО<sub>2</sub> поглощается из тропосферы растениями, затем из биосферы вновь возвращается в геосферу: с растениями У. попадает в организм животных и человека, а затем при гниении животных и растит. материалов — в почву и в виде СО<sub>2</sub> — в атмосферу.

В паровом состоянии и в виде соед. с азотом и водородом У. обнаружен в атмосфере Солнца, планет, он найден в каменных и железных метеоритах.

Большинство соединений У., и прежде всего *углеводороды*, обладают ярко выраженным характером ковалентных соединений. Прочность простых, двойных и тройных связей атомов У. между собой, способность образовывать устойчивые цепи и циклы из атомов С обуславливают существование огромного числа углеродсодержащих соед., изучаемых *органической химией*.

**Свойства.** Основные и хорошо изученные кристаллич. модификации У. — алмаз и графит. При нормальных условиях термодинамически устойчив только графит, а алмаз и др. формы метастабильны. При атм. давлении и т-ре выше 1200 К алмаз начинает переходить в графит, выше 2100 К превращение совершается за секунды; ΔH<sup>0</sup> перехода — 1,898 кДж/моль. При нормальном давлении У. сублимируется при 3780 К. Жидкий У. существует только при определенном внеш. давлении. Тройные точки: графит — жидкость — пар Т = 4130 К, p = 12 МПа; графит — жидкость — алмаз Т = 4100, p = 12,5 ГПа. Прямой переход графита в алмаз происходит при 3000 К и давлении 11–12 ГПа.

При давлениях выше 60 ГПа предполагают образование весьма плотной модификации У. III (плотность на 15–20% выше плотности алмаза), имеющей металлич. проводимость. При высоких давлениях и относительно низких т-рах (ок. 1200 К) из высокоориентир. графита образуется гексагон. модификация У. с кристаллич. решеткой типа вюрцита — лонсдейлит (a = 0,252 нм, c = 0,412 нм, пространств.



группа  $P6_3/mmc$ , плотн.  $3,51 \text{ г/см}^3$ , т. е. такая же, как у алмаза. Лонсдейлит найден также в метеоритах.

Кристаллич. модификация У. гексагон. сингонии с цепочечным строением молекул наз. карбин. Цепи имеют либо полииновое строение ( $-C \equiv C-$ ), либо поликумуленовое ( $=C=C=$ ). Известно неск. форм карбина, отличающихся числом атомов в элементарной ячейке, размерами ячеек и плотностью ( $2,68-3,30 \text{ г/см}^3$ ). Карбин встречается в природе в виде минерала чаюита (белые прожилки и вкрапления в графите) и получен искусственно – окислит. дегидрополиконденсацией ацетилена, действием лазерного излучения на графит, из углеводородов или  $CCl_4$  в низкотемпературной плазме.

В основе строения аморфного У. лежит разупорядоченная структура мелкокристаллич. (всегда содержит примеси) графита. Это кокс (см. *Кокс каменноугольный, Кокс нефтяной, Кокс пековый*), бурый и каменные угли, сажа (см. *Технический углерод*), активный уголь. У. известен также в виде кластерных частиц  $C_{60}$  и  $C_{70}$  (фуллерены).

При обычных т-рах У. химически инертен, при достаточно высоких соединяется со мн. элементами, проявляет сильные восстановит. св-ва. Хим. активность разных форм У. убывает в ряду: аморфный У., графит, алмаз, на воздухе они воспламеняются при т-рах соотв. выше  $300-500^\circ\text{C}$ ,  $600-700^\circ\text{C}$  и  $850-1000^\circ\text{C}$ . Продукты горения – углерод оксид СО и диоксид  $CO_2$ . Известны также неустойчивый оксид  $C_3O_2$  (т. пл.  $-111^\circ\text{C}$ , т. кип.  $7^\circ\text{C}$ ) и нек-рые др. оксиды. Графит и аморфный У. начинают реагировать с  $H_2$  при  $1200^\circ\text{C}$ , с  $F_2$  – соотв. выше  $900^\circ\text{C}$  и при комнатной т-ре. Графит с галогенами, щелочными металлами и др. в-вами образует соединения включения (см. *Графитовые соединения*). При пропускании электрич. разряда между угольными электродами в среде  $N_2$  образуется циан, при высоких т-рах взаимодействием У. со смесью  $H_2$  и  $N_2$  получают синильную кислоту. С серой У. дает сероуглерод  $CS_2$ , известны также  $CS$  и  $C_3S_2$ . С большинством металлов, В и Si У. образует карбиды. Важна в пром-сти р-ция У. с водяным паром  $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$  (см. *Газификация твердых топлив*). При нагревании У. восстанавливает оксиды металлов до металлов, что широко используется в металлургии.

О применении У. см. вышеперечисл. статьи, а также см. *Углеродные материалы, Углепластики* и др.

У. входит в состав атм. аэрозолей, в результате чего может изменяться региональный климат, уменьшаться кол-во солнечных дней. Частицы У. поглощают солнечное излучение, что может вызвать нагревание пов-сти Земли. У. поступает в окружающую среду в виде сажи в составе выхлопных газов автотранспорта, при сжигании угля на ТЭС, при открытых разработках угля, подземной его газификации, получении угольных концентратов и др. Концентрация У. над источниками горения  $100-400 \text{ мкг/м}^3$ , крупными городами  $2,4-15,9 \text{ мкг/м}^3$ , сельскими р-нами  $0,5-0,8 \text{ мкг/м}^3$ . С газоаэрозольными выбросами АЭС в атмосферу поступает  $(6-15) \cdot 10^9 \text{ Бк/сут } ^{14}CO_2$ .

Высокое содержание У. в атм. аэрозолях ведет к повышению заболеваемости населения, особенно верх. дышат. путей и легких. Проф. заболевания – в осн. антракоз и пылевой бронхит. В воздухе рабочей зоны ПДК,  $\text{мг/м}^3$ : алмаз 8,0, антрацит и кокс 6,0, каменный уголь 10,0, технический У. и углеродная пыль 4,0; в атм. воздухе для сажи макс. разовая  $0,15$ , среднесуточная  $0,05 \text{ мг/м}^3$ .

Токсич. действие  $^{14}C$ , вошедшего в состав молекул белков (особенно в ДНК и РНК), определяется радиац. воздействием  $\beta$ -частиц и ядер отдачи азота ( $^{14}C \xrightarrow{\beta} ^{14}N$ ) и трансмутац. эффектом – изменением хим. состава молекулы в результате превращения атома С в атом N. Допустимая концентрация  $^{14}C$  в воздухе рабочей зоны ДКА  $1,3 \text{ Бк/л}$ , в атм. воздухе ДКБ  $4,4 \text{ Бк/л}$ , в воде  $3,0 \cdot 10^4 \text{ Бк/л}$ , предельно допустимое поступление через органы дыхания  $3,2 \cdot 10^8 \text{ Бк/год}$ .

У. в виде древесного угля применялся в глубокой древности для выплавки металлов. Издавна известны алмаз и графит.

Элементарная природа У. установлена А. Лавуазье в кон. 1780-х гг.

Лит.: Химия гиперкоординированного углерода, пер. с англ., М., 1990; Kirk – Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 4, N. Y., 1978, p. 556-709.

Я. А. Калашников.

**УГЛЕРОД ТЕХНИЧЕСКИЙ** (сажа), продукт термич. разложения углеводородов. См. *Технический углерод*.

**УГЛЕРОДА ДИОКСИД** (углекислый газ, угольный ангидрид)  $CO_2$ , мол. м. 44,01; бесцв. газ с кислотным запахом и вкусом. Молекула  $CO_2$  имеет линейную конфигурацию, длина связи  $C-O$  в своб. молекуле  $0,113 \text{ нм}$ , в твердом У. д.  $0,105 \text{ нм}$ . Тройная точка:  $-56,6^\circ\text{C}$ ,  $0,52 \text{ МПа}$ ;  $t_{\text{крист}} 31,3^\circ\text{C}$ ,  $\rho_{\text{крист}} 7,36 \text{ МПа}$ ; т. возг.  $-78,5^\circ\text{C}$  ( $0,1 \text{ МПа}$ ). Для газа: плотн.  $1,9768 \text{ г/л}$  ( $0^\circ\text{C}$ ,  $0,1 \text{ МПа}$ );  $C_p^0 34,57 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$ ;  $\Delta H_{\text{обр}}^0 -393,51 \text{ кДж/моль}$ ;  $S_{298}^0 213,67 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$ ;  $\eta 1,39 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{c}$  ( $0^\circ\text{C}$ ,  $1 \text{ МПа}$ ).

При  $20^\circ\text{C}$  и давлении  $5,7 \text{ МПа}$  У. д. сжимается в бесцв. жидкость; плотн.  $0,925 \text{ кг/дм}^3$  ( $0^\circ\text{C}$ ,  $3,554 \text{ МПа}$ );  $\eta 8,5 \cdot 10^{-5} \text{ Па} \cdot \text{c}$  ( $10^\circ\text{C}$ ,  $5,7 \text{ МПа}$ );  $\Delta H_{\text{исп}}^0 5,27 \text{ кДж/моль}$  ( $6,34 \text{ МПа}$ ). При нормальном давлении и т-ре  $-78,5^\circ\text{C}$  У. д. кристаллизуется в белую снегоподобную массу; кристаллич. решетка кубич. гранцентрированная ( $a = 0,563 \text{ нм}$ ,  $z = 4$ , пространств. группа  $Pa\bar{3}$ ); плотн.  $1,56 \text{ г/см}^3$  ( $-78,5^\circ\text{C}$ ).

У. д. термически весьма устойчив; диссоциация  $2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$  начинается ок.  $1200^\circ\text{C}$ ; при  $2600^\circ\text{C}$  распадается ок. 50%, а при  $2800^\circ\text{C}$  – ок. 75%  $CO_2$ . Р-римость  $CO_2$  в воде при нормальном давлении, мл в 100 мл:  $171$  ( $0^\circ\text{C}$ ),  $102$  ( $15^\circ\text{C}$ ),  $66$  ( $30^\circ\text{C}$ ),  $36$  ( $60^\circ\text{C}$ ). В коллоидных водных р-рах орг. в-в р-римость  $CO_2$  значительно выше из-за его адсорбции на коллоидных частицах. Жидкий У. д. хорошо раств. в эфире и низших спиртах, но почти не растворяет к.-л. твердые в-ва. С водой У. д. образует угольную кислоту.

У. д. обладает св-вами кислотных оксидов, взаимодей. с оксидами и гидроксидами щелочных и щел.-зем. металлов, давая карбонаты. При высокой т-ре  $CO_2$  окисляет сильно электроположит. металлы (K, Mg, Zn и др.), напр.:  $2Mg + CO_2 \rightarrow 2MgO + C$ . При пропускании  $CO_2$  над раскаленным углем образуется углерода оксид (р-ция Будуара):  $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$ , эта р-ция очень важна в металлургии. О р-циях с орг. в-вами см. *Карбоксилирование*.

В технике У. д. получают при горении углерода и орг. в-в, как побочный продукт при обжиге известняка (образующийся при этом  $CO_2$  сильно загрязнен азотом), выделением из коксового газа, а также из дымовых газов обычных котельных установок. Пром. значение имеет также У. д., образующийся при спиртовом брожении. В нек-рых местностях для добычи  $CO_2$  используют прир. источники газа и сильно минерализованные воды, пересыщенные У. д. В лабораториях У. д. получают разложением  $CaCO_3$ ,  $NaHCO_3$  или  $Na_2CO_3$  соляной либо серной к-той. Для произ-ва жидкого У. д. используют газ с содержанием  $CO_2$  выше 95%. После сжатиия и охлаждения жидкий  $CO_2$  разливают в стальные баллоны серого цвета. Твердый У. д. («сухой лед») получают частичным испарением жидкого  $CO_2$ .

У. д. содержится в атмосфере ( $0,03\%$  по объему), морской воде (ок.  $90 \text{ г в } 1 \text{ м}^3$ ), водах минер. источников (особенно вблизи вулканов), литосфере в форме минералов – карбонатов (кальцит, доломит и др.). У. д. образуется при горении и гниении орг. в-в, сжигании топлива, при дыхании животных и человека, ассимилируется растениями, играя важную роль в фотосинтезе.

У. д. используют в пищ. пром-сти в произ-ве сахара, пива, газированных вод, шипучих вин, в медицине для приготовления углекислых ванн, для тушения пожаров, в качестве нагнетающего газа для перекачки огнеопасных жидкостей, для консервации пищ. продуктов ( $CO_2$  не поддерживает жизнедеятельность бактерий и плесеней), обогащения воздуха в теплицах (способствует росту растений и повышению урожайности), как пропеллент в бытовой химии. Твердый У. д. – хладагент, к-рый дает больший охлаждающий эффект, чем водяной лед, испаряется без остатка и не вызывает коррозии оборудования. У. д. применяют для произ-ва мочевины

$[\text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 \longrightarrow \text{H}_2\text{COONH}_4 \longrightarrow \text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O}]$ , соды по методу Сольвея ( $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ ), метанола ( $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ ), гидроксикарбоновых к-т (напр., салициловой), для очистки рассолов  $\text{NaCl}$ .

При концентрации У.д. в воздухе 0,25–1% у человека изменяется ф-ция дыхания и кровообращения, при 2,5–5% наблюдается головная боль, раздражение верх. дыхат. путей и др., при 7% учащается сердцебиение, появляются рвота, головокружение и др. При высоких концентрациях У.д. в воздухе наступает смерть от остановки дыхания (при 20% через неск. секунд). Отравления У.д. возможны при очистке бродильных чанов и цистерн для хранения вина, винных бочек, на складах зерна, в овощехранилищах и силосных башнях, в погребах с гнилым и проросшим картофелем (вплоть до смертельного исхода), при очистке канализационных и водопроводных труб, при работе с сухим льдом и др.

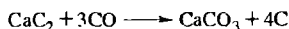
Я. А. Калашиников.

**УГЛЕРОДА ОКСИД** (монооксид углерода, угарный газ)  $\text{CO}$ , мол.м. 28,01; газ без цвета и запаха. Связь в молекуле  $\text{CO}$  тройная, длина связи 0,113 нм, энергия диссоциации 1071,78 кДж/моль,  $\mu$   $0,4 \cdot 10^{-30}$  Кл·м. Т.пл.  $-205,02^\circ\text{C}$ , т.кип.  $-191,50^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{крит}}$   $-140,2^\circ\text{C}$ ,  $P_{\text{крит}}$  3,48 МПа; плотн. 1,25 г/дм<sup>3</sup> ( $0^\circ\text{C}$ );  $C_p^0$  29,14 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  8,37 кДж/моль и  $\Delta H_{\text{вод}}^0$  7,3581 кДж/моль при  $-205,02^\circ\text{C}$  и 0,015 МПа,  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  6,0342 кДж/моль ( $-191,50^\circ\text{C}$ , 0,1 МПа),  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $-110,53$  кДж/моль,  $\Delta H_{\text{гор}}^0$   $-283,0$  кДж/моль;  $S_{298}^0$  197,55 Дж/(моль·К). Твердый  $\text{CO}$  кристаллизуется в кубич. решетке ( $a = 0,563$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа  $P2_13$ ); ниже  $-211,59^\circ\text{C}$  существует гексагон. модификация,  $\Delta H$  перехода 631,6 Дж/моль. Р-имость в воде при 0,1 МПа, мл в 100 мл: 3,3 ( $0^\circ\text{C}$ ), 2,32 ( $20^\circ\text{C}$ ). Раств. в этаноле (20,4 мл в 100 мл при  $0,25^\circ\text{C}$ , 0,1 МПа), бензоле,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , соляной и уксусной к-тах.

У. о. – несолеобразующий оксид. При повыш. т-рах он реагирует с щелочами:



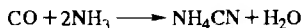
Однако в образующихся формиатах и  $\text{CO}$  природа хим. связи различна, и У. о. нельзя считать ангидридом  $\text{HCOOH}$ . Эту р-цию, а также р-цию



иногда применяют для удаления У. о. из техн. газов, напр. при получении чистого  $\text{H}_2$  из синтез-газа. У. о. в присут. разл. катализаторов при повыш. т-ре реагирует с  $\text{NH}_3$ , давая разные продукты. Так, в присут.  $\text{Pt}$  образуется цианат аммония  $\text{NH}_4\text{NCO}$ , изомеризующийся в мочевины:



В присут. дегидратирующих катализаторов получают  $\text{NH}_4\text{CN}$ :



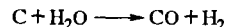
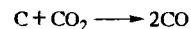
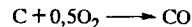
У. о. – сильный восстановитель. Восстановление оксидов металлов до металлов с помощью  $\text{CO}$  имеет большое значение в металлургии. У. о. склонен к р-циям присоединения. С  $\text{Cl}_2$  (в присут. катализатора или под действием света) образует фосген  $\text{COCl}_2$ , с  $\text{S}$  (при напр.) –  $\text{COS}$ , с металлами – карбонилы металлов  $\text{M}_x(\text{CO})_y$ . У. о. образует комплексные соед. с нек-рыми солями. Одни из них  $[\text{OsCl}_2(\text{CO})_3]$ ,  $[\text{PtCl}_2(\text{CO})]$  и др.] м.б. получены в твердом состоянии, другие  $[\text{AgSO}_4(\text{CO})]$ ,  $[\text{CuCl}(\text{CO})]$  и др.] устойчивы только в р-ре. В присут. катализаторов, содержащих  $\text{Pd}$  или  $\text{Pt}$ , У. о. полностью окисляется до  $\text{CO}_2$ , что используется для удаления  $\text{CO}$  из выхлопных газов автомобилей.

Весьма разнообразны продукты взаимод.  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$ , состав к-рых зависит от т-ры, давления и катализатора. Так м.б. синтезированы метан и др. углеводороды парафинового ряда (см. Фишера – Тренча синтез), спирты, альдегиды, кетоны, орг. к-ты. Особенно важно в пром-сти получение метанола:

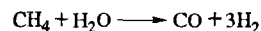


См. также Гаттермана – Коха реакция, Гидроформилирование, Карбонилирование, Ретте реакции.

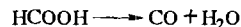
У. о. в составе горючих газов получают газификацией твердых топлив:



газификацией нефтяных остатков:



При использовании в качестве окислителя парокислородной смеси образуется синтез-газ. В лаборатории У. о. удобно получать дегидратацией  $\text{HCOOH}$  конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или  $\text{P}_2\text{O}_5$ :



У. о. – высококалорийное топливо, одно из осн. исходных в-в в орг. синтезе (при получении спиртов, альдегидов, кетонов, углеводородов, карбоновых к-т и др.), восстановитель в металлургии (напр., при выплавке чугуна и стали).

Естеств. уровень  $\text{CO}$  в атмосфере 0,01–0,9 мг/м<sup>3</sup>. В атмосферу  $\text{CO}$  попадает в составе вулканич. и болотных газов, в результате лесных и степных пожаров, выделения микроорганизмами, растениями, животными и человеком и др. Из поверхностных слоев океана в год выделяется  $220 \cdot 10^6$  т  $\text{CO}$  в результате фоторазложения красных, синезеленых и др. водорослей, продуктов жизнедеятельности планктона. В результате деятельности человека в атмосферу ежегодно поступает  $(350\text{--}600) \cdot 10^6$  т  $\text{CO}$ , более половины этого кол-ва (56–62%) приходится на долю автотранспорта, причем содержание  $\text{CO}$  в выхлопных газах может достигать 12%. Для их очистки от  $\text{CO}$  на автомобилях устанавливают катализаторы дожигания. У. о. выделяется в атмосферу в результате неисправности газопроводов и газоаппаратуры, неполного сгорания топлива, в металлургич. процессах (при выплавке 1 млн. т стали выбрасывается в атмосферу 320–400 т  $\text{CO}$ ), в хим. пром-сти (установки крекинга, произ-во формалина, углеводородов,  $\text{NH}_3$  и др.). Высока концентрация  $\text{CO}$  в угольных шахтах, на угледоющих трассах; угольная пыль содержит 0,1–3,9%  $\text{CO}$ . В выхлопных газах дизельных двигателей тепловозов содержится 70–93 мг/м<sup>3</sup>  $\text{CO}$ , морских судов – до 70–80 мг/м<sup>3</sup>, в значит. кол-ве  $\text{CO}$  содержится в выбросах самолетов.

У. о. – яд. Он соединяется с гемоглобином и миоглобином, нарушая тканевое дыхание и вызывая кислородное голодание тканей, особенно клеток центр. нервной системы. ПДК  $\text{CO}$  (мг/м<sup>3</sup>): в воздухе рабочей зоны – 20,0 в течение рабочего дня, 50,0 – 60 мин, 100,0 – 30 мин, 200,0 – 15 мин; в атм. воздухе макс. разовая 5,0, среднесуточная 3,0. КПВ в смеси с воздухом 12,5–74,2%; смесь  $\text{CO}:\text{O}_2 = 2:1$  (по объему) взрывается при заживании.

Хранят  $\text{CO}$  в баллонах красного цвета. Я. А. Калашиников.

**УГЛЕРОДА СУЛЬФОКСИД** (сульфидоксид углерода, серооксид углерода, карбонилсульфид)  $\text{COS}$ , мол. м. 60,076; бесцв. газ со слабым запахом; молекула линейная, длина связи  $\text{C}-\text{O}$  0,116 нм,  $\text{C}-\text{S}$  0,156 нм,  $2,40 \cdot 10^{-30}$  Кл·м; т.пл.  $-138,82^\circ\text{C}$ , т.кип.  $-50,24^\circ\text{C}$ ; плотн. 1,073 г/дм<sup>3</sup> ( $0^\circ\text{C}$ ), 1,24 г/см<sup>3</sup> ( $-87^\circ\text{C}$ );  $C_p^0$  41,5 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  18,5 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  4,73 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $-142,4$  кДж/моль;  $S_{298}^0$  231,5 Дж/(моль·К); ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (мм рт. ст.)  $= -1003,9/T + 7,383$  ( $193 < T < 223$ ). Твердый У. с. кристаллизуется в ромбоэдрич. решетке ( $a = 0,408$  нм,  $\alpha = 95,97^\circ$  при  $-196^\circ\text{C}$ ,  $z = 1$ , пространств. группа  $R3m$ ). При нагревании У. с. разлагается до  $\text{CO}$  и  $\text{S}$ , диспропорционирует на  $\text{CO}_2$  и  $\text{CS}_2$ . Р-имость У. с., мл в 100 мл: в воде – 54, этаноле – 800. Хорошо раств. в  $\text{CS}_2$ . У. с. легко воспламеняется, сгорая до  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$ . Образует соли типа  $\text{M}_2\text{CO}_3\text{S}$ ,  $\text{M}_2\text{COS}_2$ .

У. с. получают взаимод.  $\text{NH}_4\text{NCS}$  с водным р-ром  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или  $\text{CO}$  с парами  $\text{S}$  при  $350^\circ\text{C}$ . У. с. используют в произ-ве



ускорителей вулканизации, фунгицидов, гербицидов, для получения тиокарбаминных к-т и их солей, а также для получения мочевины.

У.с. взрывоопасен и токсичен (поражает центр. нервную систему); ПДК в воздухе рабочей зоны 10,0 мг/м<sup>3</sup>, в атм. воздухе 0,1 мг/м<sup>3</sup>. КПВ 26,5 – 11,9% по объему. И.Н. Одиш.

**УГЛЕРОДНЫЕ ВОЛОКНА (УВ)**, волокна, получаемые термич. обработкой исходных хим. и прир. волокон (т. наз. прекурсоров) и характеризующиеся высоким содержанием (до 99,5% по массе) углерода. Исходными служат волокна на основе гидратцеллюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и кам.-уг. пеков. Возможно использование и др. исходных волокон, напр. поливинилхлоридных, поливинилспиртовых, полиоксасольных, феноло-формальд., но они не имеют пром. значения из-за сложной технологии получения, низкого качества и высокой стоимости УВ из них.

Получение УВ включает процессы формирования исходных волокон (см. *Формование химических волокон*), их подготовку, обработку и три стадии термич. обработки. В ходе подготовки, обработки меняют хим. структуру волокон или вводят в них в-ва, регулирующие процесс пиролиза и обеспечивающие макс. выход кокса. Первая стадия термич. обработки – низкотемпературный пиролиз при т-ре до 400 °С, когда удаляются низкомол. продукты деструкции, образуются сшитые и циклич. структуры. При этом создают такие условия, чтобы возрастающая т-ра размягчения (плавления) волокна оставалась выше т-ры обработки и чтобы сохранялись ориентированное фибриллярное строение и форма волокна до его полного перехода в неплавкое состояние. Затем следуют две стадии высокотемпературной обработки – карбонизация (при 800–1500 °С) и графитизация (при 1500–3000 °С). В их ходе завершается пиролиз, сопровождающийся удалением водорода и гетероатомов в виде летучих соед., и происходит образование углеродного полимера с заданной степенью упорядоченности. Варьируя упорядоченность структуры исходных волокон и условия высокотемпературной обработки, можно регулировать степень ориентации и кристалличность УВ, а также их физ.-мех. св-ва.

Тогда как высокотемпературная обработка проводится во всех случаях практически одинаково, подготовка и низкотемпературная обработка существенно различаются для разных видов исходных волокон. Так, гидратцеллюлозные волокна пропитывают катализаторами, многие из к-рых являются антипиренами (фосфор- и азотсодержащие соед., соли переходных металлов, хлорсиланы и др.), и после сушки подвергают термич. обработке с медленным подъемом т-ры до 400 °С. Полиакрилонитрильные волокна подвергают термоокислит. дегидратации и предварит. циклизации. Во избежание усадки их термообработку проводят на воздухе при т-ре 250–350 °С под натяжением.

Пеки подвергают термообработке в жидком состоянии при 350–400 °С с целью удаления низкомол. фракций и повышения их мол. массы. Формование пековых волокон ведут из расплава, после чего их подвергают окислению при 250–350 °С для придания им неплавкости.

Карбонизацию и графитизацию всех видов волокон проводят в инертной среде под натяжением. Производят вытягивание, особенно на стадии графитизации, можно существенно повысить мех. св-ва (прочность, модуль упругости) УВ. В нек-рых случаях, напр. для получения волокон с заданными физ.-хим. св-вами, стадия графитизации исключается.

Вследствие высокой хрупкости готовые УВ перерабатываются с большим трудом. Поэтому текстильные материалы и изделия (ленты, шнуры, трикотаж, ткани, нетканые материалы и др.) сначала изготавливают из исходных волокон или нитей, а затем подвергают термообработке.

Хим. состав УВ зависит от условий их получения. С повышением т-ры термич. обработки содержание углерода увеличивается от 80 до 99,5%. Мол. структура УВ включает в осн. ароматич. конденсированные карбо- и гетерополициклич. фрагменты, а также углеродные цепи с двойными связями (—СН=СН— или =С=С=). В УВ содержатся гетеро-

атомы N, O, Si, а на пов-сти имеются разл. функц. группы – гидроксильные, карбонильные, карбоксильные и др.

Т. наз. надмолекулярная структура УВ включает фибриллярные образования с чередованием аморфных и кристаллич. областей. Последние состоят из ленточных или плоскостных участков графитоподобной структуры. С увеличением т-ры и натяжения при высокотемпературной обработке степень ориентации и кристалличность УВ возрастают.

УВ характеризуются высокой пористостью; площадь внутр. пов-сти достигает 50–400 м<sup>2</sup>/г. Форма поперечного сечения УВ такая же, как у исходных волокон, а его площадь при пиролизе и карбонизации существенно уменьшается и составляет обычно ок. 16–100 мкм<sup>2</sup>. Поперечное сечение УВ на основе пеков при обработке меняется мало и достигает 900 мкм<sup>2</sup>.

Все УВ можно подразделить на три вида: частично карбонизованные, угольные (карбонизованные) и графитированные, макс. т-ра термообработки к-рых соотв. ниже 500, 500–1500 и выше 1500 °С, а содержание углерода соотв. меньше 90, 91–99 и выше 99% по массе. Иногда также выделяют неск. типов УВ в зависимости от их св-в (см. табл.).

#### НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ УВ

Показатель	Волокна				
	Угольные низкомо- дульные	низкомо- дульные	среднемо- дульные	высокомо- дульные	высоко- прочные
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,5–1,6	1,4–1,6	1,4–1,7	1,6–2,0	1,7–1,9
Модуль упругости, ГПа	30–40	40–60	70–180	300–500	200–300
Прочность на разрыв, ГПа	0,4–1,0	0,6–1,0	1,0–2,5	1,5–3,0	2,0–4,0
Относит. удлинение, %	2,0–2,5	1,5–2,0	1,2–1,5	0,5–0,6	1,0–1,3
Уд. объемное электр.-сопротивление, 10 <sup>5</sup> Ом·м	12–25	5–10	3–7	0,7–1,0	1–3

В лаб. условиях получены УВ со значениями модуля упругости и прочности соотв. 600–700 и 6–8 ГПа.

УВ являются полупроводниками; их электр. проводимость обусловлена подвижностью π-электронов в системе сопряжения. В зависимости от условий получения уд. электр. сопротивление УВ может варьировать от 10<sup>5</sup> до 10<sup>30</sup> Ом·м, а при использовании легирующих добавок (бор, щелочные металлы) – от 10<sup>5</sup> до 10<sup>-5</sup> Ом·м.

УВ мало гигроскопичны, но благодаря развитой пов-сти они сорбируют водяные пары (до влажности порядка 0,2–2%), не меняя при этом своих физ.-мех. св-в.

УВ обладают высокой атмосферостойкостью; устойчивостью к действию света и проникающей радиации, хим. стойкостью к мн. реагентам (конц. к-ты и щелочи, практически все р-рители). На них воздействуют лишь сильные окислители при нагревании. УВ биостойки и бионертны, жаростойки и трудногорючи. В инертной среде их можно эксплуатировать длит. время при 400–600 °С; они выдерживают кратковременное воздействие т-р от 800 до 2500 °С. На воздухе т-ра эксплуатации не превышает 300–400 °С. Кислородный индекс УВ в зависимости от условий получения составляет 35–60%.

Часто проводят физ. и хим. модификацию исходных волокон или УВ и углеволокнистых материалов. Для повышения термоокислит. устойчивости УВ и углеволокнистых материалов на их пов-сти образуют защитные слои или барьерные покрытия из карбидов кремния или тугоплавких металлов, нитрида бора, фосфатных стекол и др. в-в. Армирующие УВ и материалы на их основе подвергают поверхностной обработке – окислению или металлизации – с целью повышения адгезии к полимерам или металлам соответственно. Варьируя условия высокотемпературной обработки, вводя легирующие добавки или образуя проводящие слои (из карбидов металлов, ионогенных групп и сорбированных на них ионов металлов),

можно в широком диапазоне менять электр. проводимость, термоэдс и др. электрофиз. св-ва УВ и углеволокнистых материалов.

Высокотемпературной активацией в среде водяного пара или CO<sub>2</sub> при 600–1000 °С получают углеродные волокнистые адсорбенты (УВА) с предельным объемом сорбирующего пространства 0,3–0,9 см<sup>3</sup>/г и активной пов-стью 500–2000 м<sup>2</sup>/г. Обработкой УВА окислителями (нитраты), конц. р-рами к-т (HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) и др. реагентами получают катионообменники со статич. обменной емкостью 4,5–5,5 мг-экв/г. Амнированием УВА (с предварит. хлорированием или без него) в парах аммиака или пиридина при напр. получают анионообменники со статич. обменной емкостью 1,8–2,4 мг-экв/г. Ионообменники на основе УВ имеют высокую скорость ионного обмена и сохраняют обменные св-ва в течение мн. циклов сорбции и регенерации.

Введением в исходные волокна или УВА различ. металлов (Pt, Ir, Pd, Cr, V, Ag, Mn, Cu, Co, Ni, Fe и др.) и восстановлением последних при термич. обработке получают металлосодержащие углеволокнистые материалы с высокой каталитич. активностью.

УВ и углеволокнистые материалы выпускают в виде волокон, нитей, жгутов, лент, шнуров, тканей, нетканых материалов, бумаги и др. Они имеют различ. названия: в СНГ – ЛУ, УКН, кулон, урал, углен, грален, эвлон, конкор, актилен, ваулен, ВМН; в США – торнел, целион, фортафил; в Великобритании – модмор, графил; в Японии – торейка, курехалон и т. д.

УВ применяют для армирования композиционных, теплозащитных, хемостойких и др. материалов в качестве наполнителей в различ. видах *углепластиков*. Из углеволокнистых материалов изготавливают электроды, термодары, экраны, поглощающие электромагн. излучение, и др. изделия для электротехники. На основе УВ получают жесткие и гибкие электронагреватели, обогреваемую одежду и обувь. Нетканые углеродные материалы служат высокотемпературной изоляцией технол. установок и трубопроводов. Благодаря хим. инертности углеволокнистые материалы используют в качестве фильтрующих слоев для очистки агрессивных жидкостей и газов от дисперсных примесей, а также в качестве уплотнителей и сальниковых набивок.

УВА и углеволокнистые ионообменники служат для очистки атм. воздуха, а также технол. газов и жидкостей, выделения из последних ценных компонентов, изготовления ср-в индивидуальной защиты органов дыхания. Широкое применение находят УВА (в частности, актилен) в медицине для очистки крови и др. биол. жидкостей, в повязках при лечении ран и ожогов, как лек. ср-во (ваулен) при отравлениях (благодаря их высокой способности сорбировать различ. яды), как носители лек. и биологически активных в-в. УВ катализаторы используют в высокотемпературных процессах неорг. и орг. синтеза, а также для окисления содержащихся в газах примесей (СО до СО<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> до SO<sub>3</sub> и др.).

Пром. произ-во УВ и углеволокнистых материалов на основе вискозных волокон начато в 1958 в США, а на основе полиакрилонитрильных волокон – в 1961 в Японии. Там же в 1970 началось произ-во УВ на основе нефтяных пеков. Мировое произ-во УВ и углеволокнистых материалов в 1990 превышало 10 тыс. т.

Лит.: Текстильные материалы на основе углеродных волокон и методы определения их свойств, М., 1985; Левит Р. М., Электропроводящие химические волокна, М., 1986; Углеродные волокна, под ред. С. Симамуры, пер. с япон., М., 1987; Углеродные волокна и углекомпозиты, под ред. Э. Фитцера, пер. с англ., М., 1988; Будияцкий Г. А., «Химические волокна», 1990, № 2, с. 5–13.

**УГЛЕРОДОПЛАСТЫ**, то же, что *углепластики*.

**УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**, композиционные *углеграфитовые материалы* на основе углеродной матрицы и углеродных волокон. В качестве матрицы используют пирроуглерод, коксовые остатки термореактивных смол, кам.-уг. или нефтяного пека, в качестве волокон-наполнителей – высокопрочные *углеродные волокна* – нити (непрерывные и рубленые), жгуты, ткани, пространств. конструкции из

волокна. У.-у. м. по сравнению с графитом характеризуются низкой плотностью (вследствие пористости материала), высокими уд. прочностью и жесткостью, сохраняющимися неограниченно долго в инертных и восстановит. средах при т-рах до 3000 °С (при более высоких т-рах св-ва зависят от скорости сублимации углерода с пов-сти материала), а также пластич. характером разрушений.

Изделия из однонаправленно, перекрестно и хаотически армированных У.-у. м. получают карбонизацией соответствующих *углепластиков* при т-ре ок. 1000 °С или уплотнением пористой углеродной матрицы с помощью повторяющихся процессов пропитки волокон термореактивными смолами с послед. карбонизацией. Изделия из пространственно армированных материалов получают формированием углеродной матрицы в объеме предварительно изготовленного волокнистого каркаса путем карбонизации термопластичных пеков под давлением или осаждением на каркас углерода, образующегося при пиролизе газообразных углеводородов. Во всех случаях избегают деформирования исходного каркаса, к-рый до формирования углеродной матрицы не обладает конструкц. жесткостью. С учетом конкретных условий эксплуатации изделия на практике проводят сочетание различ. технол. приемов с высокотемпературной обработкой в инертной среде или вакууме, что позволяет изменять структуру материала и регулировать объем пор. Предельная т-ра обработки всегда выше т-ры эксплуатации получаемых изделий. Во избежание остаточных внутр. напряжений при конструировании и изготовлении деталей изделий используют термостойкую оснастку из графита; конструирование деталей и схем их армирования обычно проводят по высокотемпературной технологии.

Физ.-мех. и теплофиз. св-ва У.-у. м. (см. табл.) существенно зависят от т-ры обработки и вида армирования. Для однонаправленно армированных У.-у. м. с общей пористостью ~ 12% предельные значения  $\sigma_{сжат}$ ,  $\sigma_{дв}$ ,  $\sigma_{сж}$  и  $\sigma_{сж}$  могут достигать соотв. 600, 1200, 25 и 800 МПа. Коэф. температуропроводности колеблется от  $5,5 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/с (в плоскости армирования)

**СВОЙСТВА УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ\***

Показатель	Армированные непрерывным волокном			Пространственно армированные непрерывным волокном		
	однонаправленно	перекрестно	Перекрестно армированные тканями	матрица из кокса кам.-уг. пека	матрица из пирроуглерода	матрица из кокса кам.-уг. пека**
Объемная плотн., г/см <sup>3</sup>	1,40	1,42	1,35	1,96	1,76	1,96
Истинная плотн., г/см <sup>3</sup>	1,69	1,69	1,47	2,15	2,12	2,20
Пористость, %	12	10	10	3	12	3
Сопротивление, МПа сжатью						
ось x	50	40	60	160	240	140
ось z	400	200	100	180	220	275
изгибу						
ось x	—	—	—	140	250	125
ось z	800	110	130	160	230	140
растяжению						
ось x	1,5	2,0	1,5	70	90	65
ось z	500	100	60	130	40	120
Модуль Юнга, ГПа	170	60	20	60	30	60
Коэф. теплопроводности, Вт/(м·К) (300 К)						
ось x	3,7	3,7	4,7	6,7	7	70
ось z	60	34	14	90	5	80
Температурный коэф. линейного расширения, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>						
ось x	4,3	4,6	5,2	0,8	1,5	1,7
ось z	0,4	0,6	2,2	0,8	1,5	1,6

\* x, z – оси. оси армирования образца. \*\* Содержит дополнит. степис армирования.

до  $3 \cdot 10^{-3}$  м<sup>2</sup>/с (в перпендикулярном направлении). Электропроводность, уд. теплоемкость такие же, как и у исходных углеродных материалов. В окислит. средах У.-у. м. разрушаются с выделением оксидов углерода (на воздухе – при т-ре больше 400 °С, в водяном паре – больше 630 °С); электротрохим. окисление может идти и при комнатной т-ре, причем скорость окисления зависит от плотности тока и приложенной разности потенциалов.

У.-у. м. – конструкц. материалы для высокотемпературных узлов ракетной и авиац. техники, электротермич. оборудова-ния.

*Лит.:* Термоустойчивость пластиков конструкционного назначения, под ред. Е. Б. Троянской, М., 1980; Костяков В. И., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1989, т. 34, в. 5, с. 492–501; Композиционные материалы, справочник под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского, М., 1990. См. также лит. при ст. *Композиционные материалы*. С. А. Колесников.

**УГЛЕХИМИЯ**, область знаний о происхождении, составе, строении, св-вах, а также о методах и процессах переработки твердых горючих ископаемых. Осн. объекты исследований – антрацит, бурые и каменные угли, горючие сланцы, сапропелиты, торф.

Первые общенаучные положения У. были выдвинуты М. В. Ломоносовым в гипотезе о растит. происхождении углей (1757). Впоследствии благодаря трудам Д. И. Менделеева, Г. Л. Стадника, Ф. Фишера, Д. Ван Крвелена и др. У. получила широкое распространение и стала теоретич. основой коксохимии, газификации и гидрогенизации углей, переработки горючих сланцев и торфа.

В СССР У. начала быстро развиваться с кон. 20-х – нач. 30-х гг. 20 в. с целью изучения сырьевой базы коксохим. пром-сти и создания совр. технологии переработки твердых горючих ископаемых. Дальнейшее развитие У. в послевоенный период способствовало совершенствованию коксохим. произ-ва, расширению ассортимента хим. продуктов коксования углей и разработке новых пром. процессов получения кокса и углеграфитовых материалов.

Многообразие видов твердых горючих ископаемых как объектов исследования в У. вызвало необходимость систематизации их по наиб. общим типичным признакам: по характеру исходного растит. материала (минералогич. классификация Г. Потонье, 1910); по виду сырья и стадии превращения углей (естеств. классификация Стадника, 1937); по стадии хим. зрелости – торфяной, буроугольной, кам.-уг., антрацитовой (генетич. классификация Ю. А. Жемчужникова, 1935) и др.

Существуют технол. (пром.) классификации отдельных видов твердых горючих ископаемых, применимые к конкретной отрасли, напр. классификация каменных углей Донецкого (1975) и Кузнецкого (1979) бассейнов. Технол. классификации следуют из общих классификаций и строятся по наиб. важным параметрам, характеризующим, напр., пригодность углей для коксования (спекаемость и степень метаморфизма). На основе генетич. и технол. параметров создана единая промышленно-генетич. классификация каменных углей СССР (1982); известна Международная торгово-пром. классификация углей, в соответствии с к-рой последние систематизированы по трем параметрам: степени метаморфизма, спекаемости и коксумости; существует также Международная классификация бурых углей и др.

Глубокие исследования позволили сформулировать представления о твердых горючих ископаемых, в первую очередь каменных углях, как о прир. высокомолекулярных соединениях (см. *Гидрогенизация угля, Каменные угли*), а о бурых углях и торфе как о смесях в осн. битумов и гуминовых к-т. Эти представления обусловили применение на разл. этапах развития У. разных методов исследований, среди к-рых особенно распространены рентгеновский структурный анализ, ИК и масс-спектроскопия, электронная микроскопия, ЭПР, ЯМР, радиационные, химические.

Наиб. крупные достижения отечеств. научной школы У.: развитие петрографии и петрологии углей (Жемчужников); фундам. труды и монография о происхождении углей и нефти, по химии углей, горючих сланцев и торфа (Стадников);

установление главных геолого-генетич. факторов углеобразования (И. И. Аммосов, Н. Г. Титов); новые представления о мол. и надмолекулярных структурах углей (В. И. Касаточкин); разработка теоретич. основ конструирования первых отечеств. коксовых печей (Н. П. Чижевский); создание научных основ и технологии произ-ва формованного кокса из слабоспекающихся углей (Л. М. Саложников); фундам. разработки методов хим. переработки и классификации коксующихся углей восточных угольных бассейнов (Н. М. Караванов); развитие теории спекания углей и коксообразования (Н. С. Грязнов, М. Г. Складар); создание основ единой промышленно-генетич. классификации углей (Аммосов, И. В. Еремин); развитие научных основ и технологии гидрогенизации твердых горючих ископаемых (А. В. Лозовой, М. К. Дьякова).

*Лит.:* Нестеренко Л. Л., Бирюков О. В., Лебедев В. А., Основы химии и физики горючих ископаемых, К., 1987. М. С. Литвищенко.

**УГОЛЬНАЯ КИСЛОТА** H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, образуется при растворении CO<sub>2</sub> в воде. Проявляет св-ва слабой к-ты. Равновесие CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> смещено влево, поэтому меньшая часть CO<sub>2</sub> находится в р-ре в виде H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Для У. к. константы диссоциации K<sub>1</sub> = 4,27 · 10<sup>-7</sup> (25 °С), K<sub>2</sub> = 4,68 · 10<sup>-11</sup> (25 °С). Это кажущиеся константы диссоциации, они отнесены к общему кол-ву CO<sub>2</sub> в р-ре, истинное значение K<sub>1</sub> = 1,32 · 10<sup>-4</sup> (25 °С).

Наиб. важные производные У. к.: соли – карбонаты и гидрокарбонаты (см. *Карбонаты неорганические*) и эфиры (см. *Карбонаты органические*). Соли встречаются в природе в виде минералов (см. *Карбонаты природные*). Дихлорангидрид У. к. – *фосген*, моно- и диамид У. к. – соотв. *карбаминовая кислота* и *мочевина* (карбамида). Я. А. Калашников.

**УДАРНАЯ ВОЛНА**, распространяющаяся со сверхзвуковой скоростью в газе, жидкости или твердом теле тонкая переходная область (фронт), в к-рой происходит резкое увеличение давления, плотности и т-ры. Возникает при взрыве, мощном электр. разряде, столкновении тел, сближающихся со сверхзвуковой скоростью, в фокусе луча лазера и т. п. Рост давления и т-ры во фронте У. в. происходит за 10<sup>-12</sup>–10<sup>-9</sup> с, затем, спустя 10<sup>-6</sup> с, происходит «разгрузка» и давление падает до атмосферного. Скорость охлаждения в-ва на этой стадии составляет 10<sup>8</sup> град/с. Однако вследствие необратимых процессов, происходящих при «ударноволновом» сжатии, т-ра образца не возвращается к исходной, и образец остается нагретым. В реальных условиях весь цикл завершается приблизительно за 10<sup>-5</sup> с.

У. в. в газе сопровождается не только увеличением плотности, но и значительным повышением т-ры. В этих условиях происходят разл. процессы: возбуждение мол. колебаний, диссоциация и ионизация молекул и атомов, хим. р-ции.

При сжатии конденсир. в-в во фронте У. в. возникают огромные тангенциальные напряжения, вызывающие мощные сдвиговые деформации (время развития деформации 10<sup>-7</sup> с). Поэтому в твердом теле создаются чрезвычайно высокие концентрации дислокаций и точечных дефектов, разрушаются хим. связи, происходит дробление в-ва (разрушается кристаллич. решетка), что способствует протеканию и (или) ускорению разл. физ.-хим. превращений.

Часто в результате сжатия протекают хим. р-ции. Так, при воздействии У. в. на неорг. соед. были синтезированы нитриды Al, Be, B, Mg, Zr, получены оксид, нитрид и карбид бора, алмазы. У. в. – эффективный способ повышения каталитич. активности в-в. Напр., воздействие У. в. на гетерог. катализаторы может приводить к увеличению их активности и к изменению селективности.

Под действием У. в. полимеры вступают в разл. хим. р-ции: частично разлагаются до исходных мономеров, их мол. масса уменьшается (как, напр., в случае полиметилметакрилата), претерпевают вулканизацию (дивиниловый, изопреновый, бутадиенилнитрильный, натуральный каучук) или глубокие структурные изменения, сопровождающиеся изменением цвета и уменьшением р-римости (полистирол).

В условиях У. в. протекают разл. р-ции орг. в-в. Такие мономеры, как акриламид, метакриламид, акрилат калия, триоксан, в твердом состоянии образуют полимеры с высокой мол. массой. Из аммониевых солей ненасыщ. и насыщ. карбоновых к-т получают аминокислоты. Последние образуют ди- и полипептиды. Под воздействием У. в. *транс*-стильбен переходит в *цис*-изомер. В аналогичных условиях могут протекать р-ции этерификации, циклизации и др.

Для изучения превращений в-в в У. в. часто используют метод ампул хранения. Последние представляют собой металлич. сосуды, в к-рые помещают исследуемые в-ва. У. в. создают взрывом ВВ или ударом пластины, движущейся под воздействием взрывных газов. Изменяя конфигурацию фронта У. в., можно менять величину деформации сдвига в-ва. В случае хим. исследований при «ударноволновом» сжатии давление чаще всего варьирует от 5 до 40 ГПа, а т-ра может принимать значения до 800 К. После прохождения У. в. сохраненные в ампуле в-ва обычно исследуют подходящими физ. и физ.-хим. методами.

С помощью У. в. определяют параметры ур-ний состояния, упруго-пластичные характеристики, исследуют оптич. и электр. св-ва в-в, изучают кинетику разл. процессов (см. *Ударных труб метод*). В пром-сти У. в. применяют для синтеза сверхтвердых материалов (алмаза, боразона), упрочнения металлов, прессования порошков металлов и керамики, сварки металлич. конструкций.

Лит.: Бацапов С. С., «Успехи химии», 1986, т. 55, в. 4, с. 579–607; Адауров Г. А., там же, с. 555–78; Bergman O. R., Bailey N. F., High pressure explosive processing of ceramics, Aedermannsdorf – [a. o.], 1987, p. 66–85; Shock compression of condensed matter, ed. by S. C. Schmidt et al., N. Y., 1990.

А. А. Жаров.

**УДАРНЫХ ТРУБ МЕТОД**, метод изучения кинетики хим., физ.-хим. и молекулярных физ. процессов в газовых смесях и на пов-сти раздела фаз с помощью *ударных волн*. Ударная труба обычно имеет диаметр от неск. сантиметров до 0,5 м и длину неск. метров (реже используют трубы переменного диаметра). Она состоит из секции (камеры) высокого давления ( $> 10^6$  Па) и более длинной секции низкого давления ( $\leq 10^5$  Па), к-рые разделены диафрагмой. Первая секция заполняется т. наз. толкающим газом (обычно  $H_2$  или He), а вторая – исследуемым газом, к-рый часто разбавляют аргоном или др. инертным газом. В конце секции низкого давления (зона наблюдения) снаружи или внутри трубы находятся подходящие детекторы или датчики, позволяющие фиксировать процессы в исследуемом газе с помощью скоростной фотографии, спектральными методами, по изменению давления, электропроводности и т. д. При изучении гетерог. процессов на пов-сти твердого тела последнее закрепляют внутри трубы.

Диафрагма между секциями разрывается самопроизвольно (при постепенном увеличении давления в первой секции вследствие подачи в нее толкающего газа) или спец. устройством, напр. бойком, вылетающим из пружинной пушки. После разрыва диафрагмы образуются ударная волна, распространяющаяся в секцию низкого давления, и волна разрежения, идущая в противоположном направлении. Во фронте ударной волны происходит резкий скачок давления (до сотен атм, или  $10^7$  Па) и т-ры (до тысяч К), после к-рого наблюдается длительное «плато», т. е. давление и т-ра сохраняют постоянное значение. Ударная волна отражается от стенки трубы; в отраженной волне значения т-ры и давления выше, чем в падающей. Наличие плато, сохраняющегося вплоть до прихода вторичных волн, – осн. достоинство У. т. м., так как это позволяет изучать явления при т-рах тысяча – десятки тысяч и выше градусов, продолжаясь от долей микросекунды до одной или неск. миллисекунд. Причем наблюдения и измерения можно проводить в падающей или(и) отраженной ударной волне.

Иногда для создания ударной волны в У. т. м. используют мощный электр. разряд или детонацию газовой смеси (напр.,  $2H_2 + O_2$ ).

После прохождения ударной волны равновесное распределение молекул по энергии поступат. движения устанавлива-

ется быстро – за неск. соударений. Переход к равновесному распределению молекул по колебат. и вращат. уровням энергии происходит значительно медленнее, что позволяет использовать У. т. м. для изучения хим. и физ.-хим. процессов в неравновесных условиях. В этом случае применяют также ударные трубы с соплом, в к-ром происходит неравновесное расширение нагретого в ударной трубе газа. Реже ударную волну пускают через неравновесный газ, возбужденный, напр., в электр. разряде.

С помощью У. т. м. можно исследовать кинетику хим. и физ.-хим. процессов в средах с высокой плотностью при давлениях сотни тысяч – млн. атм. Для этого необходимы мощные ударные волны, генерируемые, напр., при детонации ВВ.

У. т. м. применяется для исследования разл. хим. р-ций, диссоциации и ионизации молекул, возбуждения и релаксации последних, явления адгезии, испарения, воспламенения, дробления и агломерации капель и твердых частиц и т. п.

Лит.: Ударные трубы. Сб. пер., М., 1962; Гейдон А., Герл И., Ударная труба в химической физике высоких температур, пер. с англ., М., 1966.

А. Д. Марголин.

**УДОБРЕНИЯ** (туки), предназначены для улучшения питания растений и св-в почв. У. подразделяют на **п р я м ы е** (содержат непосредственно элементы питания растений) и **к о с в е н н ы е** (улучшают св-ва почв; напр., *гипс, известь*).

Опт. рост растений зависит от климатич. факторов (световой, тепловой, водной, воздушной режимы), обеспеченности питат. элементами, а также от структуры и кислотности почв, содержания в них гумуса и др. св-в. Все почвы обладают значит. запасом питат. в-в, но большая часть их находится в малодоступной форме. Поэтому для оптимизации питания растений в почву вносят У.

В составе растений обнаружено более 70 хим. элементов. Для нормального роста растений нужны только 15: С, О, Н, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn. Каждый из этих элементов выполняет в растениях свою специфич. роль и не м. б. заменен. Ряд исследователей считает Si необходимым элементом (напр., для риса). Для отдельных культур установлена полезность Na, Co и Cl. Вода, являющаяся источником Н и О, имеется обычно в достаточных кол-вах. Углерод и кислород поглощаются растениями из атмосферы в виде  $CO_2$ ; дополнит. обеспечение им требуется лишь в теплицах.

По составу различают **минеральные удобрения**, **органические удобрения**, **органоминеральные удобрения** (природные – сапропель, искусственные – торфоаммиачные, торфо-минерально-аммиачные и др.), **бактериальные удобрения**; выделяют также зеленые удобрения (свежая зеленая масса преим. бобовых растений, запахииваемая в почву для обогащения ее орг. в-вом и N). У., получаемые непосредственно в хозяйствах, наз. **м е с т н ы м и** (навоз, торф, болотный ил и др.), на спец. заводах – **п р о м ы ш л е н н ы м и**, или **х и м и ч е с к и м и** (**азотные удобрения**, фосфоритная мука и др.); к последним относят также пром. отходы разл. произ-в, напр. шлаки (маргеновский фосфатшлак, томашшлак).

В зависимости от числа питат. элементов У. делятся на **односторонние** (содержат один к.-л. основной элемент, напр. **калийные удобрения**) и **многосторонние У.**, или **комплексные удобрения**. У., в состав к-рых входят макроэлементы (N, P, K, Ca, Mg, S), наз. **м а к р о у д о б р е н и я м и** (напр., **фосфорные удобрения**, азотно-фосфорные У.), **микроэлементы** (B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn) – **микроудобрениями** (**марганцевые удобрения**, бормагниево У. и т. д.). У. могут содержать также одновременно макро- и микроэлементы (напр., смесь Мо-соли с фосфорно-калийным У.). По агрегатному состоянию различают У. **твердые** (кристаллические, гранулированные порошки), **жидкие** (см. **Жидкие удобрения**) и **газообразные** (безводный  $NH_3$ ).

У. – основа повышения кол-ва и качества с.-х. продукции. Их целесообразное использование улучшает плодородие почв, поддерживает положит. баланс биогенных элементов и гумуса. Установлено, что У. повышают урожай с.-х. культур повсеместно. В западных районах на почвах дерново-подзолистого типа, серых лесных и выщелоченных черноземах

хорошо действуют три главных питат. элемента – N, P, K. При этом роль фосфора постепенно снижается с увеличением содержания подвижных фосфатов в этих почвах, а влияние калия устойчиво и высоко, но сказывается в значительно меньшей степени, чем N и P. На указанных почвах выявлены высокая эффективность известкования (см. *Известковые удобрения*), а на легких почвах – и эффективность внесения Mg, а также положит. действие S. В целом упомянутые районы характеризуются интенсивным применением орг. и минеральных У.

По сравнению с западными районами в Сибири У. менее эффективны и дозы их внесения в почву должны быть заметно ниже. На обыкновенных и южных сероземах особенно сильно сказывается на урожае внесение фосфатов. Действие N при отсутствии орошения существенно слабее, однако в годы, богатые осадками, и в условиях орошения значение азота возрастает; роль K, как правило, незначительна и ограничивается посевами сахарной свеклы. В зоне сероземных почв при орошении на хлопчатнике наиб. сильно действие N; влияние P на старопахотных почвах уменьшается вследствие его накопления в больших кол-вах. Из-за повыш. выноса растениями K калийные У. становятся важным фактором высокого урожая хлопчатника.

При определении доз внесения фосфорных и калийных У. применяют спец. агрохим. картограммы; при этом данные туки следует концентрировать на перечисленные выше почвы, а на остальных почвах (обыкновенных и южных черноземах, каштановых и др.) рекомендуется обычно ограничиваться рядковым внесением  $P_2O_5$  и  $K_2O$ .

Система использования У. в севообороте – важное звено высокопродуктивного земледелия. Однако возрастающие объемы их применения (особенно при получении низких урожаях) приводят к загрязнению окружающей среды (см. *Охрана природы*). Осн. его причины: значит. потери У. на пути завод – поле; смыв У. с пов-стей полей в водоемы; выщелачивание по профилю почв биофильных элементов и избыточное их накопление в пахотном слое за счет его переудобрения; неправильная эксплуатация животноводч. комплексов и др.

Правильное применение У. достигается только при успешном проведении и иных с.-х. работ. Будучи важным, но не единств. фактором повышения урожая, У. служат составным элементом всей системы агрохим. мероприятий (устранение кислотности почвы, борьба с сорняками, болезнями и вредителями растений, выбор наиб. подходящих сортов, соблюдение оптим. сроков сева, норм высева и посадки и др.).

Большое значение имеет разумное определение доз внесения минер. У., при к-ром нужно учитывать запасы в почве доступных питат. в-в, сопутствующие кол-ва органических У. и планируемый урожай. Во всех случаях составление системы удобрения почвы для всего севооборота и неуклонное следование ей оказывается более эффективно и экономично, чем ориентация на удобрение культур одного года. Необходимо избегать также чрезмерных доз внесения У., к-рые могут оказывать не только нерентабельными, но и привести к уменьшению урожая с.-х. культур, накоплению в них нитратов или токсич. элементов, а также к снижению качества, в т. ч. при хранении товарной продукции (картофель, овощи, фрукты и т. п.).

Потребление У. в странах бывшего СССР: минеральных (в пересчете на 100%-ное содержание N,  $P_2O_5$  и  $K_2O$ ) – 27 млн. т (1988), органических – 961 млн. т (1985).

Лит. см. при статьях *Микроудобрения*, *Минеральные удобрения*, *Органические удобрения*.

**УКСУСНАЯ КИСЛОТА** (этановая к-та)  $CH_3COOH$ , мол. м. 60,05; бесцв. прозрачная жидкость с резким запахом. Для безводной («ледяной») т. пл. 16,64 °С, т. кип. 117,8 °С;  $d_4^{20}$  1,0492;  $n_D^{20}$  1,3715;  $p_{кип}$  57,85 кПа,  $t_{кип}$  321,6 °С,  $\eta$  11,83 мПа·с (20 °С),  $\gamma$  27,57 мН/м,  $\mu$   $5,6 \cdot 10^{-30}$  Кл·м; ур-ние температурной зависимости давления пара (мм рт. ст.):  $\lg p = 7,55716 - 1642,54/(233,386 + t)$ ;  $\Delta H_{пл}^0$  195,7 кДж/моль, 55

$\Delta H_{исп}^0$  24,4 кДж/моль,  $\Delta H^0$  растворения 1,902 кДж/моль,  $\Delta H_{отв}^0$  –208,2 кДж/моль,  $\Delta H_{обр}^0$  –493,16 (жидкость) и –471,8 кДж/моль (пар);  $pK_a$  4,76 (25 °С). Существует в виде димеров циклич. и линейной структуры. Смешивается со мн. р-рителями, хорошо растворяет орг. соединения, в ней раств. газы HF, HCl, HBr, HI и др., гигроскопична. Образует азеотропные смеси (см. табл.).

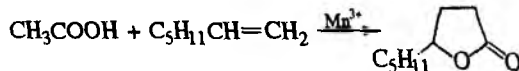
#### ХАРАКТЕРИСТИКА АЗЕОТРОПНЫХ СМЕСЕЙ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Второй компонент смеси	Т. кип., °С	Содержание уксусной к-ты, % по массе
Четыреххлористый углерод	76,5	3
Циклогексан	81,8	6,3
Бензол	88,05	2
Гептан	91,9	33
Толуол	104,9	34
Трихлорэтилен	86,5	4,0
Этилбензол	114,65	66
o-Ксилол	116	76,0
m-Ксилол	115,25	72
Бромформ	118	83

Образует тройные азеотропные смеси с водой и бензолом, т. кип. 88 °С, с водой и бутилацетатом, т. кип. 89 °С.

В природе У. к. распространена в своб. виде или в виде солей и сложных эфиров в растениях (в зеленых листьях), в выделениях животных (моче, желчи), образуется при гниении и брожении (в кислом молоке, сыре, вине). Брожение происходит под влиянием специфич. бактерий «уксусного грибка».

По хим. св-вам У. к. – типичная карбоновая кислота. Соли и эфиры У. к. наз. ацетатами. При взаимодействии У. к. с этиленом в зависимости от условий р-ции образуются этилацетат (кислые кат.), винилацетат  $CH_2=CHCOOCH_3$  (кат. Pd – Li) либо диацетат этиленгликоля  $(CH_2COOCH_2)_2$  (кат. TeO<sub>2</sub> и HBr). Р-ция У. к. с более высокомолекулярными олефинами в присут. солей Mn(III) приводит к алкилбутиролактонам, напр.:



С ацетиленом в присут. солей Hg У. к. дает винилацетат, в присут. трет-бутилпероксида – адипиновую к-ту; с формальдегидом в присут. катализатора (напр., KOH на SiO<sub>2</sub>) в паровой фазе – акриловую к-ту.

У. к. растворяет мн. металлы, их оксиды и карбонаты с образованием солей. Окислители ускоряют р-цию. Так, Со легко раств. в У. к. в присут. Со(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> или H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

У. к. – один из главных промежут. метаболитов, выполняющих как структурную, так и энергетич. функцию в обмене в-в.

Пром. способы получения У. к. 1) Каталитич. окисление ацетальдегида в жидкой фазе в присут. солей Mn или смеси солей Mn, Co, Ni и Fe при 56–75 °С и давлении 0,2–0,3 МПа; окислитель – техн. O<sub>2</sub>, степень конверсии более 95%, выход У. к. 92–93%. Окисление ацетальдегида O<sub>2</sub> воздуха в присут. катализатора, состоящего из смеси ацетатов Со и Си, при 50–60 °С дает смесь У. к. и уксусного ангидрида в соотношении (45:55), степень конверсии 16–18%, выход (по сумме продуктов) 94–96%. Выделение и очистку У. к. производят ректификацией.

2) Жидкофазное окисление воздухом углеводородных фракций нефти C<sub>5</sub>–C<sub>6</sub> при 140–180 °С и давлении 5–8 МПа; наряду с У. к. получают муравьиную (15% по массе от суммы продуктов) и пропионовую к-ты (7–8%).

3) Каталитич. карбонилирование метанола в присут. комплексных соед. Rh при 185 °С и давлении 2,8 МПа. Конверсия метанола близка к 100%, конверсия СО – 86%.

4) Уксуснокислое брожение этанола (пищ. У. к.).  
5) Пиролиз древесины (наряду с метанолом и ацетоном). В лаборатории безводную У. к. получают перегонкой сухого  $CH_3COONa$  и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

У. к. — сырье в произ-ве уксусного ангидрида, ацетилхлорида, монохлоруксусной к-ты, ацетатов, мн. красителей, инсектицидов, лек. ср-в (аспирин, фенацетин); используют в пищ. пром-сти в изготовлении приправ, маринадов, консервов в виде столового уксуса — 3–15%-ный водный р-р и уксусной эссенции — 80%-ный водный р-р пищевой У. к. У. к. — р-ритель лаков, коагулянт латекса, ацетилирующий агент в орг. синтезе. Соли У. к. (Fe, Al, Cr и др.) — протравы при крашении.

Пары У. к. раздражают слизистые оболочки верх. дыхат. путей, р-ры (концентрация выше 30% по массе) при соприкосновении с кожей вызывают ожоги. Т. всп. 38 °С, т. самовоспл. 454 °С, КПВ 3,3–22% (по объему), температурные пределы взрываемости 35–76 °С. ПДК в атм. воздухе 0,06 мг/м<sup>3</sup>, в воздухе рабочей зоны 5 мг/м<sup>3</sup>.

Мировой произ-ва 3,5 млн. т/год (1990), в т. ч. США — 1,2, Япония — 0,33, Германия — 0,31.

Лит.: Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей, пер. с англ., 3 изд., Л., 1982; Kirk — Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N. Y., 1978, p. 124–47. З. П. Присяжнюк.

**УКСУСНЫЙ АЛЬДЕГИД**, то же, что *ацетальдегид*.  
**УКСУСНЫЙ АНГИДРИД** (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O, мол. м. 102,09; бесцв. прозрачная подвижная жидкость с резким запахом; т. пл. —73,1 °С, т. кип. 139,6 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,0820; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,3906; t<sub>крит</sub> 295,8 °С, p<sub>крит</sub> 4,6 МПа; η 0,901 мПа·с (20 °С), γ 32,65 мН/м (20 °С); μ 9,3·10<sup>-30</sup> Кл·м; ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 276,7 кДж/моль, ΔH<sub>гор</sub><sup>0</sup> —1804,5 кДж/моль, ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> жидкости —624,42 кДж/моль, пара —576,1 кДж/моль; ΔG<sub>298</sub><sup>0</sup> жидкости —489,14 кДж/моль, пара —477 кДж/моль. Раств. в бензоле, диэтиловом эфире, этаноле, СНCl<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, ТГФ, ограниченно — в холодной воде (12 г в 100 г воды), в горячей воде гидролизует до уксусной к-ты (ΔH<sup>0</sup> гидролиза —58,45 кДж/моль), гидролиз катализируют К-ты.

Обладает хим. св-вами *ангидридов карбоновых кислот*. С основаниями У. а. дает ацетаты, с HCl и СОСl<sub>2</sub> при 70–80 °С — ацетилхлорид, со спиртами — сложные эфиры, с тиолами — тиоуксусы, с H<sub>2</sub>S и Na<sub>2</sub>S — тиоуксусную к-ту, с аминами — амиды, с альдегидами в присут. кислых катализаторов — диацетаты, с ароматич. альдегидами в присут. CH<sub>3</sub>COOK — β-арилакриловые к-ты. У. а. ацетилюет целлюлозу, превращает высшие жирные к-ты в ангидриды, алифатич. и жирноароматич. кетоны в присут. BF<sub>3</sub> — в β-дикетоны.

В пром-сти У. а. получают разложением CH<sub>3</sub>COOH в присут. триэтилфосфата (0,3% по массе) при 680–720 °С и давлении 26,2–52,4 кПа (степень конверсии 80–84%, селективность 87–91%):  

$$\text{CH}_3\text{COOH} \xrightarrow[\text{CH}_3\text{COOH}]{} \text{CH}_2=\text{C}=\text{O} \rightarrow (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$$
 совместно с CH<sub>3</sub>COOH окислением ацетальдегида в присут. меднокобальтового катализатора при 50–60 °С (степень конверсии ацетальдегида 16–18%, селективность по сумме продуктов 94–96%).

Перспективен метод получения У. а. карбонилированием метилацетата в присут. гомог. родиевых катализаторов.

Используемые ранее методы получения У. а. взаимод. CH<sub>3</sub>COOH с СОСl<sub>2</sub> в присут. AlCl<sub>3</sub>, а также разложением этилидендиацетата в присут. ZnCl<sub>2</sub> или фосфатов в настоящее время не применяют; метод получения термич. разложением ацетона при 680–740 °С при повыш. давлении применяют ограниченно.

В лаборатории У. а. получают взаимод. CH<sub>3</sub>COCl с безводным CH<sub>3</sub>COONa либо CH<sub>3</sub>COOH с неорг. ангидридами или галогенангидридами (SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, SOCl<sub>2</sub>, СОСl<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, POCl<sub>3</sub>).

У. а. используют как дегидратирующий и ацетилирующий агент в произ-ве ацетилцеллюлозы, винилацетата, диметилацетамида, лек. в-в (напр., ацетилсалициловой к-ты), красителей, душистых в-в и др.

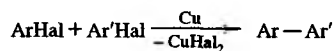
Раздражает глаза и дыхат. пути, вызывает ожоги кожи. Т. всп. 40 °С, т. самовоспл. 389 °С, КПВ 1,21–9,9% (по объему), ПДК в атм. воздухе 0,03 мг/м<sup>3</sup>.

Мировое произ-во 1,1–1,3 млн. т/год (1988).

Лит.: Kirk — Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N. Y., 1978, p. 151–61.

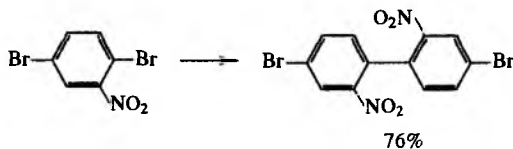
М. П. Мулева.

**УЛЬМАНА РЕАКЦИИ.** 1) Конденсация арилгалогенидов под действием меди с образованием диариллов:



Р-цию осуществляют при 100–360 °С в инертном р-рителе (нафталин, толуол, нитробензол, ДМФА и др.) или без него в присут. порошка меди или медной бронзы. Выходы диариллов достигают 95%.

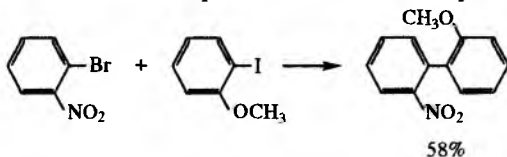
Предполагают, что интермедиатами в этих р-циях являются медьорг. соединения, хотя детали механизма остаются неясными. Реакц. способность арилгалогенидов уменьшается в ряду: ArI > ArBr >> ArCl. Сильные электроноакцепторные заместители (напр., NO<sub>2</sub>, COOCH<sub>3</sub>) заметно активируют атом галогена, особенно если они находятся к нему в орто-положении:



Наилучшие выходы удается получить, если один из заместителей в арилгалогениде нитрогруппа, а в качестве р-рителя используется ДМФА.

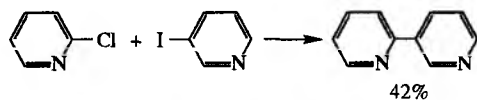
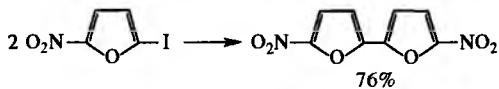
Заместители, содержащие подвижный атом Н (ОН, NH<sub>2</sub>, СООН), ингибируют р-цию и способствуют протеканию побочных процессов.

При получении несимметричных диариллов наилучшие выходы достигаются, когда один из арилгалогенидов активирован, а второй относительно малореакционноспособен, напр.:

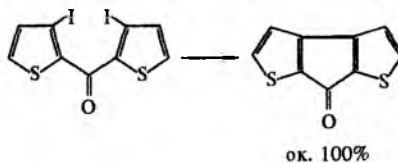
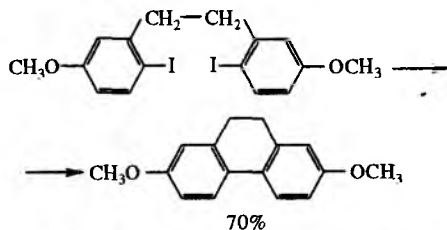


Побочно в этих р-циях образуются соответствующие симметричные диариллы.

В р-цию, подобную У. р., вступают и гетероциклич. соед., напр.:



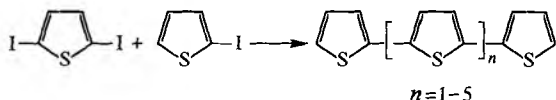
В условиях У. р. возможна внутримол. циклизация, напр.:



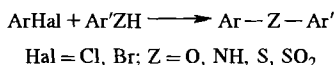
ок. 100%



Если в У. р. или подобные ей р-ции вовлекаются дигалогениды, то возможно получение линейных полиаренов или полигетероаренов. Р-ция м.б. остановлена на стадии образования относительно низкомолекулярных олигомеров добавлением моногалогенидов, напр.:



2) Конденсация арилгалогенидов с фенолами, тиофенолами, ароматич. аминами или арилсульфиновыми к-тами в присут. меди, приводящая к диарилowym эфирам, диариламинам, диарилсульфонам или диарилсульфидам:



Р-цию осуществляют при нагревании в инертном р-рителе. Она протекает легче при наличии электроноакцепторного заместителя в арилгалогениде в орто-положении.

Р-ции открыты Ф. Ульманом соотв. в 1896 и 1903.

Лит.: Мороз А. А., Шварцберг М. С., «Успехи химии», 1974, т. 43, в. 8, с. 1443-61; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 425-28; Фанта Р. Е., «Synthesis», 1974, № 1, p. 9-21. В. В. Жданкин.

**УЛЬТРАЗВУК** в химии (от лат. ultra – сверх, за пределами, по ту сторону). Воздействие ультразвука на хим. и физ.-хим. процессы, протекающие в жидкости, включает: инициирование нек-рых хим. р-ций, изменение скорости, а иногда и направления р-ций, возникновение свечения жидкости (сонолюминесценция), создание в жидкости ударных волн, эмульгирование несмешивающихся жидкостей и коалесценцию эмульсий, диспергирование твердых тел и коагуляцию твердых частиц в жидкости, дегазацию жидкости и т. д. Науку, изучающую хим. и физ.-хим. эффекты, возникающие в звуковых полях, наз. звукохимией или сонохимией. Для осуществления технол. процессов используют *ультразвуковые аппараты*.

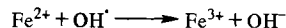
Влияние У. на разл. процессы связано с кавитацией – образованием в жидкости при прохождении акустич. волны полостей (кавитац. пузырьков), заполненных газом, паром или их смесью.

Предложено неск. механизмов воздействия У. на хим. р-ции. По тепловой теории в момент схлопывания кавитац. пузырька внутри него развиваются т-ра  $10^4$  К и давление до  $10^3$  МПа, что приводит к термич. диссоциации хим. соед. на радикалы.

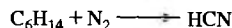
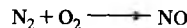
Однако к настоящему времени обнаружено много эксперимент. факторов, к-рые противоречат тепловой теории и разл. ее модификациям. Ранние электр. теории, предложенные для объяснения механизма хим. действия кавитации, также нельзя считать удовлетворительными. В наиб. мере соответствующей экспериментальным данным можно считать новую электр. теорию, разработанную в 1985. В этой теории рассматривается двойной электр. слой на пов-сти расширяющегося кавитационного пузырька. Показано, что при его расщеплении образуется нескомпенсир. электр. заряд  $Q$ , к-рый зависит от радиуса шейки ( $r$ ) образующегося пузырька, дзета-потенциала (см. *Электростатические явления*), частоты и амплитуды акустич. колебаний, электропроводности жидкости и т. д. При отрыве осколочного пузырька нескомпенсир. заряд локализуется на малой площадке радиуса  $r$ . Напряженность возникающего электр. поля  $E_n = Q/2\pi\epsilon_0 r^2$  ( $\epsilon_0$  – диэлектрич. проницаемость газа), для обычных эксперимент. параметров  $E_n \approx 10^8-10^{11}$  В/м. Т.к. критич. напряженность для электр. пробоя в сухом воздухе при атмосферном давлении  $E_{кр} = 3 \cdot 10^6$  В/м, а  $E_{кр}$  пропорциональна давлению газа, электр. заряд в кавитац. пузырьке может образовываться с высокой вероятностью даже при давлениях, значительно превышающих атмосферное.

Хим. р-ции, возникающие в жидкости под действием У. (звукохим. р-ции), можно условно подразделить на: 1) окис-

лит.-восстановит. р-ции, протекающие в водных р-рах между растворенными в-вами и продуктами разложения молекул воды внутри кавитац. пузырька ( $H^+$ ,  $OH^-$ ,  $H_2$ ,  $H_2O_2$ ), напр.:



2) Р-ции между растворенными газами и в-вами с высоким давлением пара, находящимися внутри кавитац. пузырька:



3) Цепные р-ции, инициируемые не радикальными продуктами разложения воды, а к.-л. другим в-вом, диссоциирующим в кавитац. пузырьке, напр. изомеризация малеиновой к-ты в фумаровую под действием  $Br^+$ , образующегося в результате звукохим. диссоциации  $Br_2$ .

4) Р-ции с участием макромолекул. Для этих р-ций важна не только кавитация и связанные с нею ударные волны и кумулятивные струи, но и мех. силы, расщепляющие молекулы. Образующиеся при этом макрорадикалы в присут. мономера способны инициировать полимеризацию.

5) Инициирование взрыва в жидких и твердых взрывчатых в-вах.

6) Р-ции в жидких неводных системах, напр. пиролиз и окисление углеводородов, окисление альдегидов и спиртов, алкилирование ароматич. соед., получение тиоамидов и тиокарбамагов, синтез металлоорг. соед., восстановление гидридами, металлами, амальгамами, р-ции обмена галогенпроизводных, циклоприсоединение, получение и р-ции перфторалкильных соед., карбеновые синтезы, димеризация, олигомеризация и полимеризация галогенсиланов и галогенстаннанов, диссоциация карбонилот металлов и замещение лигандов в комплексных соед., синтез нитрилов, альдольная конденсация кетонов, конденсация Клайзена-Шмидта, перегруппировка Клайзена и др.

Осн. энергетич. характеристика звукохим. р-ций – энергетич. выход, к-рый выражается числом молекул продукта, образовавшихся при затрате 100 эВ поглощенной энергии. Энергетический выход продуктов окислит.-восстановит. р-ций обычно не превышает нескольких единиц, а для цепных р-ций достигает нескольких тысяч.

Под действием У. во мн. р-циях возможно увеличение скорости в неск. раз (напр., в р-циях гидрирования, изомеризации, окисления и др.), иногда одновременно возрастает и выход. Обнаружено значит. изменение параметров Белоусова-Жаботинского реакции; инициирование колеблется процессом в нек-рых системах, содержащих диалкилдихлорсиланы, к-рые в присут. Na образуют циклич. и линейные олигомеры: в этих системах под действием У. возникает периодич. изменение концентрации олигомеров в результате их взаимного превращения.

Воздействие У. важно учитывать при разработке и проведении разл. технол. процессов (напр., при воздействии на воду, в к-рой растворен воздух, образуются оксиды азота и  $H_2O_2$ ), для понимания процессов, сопровождающих поглощение звука в средах, напр. для эхолокации и др. физ. и физ.-хим. приложений.

Лит.: Маргулис М. А., Основы звукохимии, М., 1984; его же, Звукохимические реакции и сонолюминесценция, М., 1986; Ultrasound. Its chemical, physical and biological effects, ed. by K. S. Suslik, N. Y., 1988; Mason T. Y., Lorimer Ph. J., Sonochemistry: theory, application and uses of ultrasound in chemistry, N. Y., 1988; Margulis M. A., Sonochemistry and cavitation, L., 1995.

М. А. Маргулис.

**УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ АППАРАТЫ**, машины или устройства, в к-рых энергия упругих волн используется для воздействия в любых средах на в-ва или тела с целью изменения их структуры и св-в либо на хим.-технол. процессы. Специфич. особенность У. а. – существенно большие их характерные геом. размеры, чем соответствующие длины волн; благодаря этому в данных устройствах реализуется не колебательный, как в *инфразвуковых аппаратах*, а волновой процесс. Ниж. граница применяемого в У. а. частотного диапазона волн не

определяется признаком невосприятости их человеческим слухом и для мн. аппаратов лежит и в звуковом диапазоне частот, превышая, однако, диапазон 20–200 Гц. Верх. граница обусловлена техн. возможностями генерирования упругих волн (см. также *Вибрационная техника*) и теоретически определяется соизмеримостью их длины и средней длины своб. пробега молекул (в жидкостях и твердых телах – межмолекулярных расстояниях).

Высокая частота  $f$  упругих волн и квадратичная зависимость от нее интенсивности потока энергии даже при малых амплитудах волн обуславливают выделение больших кол-в энергии. Ее потоки распространяются в обрабатываемой среде со значит. поглощением, что приводит к образованию в ней областей высоких локальных плотностей энергии и к соответствующим изменениям структуры и св-в.

С увеличением  $f$  существенно возрастает роль т. наз. нелинейных эффектов. Последние заключаются во взаимод. разных гидродинамич. возмущений и служат главной причиной многочисл. полезных проявлений ультразвука. К числу этих физ. эффектов относятся: изменение формы упругих волн при их распространении; кавитация; акустич. течения (звуковой ветер); давление звукового излучения (радиационное давление) и др. Наиб. важным нелинейным эффектом является кавитация – образование в жидкой среде массы пульсирующих пузырьков, заполненных паром, газом или их смесью. Сложное движение пузырьков, их слияние и дробление, потеря устойчивости, происходящие под действием упругих волн, приводят к возникновению микроударных давлений до 800 МПа, локальному повышению т-р до 7400 К (по теоретич. оценкам), электрич. разрядов, ионизации и т. д. Изменяя условия протекания кавитации, можно регулировать кавитац. эффекты.

Осн. элемент любого У. а. – излучатель упругих волн. По источнику энергии излучатели подразделяют на гидро- или аэродинамические и электроакустические. В основе работы гидро- и аэродинамич. излучателей (жидкостные и воздушные свистки и сирены, гидро- и пневмопреобразователи; см. также *Диспергирование*) лежит принцип преобразования части кинетич. энергии потока жидкости либо газа, создаваемой насосом (компрессором), в акустич. энергию при встрече потока с плохообтекаемым препятствием. В ряде конструкций для усиления ультразвуковых эффектов используют резонансные устройства.

На рис. представлен гидродинамич. излучатель, в к-ром пульсации торообразной кавитац. области, заполненной пузырьками, происходят при встрече струи жидкости, вытекающей со скоростью 20–30 м/с из конусно-цилиндрич. сопла 1, с вогнутым отражателем 2; при определенном расстоянии между соплом и отражателем возникает автоколеб. релаксац. процесс, приводящий к радиальному выбросу содержимого кавитац. области. Пульсации давления возбуждают в стержнях 3 изгибные колебания (деформации) на их собств. частоте, повышая интенсивность и монохроматичность звукового излучения.

Гидродинамический излучатель: 1 – сопло; 2 – отражатель; 3 – стержень.

Электроакустич. излучатели преобразуют заданные колебания электрич. напряжения или тока

в мех. колебания к.-л. твердого тела, к-рое и излучает звуковые волны в окружающую среду. Наиб. распространены излучатели, действие к-рых основано на магнитоэлектрич. и пьезоэлектрич. эффектах. В первом случае сердечником из магнитоэлектрич. материала (напр., Ni, ферриты, нек-рые хромовые и марганцевые сплавы) помещают в переменное

магн. поле, и линейный размер сердечника изменяется в такт колебаниям поля. Во втором случае пьезоэлектрич. материал (кварц, керамика на основе цирконат-титаната свинца и др.) располагают в переменном электрич. поле. Электроакустич. преобразователи создают волны частотой, определяемой геом. размерами и условиями закрепления твердого тела; возбуждение колебаний осуществляется в узком диапазоне частот, поэтому излучатели работают обычно в условиях резонанса их мех. системы. В У. а. непрерывного действия на основе таких преобразователей устройством, направляющим поток обрабатываемого материала на излучающие пов-сти, служит собственно корпус аппарата. При проведении периодич. процессов излучатели монтируют на одну или неск. технол. емкостей либо непосредственно погружают в обрабатываемую среду.

Реализуемые в У. а. нелинейные эффекты инициируют и ускоряют окислит.-восстановит., электрохим., цепные, с участием макромолекул и др. р-ции. Акустич. колебания оказывают значит. влияние также на течение мех., гидромех., тепловых и массообменных процессов хим. технологии. При этом воздействие упругих волн м. б. различным: стимулирующим, если ультразвук – движущая сила процесса (напр., диспергирование, коагуляция аэрозолей, очистка твердых пов-стей, распыливание, эмульгирование); интенсифицирующим, если ультразвук лишь увеличивает скорость процесса (напр., кристаллизация, получение чистых полупроводниковых материалов, перемешивание, растворение, сорбция, сушка, травление, экстракция, электрохим. осаждение металлов); оптимизирующим, если ультразвук только упорядочивает течение процесса (напр., гранулирование, центрифугирование). Кроме того, У. а. применяют также для дегазации (напр., р-ров смол, расплавов стекла), металлизации и пайки материалов, сварки металлов и полимеров, размерной мех. обработки хрупких и твердых материалов и т. д.

Лит.: Ультразвуковая технология, под ред. Б. А. Аграната, М., 1974; Ультразвук. Маленькая энциклопедия, М., 1979; Маргулис М. А., Звукохимические реакции и сонолюминесценция, М., 1986. В. Н. Монахов.

**УЛЬТРАМАРИН** (от лат. *ultra* и *mare* – море, т. е. привезенный из-за моря), пигмент от зеленого до фиолетового цвета (наиб. известен синий). Природный У. представляет собой минерал ляпис-лазурь (лазурит), окрашенный либо бесцв., примесями с давних времен. При прокаливании природный У. приобретает ярко-синий цвет. Синтетический У. (произво его начато в 30-х гг. 19 в.) получают обжигом шихты, состоящей из каолина, диоксида кремния, соды, серы, кокса или битума, его состав отвечает ф-ле  $n(\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2) \cdot \text{Na}_2\text{S}_x$  ( $n$  и  $m = 2 - 3$ ,  $x = 1 - 5$ ). Наиб. широко применяют У. синего цвета ( $n = 2$ ,  $m = 3$ ,  $x = 4$ ) – порошок, устойчив к действию света, нагреванию, р-рам щелочей (к-ты его разрушают), не раств. в воде и орг. р-рителях. Безвреден.

Применяют У. для подсинивания – устранения желтого оттенка белых лакокрасочных покрытий, пластмасс, тканей, бумаги, сахара и др. материалов; для приготовления художеств. красок и эмалей; для окраски линолеума, резины, обоев, строит. материалов.

Лит.: Белевский Е. Ф., Ринский И. В., Химия и технология пигментов, Л., 1974; Ермалов П. И., Индейкин Е. А., Толмачев И. А., Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы, Л., 1987.

Т. А. Телегина.

**УЛЬТРАМИКРОСКОПИЯ** (от лат. *ultra*, греч. *mikrós* – маленький и *skopéō* – смотрю), оптич. метод наблюдения и анализа коллоидных частиц в жидкой или газовой фазе с помощью ультрамикроскопов (УМ). Разработан и реализован Р. Зигмонди и Г. Зидентофом (1903), создавшими первый щелевой УМ (рис. 1). В нем исследуемая система неподвижна. Содержащая изучаемое в-во кювета освещается

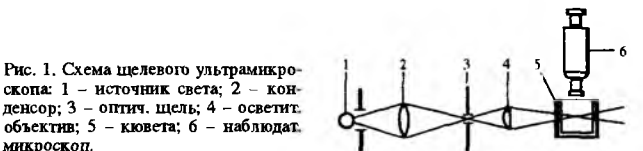


Рис. 1. Схема щелевого ультрамикроскопа: 1 – источник света; 2 – конденсор; 3 – оптическая щель; 4 – осветит. объектив; 5 – кювета; 6 – наблюдат. микроскоп.



(с помощью системы источник света – конденсор или линза – осветит. объектив) через прямоугольную щель, изображение к-рой проецируется в зону наблюдения. В окуляр наблюдают. микроскопа видны светящиеся точки, находящиеся в плоскости изображения щели. Выше и ниже освещенной зоны присутствие частиц не обнаруживается.

В основе У. лежит дифракция света на коллоидных частицах, размер к-рых меньше половины длины световой волны, в результате чего система начинает светиться. Частицы можно наблюдать в УМ как яркие дифракц. пятна, изучать их природу, оценивать концентрацию, однако изображений частиц микроскоп не создает. Яркость свечения, а следовательно, и видимость частиц зависит от разности показателей преломления частицы и дисперсионной среды. Если она велика (напр., взвесь металлич. частиц в воде), то отчетливо фиксируются частицы размерами 2–4 нм (т. е. значительно меньше предела разрешения обычных микроскопов). Если эта разность мала (взвесь орг. частиц в воде), то обнаруживаются только частицы размерами не менее 20–40 нм. В лиофильных коллоидах (напр., гелях желатини, декстрина) пов-сть частиц вследствие сольватации не обладает заметной разницей в показателях преломления относительно дисперсионной среды (воды), поэтому свечение в них значительно слабее.

Миним. размер обнаруживаемых частиц зависит также от интенсивности освещения, поэтому в УМ применяют сильные источники света (ртутные лампы высокого давления). Средний линейный размер коллоидных частиц можно определить методом У. по ф-ле:  $l = \sqrt{cV/\rho n}$ , где  $c$  – массовая концентрация частиц;  $V$  – наблюдаемый объем взвеси;  $l$  – среднее число подсчитанных в этом объеме частиц;  $\rho$  – плотность частиц.

В 1950-х гг. Б. В. Дерягин и Г. Я. Власенко разработали поточный УМ, в к-ром поток жидкого золя или аэрозоля движется по стеклянной трубке навстречу наблюдателю. Пересекая зону освещения, формируемую сильным источником света со щелевой диафрагмой, частицы дают яркие вспышки, регистрируемые визуальн или с помощью фотометрич. аппаратуры. Расположенный на пути светового луча фотометрич. клин позволяет устанавливать ниж. предел размеров регистрируемых частиц. Определяемые концентрации частиц в коллоидной системе достигают  $10^{10}$  частиц в 1 см.

В совр. поточных УМ (рис. 2) источниками света служат лазеры, а счет частиц производится фотоэлектронными умножителями, соединенными с мини-ЭВМ. Такие приборы

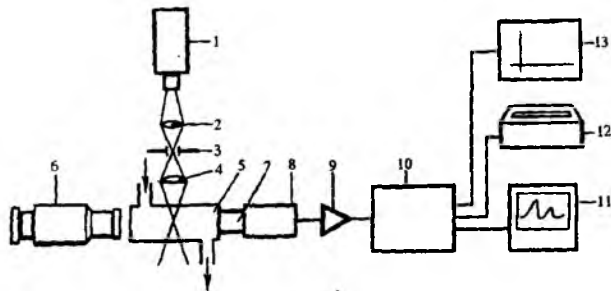


Рис. 2. Схема поточного ультрамикроскопа-анализатора: 1 – лазерный осветитель; 2 – конденсор; 3 – коллиматор; 4 – объектив; 5 – проточная камера; 6 – наблюдат. микроскоп; 7 – световод; 8 – фотоэлектронный умножитель; 9 – усилитель-формирователь импульсов; 10 – компьютерный анализатор; 11 – графич. дисплей; 12 – печатающее устройство; 13 – графопроектор.

позволяют исследовать коллоидные системы количественно с большой точностью, напр. строить диаграммы распределения микрочастиц по размерам, а также используются в гидродинамич. исследованиях (для наблюдения характера движения жидкости или газа в сложных трубопроводных системах). В этих случаях микрочастицы стандартного размера (иногда флуоресцирующие) специально вносят в струю жидкости либо газа, отслеживают их траектории, измеряют скорости движения на разл. участках, после чего компьютеры обрабатывают результаты и строят мат. модель гидродинамич. системы.

У. применяют также для определения коэф. диффузии дисперсных частиц в разл. средах путем наблюдения и броуновского движения, для контроля чистоты атм. воздуха, воды, степени загрязнения оптически прозрачных сред полеронными включениями.

Лит.: Коузов П. А., Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов, 3 изд., Л., 1987. См. также лит. при ст. Коллоидная химия.

А. Г. Богданов

**УЛЬТРАМИКРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**, см. *Микрохимический анализ*.

**УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ**, см. *Мембранные процессы разделения*.

**УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ** (УФ спектроскопия, УФС), раздел оптич. спектроскопии, включающий получение, исследование и применение спектров испускания, поглощения и отражения в ультрафиолетовой области, т. е. в диапазоне длин волн 10–400 нм (волновых чисел  $2,5 \cdot 10^4 - 10^6 \text{ см}^{-1}$ ). УФС при длине волны меньше 185 нм наз. вакуумной, т. к. в этой области УФ излучение настолько сильно поглощается воздухом (гл. обр. кислородом), что необходимо применять вакуумные или наполненные непоглощающим газом спектральные приборы.

Техника измерения УФ спектров в осн. такая же, как спектров в видимой области (см. *Спектрофотометрия*). Спектральные приборы для УФС отличаются тем, что вместо стеклянных оптич. деталей применяют аналогичные кварцевые (реже флюоритовые или сапфировые), к-рые не поглощают УФ излучение. Для отражения УФ излучения используют алюминиевые покрытия. Приемниками служат обычные или маложелатиновые фотоматериалы, а также фотоэлектрич. приборы, гл. обр. фотоэлектронные умножители, счетчики фотонов, фотодиоды, ионизационные камеры. Для увеличения чувствительности при использовании фотоматериалов иногда регистрируют флуоресценцию, вызванную исследуемым УФ излучением.

Для возбуждения УФ спектров испускания атомов и молекул служат пламя (см. *Фотометрия пламени эмиссионная*), дуга постоянного или переменного тока, низко- и высоковольтные искры, ВЧ и СВЧ разряд (в т. ч. безэлектродный), плазмотроны, разряд в полом катоде, лазерное излучение и др. (см. *Спектральный анализ*). УФ спектры поглощения и отражения получают в осн. с использованием таких источников излучения, как дейтериевые (водородные), ртутные, ксеноновые и др. газоразрядные лампы. Используют также нагретые до ок. 3000 К твердые тела, напр. разл. вольфрамовые лампы (с ленточным излучателем или со сферич. анодом, разогреваемым дуговым разрядом, и др.). Источниками линейчатых спектров служат спектральные лампы разл. конструкции (напр., с полым катодом). Применяют также лазеры, излучающие в УФ области (водородный лазер).

Как правило, при облучении УФ излучением в-во не разрушается и не изменяется, что позволяет получать данные о его хим. составе и структуре. В УФ области проявляются *электронные спектры*, т. е. положение полос и линий определяется разностью энергий разл. электронных состояний атомов и молекул. Здесь лежат резонансные линии нейтральных, одно- и двукратно ионизованных атомов, а также спектральные линии, испускаемые многократно ионизованными атомами в возбужденном состоянии. В ближней УФ области сосредоточены полосы поглощения большинства полупроводников, возникающие при прямых переходах электронов из валентной зоны в зону проводимости.

В УФ области находятся также электронно-колебат. полосы молекул (колебат. структура проявляется только при низких т-рах; в обычных условиях она приводит к диффузным, т. е. размытым, спектрам), что широко используют в хим. анализе и исследованиях. Появление этих полос связано с переходами электронов между связывающими  $\sigma$ - и  $\pi$ -, несвязывающими  $n$ - и разрыхляющими  $\pi^*$ - и  $\sigma^*$ -орбиталями (см. *Молекулярные спектры*). Это позволяет использовать УФС для изучения электронного строения молекул, влияния заместителей на хим. св-ва ароматич. соединений, для уста-

новления типа хим. связей, определения параметров пов-стей потенц. энергии возбужденных состояний молекул и т. п. В основе этих исследований лежит отнесение полос поглощения УФ спектров к определенным электронным переходам. При этом необходимо учитывать положение и интенсивность полос. Обычно под термином «УФ спектроскопия» понимают именно эту область спектроскопии.

Для насыщ. углеводородов возможны только  $\sigma \rightarrow \sigma^*$ -переходы, требующие больших энергий, и соответствующие им полосы лежат в области вакуумного УФ, напр. в случае метана и этана – при 125 и 135 нм соответственно. Для ненасыщ. соединений характерны  $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходы, проявляющиеся при длинах волн 165–200 нм. Наличие сопряжения, алкильных или др. заместителей (в т. ч. содержащих гетероатомы) приводит к смещению полос в длинноволновую область (батохромный сдвиг), напр. бутадиев поглощает уже при 217 нм. У карбонильных (как и у тиокарбонильных) соед. в наиб. длинноволновой области находится малоинтенсивная полоса, вызванная  $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходом, запрещенным по симметрии. В более коротковолновой области проявляются полосы высокой интенсивности  $n \rightarrow \sigma^*$ - и  $\pi \rightarrow \pi^*$ -переходов. Так, в спектре формальдегида имеют максимумы поглощения при 295 (слабый), 185 и 155 нм.

Полосы поглощения сложных эфиров, амидов, галогенангидридов смещены в коротковолновую область, а полосы тиокарбонильных соед. – в длинноволновую область по сравнению с полосами поглощения соответствующих карбонильных соед., напр.: максимумы поглощения  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{N}$ ,  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{NH}_2$  и  $\text{CH}_3\text{C}(\text{S})\text{NH}_2$  наблюдаются при 290, 214 и 358 нм соответственно. Вследствие гибридизации неподеленной пары электронов азота в соед., содержащих группу  $\text{C}=\text{N}$ , интенсивность полосы  $n \rightarrow \pi^*$ -перехода у них выше, чем у карбонильных соединений. В спектрах нитросоед. положение и интенсивность полосы  $n \rightarrow \pi^*$ -перехода зависит от природы соседнего с нитрогруппой атома. Так, у О-нитросоед. эта малоинтенсивная полоса расположена в более коротковолновой области, чем у С-нитросоединений. В спектре нитрамина ( $\text{N}-\text{NO}_2$ ) полоса  $n \rightarrow \pi^*$ -перехода наиб. интенсивная.

Для азо- и нитрозосоединений также характерны  $n \rightarrow \pi^*$ -переходы. Полосы УФ спектра N- и O-нитрозосоединений смещены в коротковолновую область по сравнению с полосами С-нитрозосоединений. Сопряжение кратных связей с такими азотсодержащими хромофорными группами, как  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}=\text{N}$ ,  $\text{N}_3$ , вызывает батохромный сдвиг всех полос поглощения и возрастание их интенсивности.

Характер спектра поглощения зависит от взаимного расположения хромофоров. Если хромофорные группы соединены непосредственно, то в спектре наблюдаются сильные изменения по сравнению со спектрами соед. с изолированными хромофорными группами. Относит. расположение хромофоров у кратных связей позволяет различать *цис*- и *транс*-изомеры.

Полосы в спектрах ароматич. соед. связаны с переходами  $\pi$ -электронов ароматич. системы. На вид спектра влияют заместители: такие как алкил, галогены – незначительно, группы с неподеленными парами электронов ( $\text{OH}$ ,  $\text{OR}$ ,  $\text{NH}_2$ ,  $\text{NF}_2$ ) – сильно. Если имеются карбонильная, нитро- или нитрозогруппа, то в спектре дополнительно наблюдаются полосы  $n \rightarrow \pi^*$ -перехода. В спектрах нек-рых замещенных бензола, напр. нитробензола, удается выделить полосы в внутримол. переносом заряда (соответствующие переходам, при к-рых происходит преимущ. уменьшение электронной плотности на одном участке молекулы и ее увеличение на др. участке).

УФ спектры ароматич. соед. зависят не только от характера, но и от взаимного расположения заместителей. Так, в спектрах *орто*- и *мета*-нитроанилина имеются три полосы, вызванные переносом заряда от донора к акцептору, от кольца к акцептору и локальным возбуждением бензольного кольца с вкладом переноса заряда от донора к кольцу. *пара*-Изомер имеет те же переходы, но из-за совпадения направления переноса заряда во всех трех случаях в спектре появляется одна интенсивная полоса поглощения (при 320 нм).

Насыщ. гетероциклы имеют полосы, соответствующие  $n \rightarrow \pi^*$ -переходам. Полосы поглощения кислород- и азотсодержащих соед. лежат в области вакуумного УФ. Серосодержащие соед. имеют соответствующие полосы в обычной УФ области.

Замена в ароматич. кольце группы  $\text{=CH}$  на  $\text{=N}$  приводит к повышению интенсивности длинноволновой полосы поглощения и появлению полосы  $n \rightarrow \pi^*$ -перехода (к-рая в случае пиридина проявляется только в спектрах его паров). По мере увеличения числа атомов N в цикле полосы  $n \rightarrow \pi^*$ -переходов сдвигаются в длинноволновую область.

Наличие интенсивных характеристик. полос в УФ спектрах мн. хим. соединений используется для разработки методов их идентификации и количеств. определения. Последние основаны на законе Бугера–Ламберта–Бера (см. *Абсорбционная спектроскопия*) и отличаются селективностью и высокой чувствительностью – до  $10^{-7}\%$  по массе. Имеются хим. сенсоры со световодами, измеряющие поглощение определяемого в-ва в УФ области.

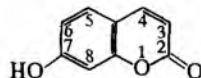
УФС применяют также для изучения кинетики хим. и фотохим. р-ций, исследования люминесценции, уровней энергии и вероятностей квантовых переходов в твердых телах и т. д. Особое значение имеет УФС для установления состава космич. объектов и изучения протекающих на них процессов.

Лит.: Столяров К. П., Химический анализ в ультрафиолетовых лучах, М.–Л., 1965; Зайдель А. Н., Островская Г. В., Островский Ю. И., Техника и практика спектроскопии, 2 изд., М., 1976. Э. Г. Тетерин.

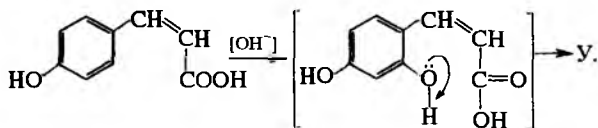
**УЛЬТРАФОСФАТЫ**, см. *Фосфаты конденсированные*.

**УЛЬТРАЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ**, метод разделения и исследования частиц размером менее 100 нм (коллоидные системы, молекулы белков, неуклеиновых к-т, синтетич. полимеров) под действием центробежных сил. Подробнее см. *Центрифугирование*.

**УМБЕЛЛИФЕРОН** (7-гидроксикумарин, 7-гидрокси-2-хроменон, скимметин), мол. м. 162,15; бесцв. кристаллы; т. пл. 233–234 °С (с возг.). Хорошо раств. в этаноле, хлороформе, уксусной к-те, плохо – в воде, диэтиловом эфире. В щелочных р-рах флуоресцирует ярко-голубым цветом и интенсивно поглощает УФ свет, пропускаемый видимый. Обладает хим. св-вами фенолов и кумарина.



У. – ключевой продукт в биосинтезе разл. типов прир. кумаринов (фурокумаринов, дигидропиранокумаринов и др.). Обнаружен в большом кол-ве растений – в осн. семейства зонтичных *Umbelliferae* (откуда и произошло его название), а также рутовых и сложноцветных. В растениях может содержаться в виде гликозидов [напр., 7- $\beta$ -D-гликозид У. из *Skimmia japonica* (Rutaceae)] или целого ряда т. наз. терпеновых кумаринов, представляющих собой простые эфиры У. с разл. сесквитерпеновыми спиртами и содержащихся гл. обр. в растениях рода *Ferula*. Предшественник У. в биосинтезе – *n*-кумаровая к-та, из к-рой У. образуется под действием ферментов:



У. выделяют из продуктов сухой перегонки смол, полученных из ряда зонтичных растений родов *Ferula*, *Angelica*, *Heraclium* и др. Синтезируют У. конденсацией  $\beta$ -резорцилового альдегида с уксусным ангидридом в присут. ацетата Na по р-ции Перкина с послед. гидролизом образующегося ацетата У.

У. – компонент нек-рых жидкостных светофильтров и солнцезащитных кремов, кислотно-основной индикатор при pH 6,5–8,0.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 8, М., 1954, с. 141–62; Кузнецов Г. А., Природные кумарины и фурокумарины, Л., 1967, с. 68–69; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 68; Гудвин Т., Мерсер Э., Введение в биохимию, пер. с англ., т. 2, М., 1986, с. 172–75. Ю. Е. Скляр.

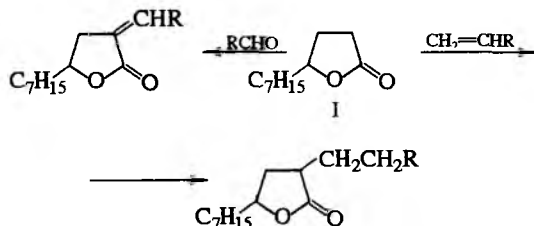
**УМБРА** (от лат. umbra – тень), прир. пигмент, продукт выветривания железных руд, содержащих Mn. Различают У. двух видов – натуральную и жженую. По составу натуральная У. близка к *охре*, от к-рой отличается высоким содержанием Mn (от 6 до 16% в пересчете на  $MnO_2$ ); средний хим. состав (%):  $SiO_2$  20,3;  $Al_2O_3$  7,14;  $Fe_2O_3$  25,0;  $Mn_2O_3$  7,0; CaO 4,0;  $H_2O$  10,2. Натуральная У. – порошок от красновато-коричневого до зеленовато-коричневого цвета, не раств. в воде и орг. р-рителях; средний размер частиц 1,5–4 мкм; плотн. 2,5–3,4 г/см<sup>3</sup>; маслосмкость 38–48 г/100 г; укрывистость 30–40 г/м<sup>2</sup>. Устойчива к действию света и щелочей, при нагрев. темнеет. При прокаливании (400–600 °С) образуется жженная У. – темно-коричневые пигменты разнообразных оттенков.

Для приготовления натуральной У. используют обычные приемы обработки минер. пигментов: удаление примесей, дробление и размалывание, а при необходимости отмучивание, обезвоживание, просеивание и т. д.

У. – пигменты в произ-ве обоев, бумаги. Тонкодисперсную У. используют в литографии и цветной печати, для получения масляных, фасадных, силикатных и художеств. красок.

*Лит.*: Толстякина К. И., Природные пигменты Советского Союза, их обогащение и применение, М., 1963; Беленький Е. Ф., Рыськин И. В., Химия и технология пигментов, Л., 1974. Т. А. Телегина.

**УНДЕКАЛАКТОН** (5-гептилтетрагидрофуранон,  $\gamma$ -гептил- $\gamma$ -бутиролактон, «альдегид С 14»), соед. ф-лы I, мол. м. 184,28; бесцв. жидкость с сильным запахом, при разбавлении напоминает запах персика; т. кип. 150–155 °С/5 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,9494–0,9507;  $n_D^{20}$  1,4512–1,4550; р-римость в 60%-ном этаноле 1 : 4, не раств. в воде. Под действием минер. к-т лактонный цикл У. размыкается, У. конденсируется с альдегидами и непродельными соед., напр.:



Получают У. циклизацией 10-ундециленовой к-ты в присут.  $H_2SO_4$  или радикальным присоединением 1-октанола к акриловой к-те.

Применяют У. для составления парфюм. композиций, мыльных отдушек и пищ. эссенций, а также как сырье для получения душистого в-ва – дигидрожасмона.

Т. всп. 140 °С, т. самовоспл. 234 °С, КПВ 0,88–6,97% по объему, температурные пределы воспламенения: нижний 136 °С, верхний 191 °С. ЛД<sub>50</sub> 18,5 г/кг (крысы, перорально). Л. А. Хейфиц.

**УНДЕКАНАЛЬ** (ундециловый альдегид)  $CH_3(CH_2)_9CHO$ , мол. м. 170,29; бесцв. маслянистая жидкость с цветочно-фруктовым (в сильно разбавлении) запахом; т. пл. –4 °С, т. кип. 117–118 °С/18 мм рт. ст., 109–115 °С/5 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,825–0,830;  $n_D^{20}$  1,4322; давление пара 5,32 Па (20 °С); окисим, т. пл. 72 °С, семикарбазон, т. пл. 103 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 104 °С; раств. в орг. р-рителях, р-римость в 80%-ном этаноле 1 : 20, не раств. в воде. Содержится в небольшом кол-ве в цитрусовых маслах, животном жире (~0,4%).

Легко окисляется и полимеризуется, не образует бисульфитного соединения. Получается дегидрированием ундеканола. Применяется в небольших кол-вах (0,05–1%) при составлении парфюм. композиций. Т. всп. 96 °С. Л. А. Хейфиц.

**УНДЕКАНОЛ** (ундециловый спирт)  $CH_3(CH_2)_9CH_2OH$ , мол. м. 172,31; бесцв. жидкость со слабым цветочным запахом; т. пл. 19 °С, т. кип. 123–125 °С/6 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,8334;  $n_D^{20}$  1,4392; давление пара 1,46 Па (20 °С); фенилуретан, т. пл. 62 °С; хорошо раств. в диэтиловом эфире, умеренно – в этаноле, не раств. в воде. Содержится в небольших кол-вах в нек-рых эфирных маслах. Получается каталитич. гидрированием эфиров ундециловой к-ты. Применяется при составлении парфюм. композиций. Т. всп. > 110 °С. Л. А. Хейфиц.

**УНТЕРЦАУХЕРА МЕТОДЫ**. 1) Определение кислорода в орг. в-вах. Основан на термич. разложении орг. в-ва в атмосфере азота, предварительно очищенного от кислорода. Образующиеся газы пропускают над углем, нагретым до 1120 °С. При этом кислород превращается в  $CO$ , к-рый при взаимодействии с  $I_2O_5$  или  $NI_2O_5 \cdot I_2O_5$  выделяет  $I_2$ . Последний поглощают р-ром щелочи и оттитровывают р-ром  $Na_2S_2O_3$ . По кол-ву иода рассчитывают кол-во кислорода в исследуемом орг. соединении.

Метод предложил И. Унтерцаухер в 1940.

В дальнейшем были разработаны разл. модификации У. м., напр.: вместо угля использовали гранулир. сажу, нагретую до 1150 °С; применяли сажу с добавками Pt или Ni; кол-во  $CO_2$  устанавливали кондуктометрически; после разложения орг. в-ва в замкнутом объеме выделившийся  $CO$  определяли хроматографически.

Разработан также вариант метода для ультрамикрoанализа (масса образца ~ 10 мкг).

2) Определение углерода и водорода в орг. соединениях. Анализируемое в-во сжигают над  $CuO$  в токе воздуха. Водород определяют по выделившейся  $H_2O$ , к-рую связывают безводным  $BaCl_2$ , а углерод – по  $CO$ , к-рый образуется при пропускании выделившегося  $CO_2$  над нагретым до 1120 °С углем. При этом кол-во  $CO$  устанавливают, как при определении кислорода, т. е. иодометрически. Метод предложен И. Унтерцаухером в 1950–51.

*Лит.*: Губен-Вейль, Методы органической химии. Методы анализа, М., 1963, с. 137, 158–65; Тёльг Т., Элементный ультрамикрoанализ, пер. с англ., М., 1973, с. 82; Методы количественного органического элементного микроанализа, М., 1987, с. 136–37; Unterzaucher J., «Ber.», 1940, Bd 73, S. 391. Н. К. Куцева.

**УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ СМАЗКИ**, пластичные смазки, предназначенные для герметизации зазоров в механизмах и оборудовании, уменьшения трения и износа деталей, предотвращения задира и схватывания трущихся пов-стей. У. с. чаще всего используют в сальниковых уплотнениях насосов, арматуре трубопроводов, а также в резьбовых соединениях бурльных труб, трубопроводов и др. Эти смазки обеспечивают работу узлов оборудования в интервале т-р от –40 до 150–200 °С, давлений до 100 МПа и при небольших скоростях перемещения деталей.

По назначению У. с. делятся на след. группы: для запорной арматуры, резьбовых соединений, вакуумных устройств. Смазки для запорной арматуры (пробковые краны, прамоточные задвижки, вентили, регулирующие устройства и др.) не должны раств. в в-вах, с к-рыми они соприкасаются (прежде всего в нефти и нефтепродуктах). Поэтому при получении подобных смазок применяют полимеризованное или окисленное касторовое масло, глицерин, гликоли,  $\alpha$ -олефины и т. д.;

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТИПИЧНЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ СМАЗОК

Смазки	Предел прочности, Па		Вязкость, Па·с		Испаряемость, % (при 150 °С; 1 ч)	Коллоидная стабильность, %	Т-ра применения, °С
	50 °С	80 °С	0 °С	20 °С			
Арматурные	30–550	0–270	400–1300	200–2500	2,6–9,3	0,7–9,0	От –25 до 130
Резьбовые							
для бурового оборудования	80–2000	30–1500	60–1300	10–500	1–6	2–8	От –30 до 200
дисульфидполиэтиленовые пасты	0–750	0–500	120–300	20–100	0–6,5	2–15	До 350
лейнерно-резьбовые	0–200	0–90	20–420	8–130	8–22	6–12	От –50 до 100
для легконагруженных резьб	100–600	0–200	50–200	30–90	14–60	3–35	От –50 до 100
Вакуумные и замазки	20–2000	0–1000	350–5000	250–4000	0–1,5	0,5–2,3	От –50 до 250

их загущают Al- и Zn-мылами, силикагелем, бентонитовыми глинами, сажей и др. При эксплуатации оборудования в условиях высоких давлений в смазки вводят наполнители: графит, MoS<sub>2</sub>, порошкообразные металлы, тальк, слюду и т. п. с размером частиц 10–20 мкм и менее.

Специальные У. с., к-рые служат для облегчения монтажа и демонтажа крепежных и трубных резьбовых соединений, особенно работающих при повышенных т-рах и нагрузках, а также для их уплотнения, содержат твердые антифрикц. добавки (графит, MoS<sub>2</sub>, BN, мелкодисперсный политетрафторэтилен и др.). Для герметизации вакуумных устройств используют У. с. без антифрикц. добавок, имеющие низкое давление насыщ. паров (менее 10<sup>-4</sup>–10<sup>-7</sup> Па). Эти смазки приготавливают из узких фракций высокоочищенных нефтяных масел, касторового масла, а также из синтетич. масел путем загущения твердыми высокоочищенными углеводородами, Al-мылом, силикагелем и т. п.; кроме того, смазки обычно содержат полимерные добавки (полиизобутилен, каучук и др.).

Отдельную группу У. с. составляют т. наз. уплотнительные замазки, применяемые для герметизации разъемных соединений. Эти замазки получают сплавлением твердых углеводородов, мыл, полимерных материалов с небольшим кол-вом нефтяных масел.

Нек-рые характеристики У. с. приведены в таблице. В СССР на долю У. с. приходилось ок. 0,4% выпуска пластичных смазок.

Лит.: Товарные нефтепродукты, свойства и применение. Справочник, под ред. В. М. Школьников, 2 изд., М., 1978, с. 359–64; Гуреев А. А., Фукс И. Г., Лашхв В. Л., Химмотология, М., 1986, с. 333–43.

А. В. Виленкин.

**УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ**, ур-ния, выражающие связь между параметрами состояния физически однородной системы при термодинамич. равновесии. Термическое У. с. связывает давление  $p$  с объемом  $V$  и т-рой  $T$ , а для многокомпонентных систем – также с составом (молярными долями компонентов). Калорическое У. с. выражает внутр. энергию системы как ф-цию  $V$ ,  $T$  и состава. Обычно под У. с., если специально не оговаривается, подразумевают термич. У. с. Из него можно непосредственно получить коэф. термич. расширения, коэф. изотермич. сжатия, термич. коэф. давления (упругости). У. с. является необходимым дополнением к термодинамич. законам. Пользуясь У. с., можно раскрыть зависимость термодинамич. ф-ций от  $V$  и  $p$ , проинтегрировать дифференц. термодинамич. соотношения, рассчитать *летучести* (фугитивности) компонентов системы, через к-рые обычно записывают условия *фазового равновесия*. Термодинамич. устанавливает связь между У. с. и любым из *термодинамич. потенциалов* системы, выраженным в виде ф-ции своих естественных переменных. Напр., если известна энергия Гельмгольца (свободная энергия)  $F$  как ф-ция  $T$  и  $V$ , то  $p = -(\partial F/\partial V)_T$ .

У. с. не может быть получено с помощью одних только законов термодинамики, оно определяется из опыта или выводится методами статистич. физики. Последняя задача очень сложная и м. б. решена лишь для упрощенных моделей системы, напр. для идеального газа. У. с., применяемые для реальных систем, имеют эмпирич. или полуэмпирич. характер. Ниже рассмотрены нек-рые наиб. известные и перспективные У. с.

У. с. идеального газа имеет вид  $pV = RT$ , где  $V$  – молярный объем,  $R$  – универсальная газовая постоянная. Этому ур-нию подчиняются реальные газы при высоких разрежениях (см. *Клапейрона – Менделеева уравнение*).

Св-ва реальных газов при небольших и средних давлениях хорошо описываются *вириальным уравнением*:  $p/RT = 1 + B_2/V + B_3/V^2 + \dots$ , где  $B_2$ ,  $B_3$  – второй, третий и т. д. вириальные коэф. ф-циенты. Для данного в-ва они зависят лишь от т-ры. Вириальное У. с. обосновано теоретически; показано, что коэф.  $B_2$  определяется взаимод. пар молекул,  $B_3$  – взаимод. трех частиц и т. д. При больших плотностях в-ва записанное выше разложение по степеням обратного объема расходится, поэтому вириальное ур-ние непригодно для описания жидкостей. Оно служит лишь для

расчета летучестей компонентов газообразных в-в. Обычно ограничиваются членом  $B_2/V$  (редко  $B_3/V^2$ ). В лит. приводят эксперим. значения вириальных коэф., разработаны и теоретич. методы их определения. У. с. со вторым вириальным коэф.  $B_2$  широко используют для моделирования газовой фазы при расчетах фазовых равновесий в случае не слишком высоких давлений (до 10 атм). Его применяют также для описания св-в разбавленных р-ров высокомогл. в-в (см. *Расчеты полимеров*).

Для практич. расчетов фазовых равновесий в широком диапазоне т-р и давлений важное значение имеют У. с., способные описать одновременно св-ва жидкой и газовой фаз. Впервые такое ур-ние было предложено Й. Ван-дер-Ваальсом в 1873:

$$p = RT(V - b) - a/V^2,$$

где  $a$  и  $b$  – постоянные Ван-дер-Ваальса, характерные для данного в-ва (см. *Ван-дер-Ваальса уравнение*). Это У. с. имеет третий порядок относительно объема  $V$ , любая изотерма при параметрах состояния, меньших критич. значений (в докритич. области), имеет три действит. положит. корня при фиксир. давлении. Наиб. из корней ур-ния соответствует газовой фазе, наименьший – жидкой; средний корень ур-ния физ. смысла не имеет. В сверхкритич. области параметров состояния изотермы имеют лишь один действит. корень.

Кубич. зависимость давления от объема сохраняется во мн. эмпирич. модификациях ур-ния Ван-дер-Ваальса. Чаще других используют двухпараметрич. ур-ния Пенга – Робинсона (1976) и Редлиха – Квонга – Соаве (1949, 1972). Эмпирич. постоянные этих У. с. можно определить по критич. параметрам в-ва (см. *Критическое состояние*). Чтобы расширить круг описываемых У. с. систем, набор рассматриваемых св-в, диапазон т-р и давлений, разработаны кубич. У. с., содержащие три и более эмпирич. постоянных. Важное преимущество кубич. У. с. – их простота, благодаря чему при расчетах с помощью ЭВМ не требуется слишком больших затрат машинного времени. Для мн. систем, образованных неполярными или слабо полярными в-вами, эти У. с. обеспечивают требуемую для практич. целей точность.

Если известны подробные эксперим. данные о  $p$ – $V$ – $T$ -зависимостях, для их обобщения привлекают многопараметрич. эмпирические У. с. Одно из наиб. распространенных У. с. такого типа – ур-ние Бенедикта–Вебба–Рубина (ур-ние БВР), разработанное в 1940 на основе вириального У. с. В этом ур-нии давление  $p$  представлено в виде полинома плотности в-ва с коэф. ф-циями, зависящими от т-ры. Членами ряда высоких порядков пренебрегают, а для компенсации включают в ур-ние экспоненциальный член. Это приводит к появлению  $S$ -образных изотерм и дает возможность описывать жидкую фазу и равновесия жидкость – газ.

Для неполярных и слабо полярных в-в ур-ние БВР дает очень точные результаты. Для индивидуального в-ва оно содержит восемь подгоночных параметров, для смеси дополнительно вводятся параметры смешанного («бинарного») взаимодействия. Оценка большого числа подгоночных параметров – задача очень сложная, требующая многочисленных и разнообразных эксперим. данных. Параметры ур-ния БВР известны лишь для неск. десятков в-в, гл. обр. углеводородов и неорг. газов. Модификации ур-ния, направленные, в частности, на повышение точности описания св-в конкретных в-в, содержат еще большее число подгоночных параметров. Несмотря на это, добиться удовлетворит. результатов для полярных в-в не всегда удается. Усложненность формы затрудняет использование У. с. этого типа при расчетах процессов дистилляции, когда необходимо выполнять многократную оценку летучестей компонентов, объема и энтальпии системы.

При описании смесей в-в эмпирич. постоянные У. с. считаются зависящими от состава. Для кубич. У. с. ван-дер-ваальсового типа общеприняты квадратичные правила смешения, согласно к-рым постоянные  $a$  и  $b$  для смеси определяют из соотношений:

$$a = \sum_i \sum_j x_i x_j a_{ij}; \quad b = \sum_i \sum_j x_i x_j b_{ij}.$$

где  $x_i$ ,  $x_j$  – молярные доли компонентов, величины  $a_{ij}$  и  $b_{ij}$  связывают с постоянными для индивидуальных в-в  $a_{ii}$ ,  $a_{jj}$  и  $b_{ii}$ ,  $b_{jj}$  согласно комбинационным правилам:

$$a_{ij} = (a_{ii}a_{jj})^{1/2}(1 - k_{ij}); \quad b_{ij} = (b_{ii} + b_{jj})/2,$$

где  $k_{ij}$  – подгоночные параметры смешанного взаимодей., определяемые по эксперим. данным. Однако квадратичные правила смешения не позволяют получить удовлетворит. результаты для т. наз. асимметричных систем, компоненты к-рых сильно отличаются по полярности и мол. размерам, напр. для смесей углеводородов с водой.

М. Гурон и Дж. Видал в 1979 сформулировали правила смешения нового типа, опирающиеся на модели локального состава, к-рые успешно передают асимметрию концентрац. зависимостей избыточного потенциала Гиббса  $G^E$  для жидких смесей и позволяют существенно улучшить описание фазовых равновесий. Суть подхода состоит в том, что приравнивают величины  $G^E$  жидкого р-ра, получаемые из У. с. и рассчитываемые согласно выбранной модели локального состава [ур-ния Вильсона, NRTL (Non-Random Two Liquids equation), UNIQUAC (Universal QUASI-Chemical equation), UNIFAC (UNIque Functional group Activity Coefficients model); см. Растворы неэлектролитов]. Это направление интенсивно развивается.

Многие двухпараметрич. У. с. (Ван-дер-Ваальса, вириальное с третьим вириальным коэф. и др.) можно представить в виде приведенного У. с.:

$$f(p_{пр}, T_{пр}, V_{пр}) = 0,$$

где  $p_{пр} = p/p_{крит}$ ,  $T_{пр} = T/T_{крит}$ ,  $V_{пр} = V/V_{крит}$  – приведенные параметры состояния. В-ва с одинаковыми значениями  $p_{пр}$  и  $T_{пр}$  имеют одинаковый приведенный объем  $V_{пр}$ ; совпадают также факторы сжимаемости  $Z = pV/RT$ , коэф. летучести и нек-рые др. термодинамич. ф-ции (см. Соответственных состояний закон). Более общий подход, к-рый позволяет расширить круг рассматриваемых в-в, связан с введением в приведенное У. с. дополнит. параметров. Наиб. простые среди них – фактор критич. сжимаемости  $Z_{крит} = p_{крит}V_{крит}/RT_{крит}$  и ацентрич. фактор  $\omega = -\lg p_{пр} - 1$  (при  $T_{пр} = 0,7$ ). Ацентрич. фактор является показателем несферичности поля межмол. сил данного в-ва (для благородных газов он близок к нулю).

К. Питцер предложил пользоваться для расчета фактора сжимаемости линейным разложением

$$Z(T_{крит}, p_{крит}) = Z^0(T_{крит}, p_{крит}) + \omega Z^1(T_{крит}, p_{крит}),$$

где  $Z^0$  означает фактор сжимаемости «простой» жидкости, напр. аргона, а  $Z^1$  характеризует отклонения от модели простой жидкости (см. Жидкость). Предложены корреляционные соотношения, определяющие зависимости  $Z^0(T_{крит}, p_{крит})$  и  $Z^1(T_{крит}, p_{крит})$ . Наиб. известны корреляции Ли и Кесслера, в к-рых зависимость  $Z^0$  от  $T_{крит}$  и  $p_{крит}$  передается с помощью ур-ния БВР для аргона. Зависимость  $Z^1$  от  $T_{крит}$  и  $p_{крит}$  установлена при выборе в качестве «эталонной» жидкости  $n$ -октана. Принимается, что  $Z^1(T_{крит}, p_{крит}) = [Z^*(T_{крит}, p_{крит}) - Z^0(T_{крит}, p_{крит})]/\omega^*$ , где  $\omega^*$  – фактор ацентричности  $n$ -октана,  $Z^*$  – его фактор сжимаемости согласно ур-нию БВР. Разработана методика применения ур-ния Ли–Кесслера и для жидких смесей. Это У. с. наиб. точно описывает термодинамич. св-ва и фазовые равновесия для неполярных в-в и смесей.

Наряду с вышеупомянутыми эмпирич. У. с. важное значение приобрели ур-ния, обладающие возможностями учета особенностей структуры молекул и межмол. взаимодей. Они опираются на положения статистич. теории и результаты численных экспериментов для модельных систем. Согласно мол.-статистич. трактовке, ур-ние Ван-дер-Ваальса описывает флюид твердых притягивающихся сфер, рассматриваемый в приближении среднего поля. В новых ур-ниях уточняется прежде всего член ур-ния Ван-дер-Ваальса, обусловливаемый силами межчастичного отталкивания. Значительно точнее приближение Карнахана–Сгарлинга, опирающееся на результаты численного моделирования флюида твердых сфер в широком диапазоне плотностей. Оно используется во многих

У. с., однако большие возможности имеют У. с. модельных систем твердых частиц, в к-рых учитывается асимметрия мол. формы. Напр., в ур-нии ВАСК (Boublik–Alder–Chen–Kreglewski) для оценки вклада сил отталкивания служит У. с. флюида твердых частиц, имеющих форму гантелей. Для учета вклада сил притяжения употребляют выражение, аппроксимирующее результаты, полученные методом мол. динамики для флюида с межчастичными потенциалами типа прямоугольной ямы (см. Молекулярная динамика). Ур-ние ВАСК и его аналоги позволяют с достаточной точностью описывать смеси, не содержащие высококипящих компонентов.

Особенность описания смесей высококипящих орг. в-в – необходимость учета дополнительной вращательно-колебат. степени свободы, связанной со смещениями сегментов молекул-цепочек (напр., алкенов  $C_8$ ). Для этих систем наиб. распространение получило ур-ние РНСТ (Perturbed Hard Chain Theory), предложенное Дж. Прауснитцем и М. Донахью в 1978. Индивидуальное в-во характеризуется тремя эмпирич. параметрами в ур-нии РНСТ. Комбинационные правила для смеси содержат один параметр смешанного взаимодействия. Дальнейшее усовершенствование ур-ния РНСТ основано на замене потенциала прямоугольной ямы, описывающей притяжение молекул, потенциалом Леннарда-Джонса [ур-ние PSCT (Perturbed Soft Chain Theory)] и на учете анизотропии межмол. сил [ур-ние PACT (Perturbed Anisotropic Chain Theory)]. Последнее ур-ние хорошо описывает фазовые равновесия в системах с полярными компонентами даже без использования подгоночных параметров парного взаимодействия.

Предложен ряд У. с., в к-рых в явном виде учитываются взаимодей. молекул, приводящих, напр., к образованию водородных связей (ассоциация молекул), путем нахождения равновесных концентраций ассоциатов с помощью действующих масс закона.

В 80-х гг. появились т. наз. групповые У. с. [UNIWAALS (UNIFac van-der-WAALS equation), ур-ние Скъолда–Йоргенсена, MHV-2, дырочное ур-ние, разработанное Н. А. Смирновой и А. И. Викторовым, и др.]. Они позволяют прогнозировать св-ва широкого круга систем, зная модельные параметры для сравнительно небольшого числа структурных фрагментов (групп), из к-рых состоят молекулы компонентов.

Все возрастающий интерес к У. с. обусловлен прежде всего практич. потребностями разработки мн. совр. технологий, связанных с абсорбционным разделением в-в, эксплуатацией нефтяных и газовых месторождений и т. п., поскольку в этих случаях требуется количеств. описание и прогнозирование фазовых равновесий в широком диапазоне т-р и давлений. Однако пока не существует достаточно универс. У. с. Все упомянутые У. с. оказываются неточными при описании состояний вблизи критич. точки и не предназначены для рассмотрения критических явлений. Для этих целей разрабатываются специальные У. с., но и они пока плохо приспособлены для конкретных практич. приложений.

У. с. твердых тел определяют, напр., зависимость модулей упругости от т-ры и давления. Теоретич. расчеты свободной энергии и модулей упругости проводятся для сравнительно простых моделей твердого тела.

У. с. для систем, находящихся во внеш. поле, разрабатываются и исследуются в соответствующих разделах физики. В физике высоких давлений и т-р на основе эксперим. данных и общих теоретич. представлений разработаны модели У. с., охватывающих все агрегатные состояния, включая плотную плазму.

Лит.: Рид Р., Прауснитц Дж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей, пер. с англ., Л., 1982; Уэйлс С., Фазовые равновесия в химической технологии, пер. с англ., ч. 1, М., 1989; Викторова А. И. [и др.], «Ж. прикл. химии», 1991, т. 64, № 5, с. 961–78. Д. Г. Куранов.

**УРАЛКИДНЫЕ СМОЛЫ** (алкидно-уретановые смолы), модифицированные алкидные смолы. Получают их по р-ции диизоцианатов с низкомолекулярными олигомерами – продуктом взаимодей. многоатомных спиртов (полиолов), многоосновных карбоновых и одноосновных высших жирных к-т. В качестве изоцианатного компонента чаще всего используют 2,4-толуи-

лендиизоцианат, в качестве спиртового – глицерин, пентаэритрит; основные кислотные компоненты – многоосновные алифатич. (напр., адипиновая) или ароматич. (напр., фталевая) к-ты, а также одноосновные высшие к-ты высыхающих и полувсыхающих растит. масел.

На первом этапе жирнокислотным или моноглицеридным способом обычно получают алкидные олигомеры. При ж и р-нок и слотном способе кислотные компоненты и многоатомный спирт смешивают и р-цию проводят при т-ре 220–250 °С; при моноглицеридном способе на первой стадии из растит. масла и полиола при т-ре 245–260 °С получают неполные эфиры глицерина, к-рые на второй стадии вводят во взаимодей. с фталевым ангидридом. При любом способе получения алкидного олигомер должен содержать незначит. кол-во карбоксильных групп и большое кол-во гидроксильных; по группам ОН в дальнейшем протекает взаимодей. с изоцианатом.

При синтезе У. с. перед загрузкой изоцианатного компонента из полученного олигомера тщательно отгоняют воду и процесс взаимодей. ведут при т-ре 80 °С; соотношение групп (NCO): (ОН) = 0,8 : 0,9. Получающиеся У. с. обычно не содержат своб. изоцианатных и кислотных групп, что позволяет вводить в них пигменты основного характера (напр., ZnO) и смешивать с др. пленкообразователями.

Отверждение У. с. происходит в естественных условиях в присут. сиккативов по механизму окислит. полимеризации. По сравнению с алкидными смолами, содержащими одинаковое кол-во остатков к-т (равные по т. наз. жирности), У. с. образуют более твердые, прочные, эластичные и устойчивые покрытия, обладающие повышенной водо-, атмосферо- и износостойкостью. Модифицированные У. с., получаемые с использованием диизоцианата и фталевого ангидрида, обладают также улучшенными смачивающими св-вами, более высокой р-римостью и уменьшенной склонностью к тиксотропии.

Применяют У. с. для получения лаков для полов (см. Полиуретановые лаки), грунтовок по металлу, в качестве покрытий поверхностей, имеющих контакт с морской водой, и др.

Лит.: Саундерс Дж. Х., Фрэнш К. К., Химия полиуретанов, пер. с англ., М., 1968; Соломон Д. Г., Химия органических пленкообразователей, пер. с англ., М., 1971; Охрименко И. С., Верхолаевцев В. В., Химия и технология пленкообразующих веществ, Л., 1978. См. также лит. при ст. Алкидные смолы. Р. А. Семин.

**УРАН** (лат. Uranium) U, радиоактивный хим. элемент III гр. периодич. системы, ат. н. 92, ат. м. 238,0289; относится к *актиноидам*. Стабильных изотопов не имеет. Известно 16 изотопов с мас. ч. 226–240, 242; наиб. долгоживущие изотопы  $^{234}\text{U}$  ( $T_{1/2}$   $2,45 \cdot 10^5$  лет,  $\alpha$ -излучатель),  $^{235}\text{U}$  ( $T_{1/2}$   $7,04 \cdot 10^8$  лет,  $\alpha$ -излучатель) – родоначальник радиоактивного ряда (4n + 3) и  $^{238}\text{U}$  ( $T_{1/2}$   $4,47 \cdot 10^9$  лет,  $\alpha$ -излучатель) – родоначальник радиоактивного ряда (4n + 2). Прир. смесь изотопов содержит 99,275%  $^{238}\text{U}$ , 0,720%  $^{235}\text{U}$ , 0,005%  $^{234}\text{U}$ . Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов  $^{233}\text{U}$   $4,6 \cdot 10^{-27}$  м<sup>2</sup>,  $^{235}\text{U}$   $9,8 \cdot 10^{-27}$  м<sup>2</sup>,  $^{238}\text{U}$   $2,7 \cdot 10^{-28}$  м<sup>2</sup>; сечение деления  $^{233}\text{U}$   $5,27 \cdot 10^{-26}$  м<sup>2</sup>,  $^{235}\text{U}$   $5,84 \cdot 10^{-26}$  м<sup>2</sup>, прир. смеси изотопов  $4,2 \cdot 10^{-28}$  м<sup>2</sup>. Конфигурация внеш. электронных оболочек атома  $5f^2 6s^2 6p^6 6d^1 7s^2$ ; степени окисления +2, +3, +4, +5, +6 (наиб. устойчивая); электроотрицательность по Полингу 1,22; ат. радиус 0,156 нм, ионные радиусы  $\text{U}^{3+}$  0,1024 нм,  $\text{U}^{4+}$  0,089 нм,  $\text{U}^{5+}$  0,088 нм и  $\text{U}^{6+}$  0,083 нм.

Среднее содержание U в земной коре  $3 \cdot 10^{-4}\%$  по массе. В слое литосферы толщиной 20 км содержится  $\sim 10^{14}$  т, в морской воде  $10^9$ – $10^{10}$  т. Важнейшие минералы: настуран  $\text{U}_3\text{O}_8$ , уранинит  $(\text{U}, \text{Th})\text{O}_2$ , урановая смоляная руда (оксиды  $\text{UO}_{2.0}$ – $\text{UO}_{2.67}$ ), карнотит  $\text{K}_2[(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , гюбунит  $\text{Ca}[(\text{UO}_2)_2(\text{VO}_4)_2] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Пром. значение имеют также титанаты, напр. браннерит  $\text{U}_2\text{Ti}_2\text{O}_6$ , силикаты – коффинит  $\text{U}[\text{SiO}_4]_{1-x}(\text{OH})_{4x}$ , тангалониобаты и гидратированные фосфаты и арсенаты уранила – урановые слюдки. Крупные месторождения У. находятся в Канаде, ЮАР, США, Австралии, Франции и др. странах.

**Свойства.** У. – серебристо-белый блестящий металл. Ниже 669 °С устойчива  $\alpha$ -форма с ромбич. решеткой,  $a = 0,2854$  нм,  $b = 0,5869$  нм,  $c = 0,4956$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа *Стст*, плотн. 19,12 г/см<sup>3</sup>; в интервале 669–776 °С устойчива  $\beta$ -форма с тетрагон. решеткой,  $a = 1,0758$  нм,  $c = 0,5656$  нм,  $z = 30$ , пространств. группа  $P4_2/mn$ , плотн. 18,11 г/см<sup>3</sup>; выше 776 °С существует  $\gamma$ -форма с объемноцентрированной кубич. решеткой,  $a = 0,3525$  нм,  $z = 2$ , пространств. группа *Im3m*, плотн. 18,06 г/см<sup>3</sup>;  $\Delta H$  перехода  $\alpha \rightarrow \beta$  2,78 кДж/моль,  $\beta \rightarrow \gamma$  4,73 кДж/моль. Т. пл. 1135 °С, т. кип. ок. 4200 °С; рентгеновая плотн.  $\alpha$ -U 19,16 г/см<sup>3</sup>;  $S_p^0$  27,67 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  8,72 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{возг}}^0$  446,7 кДж/моль;  $S_{298}^0$  50,20 Дж/(моль·К); ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $-25230/T + 5,71$  (1980–2420 К);  $\rho$  28 мкОм·см; теплопроводность 0,29 Вт/(см·К) при 343 К; температурный коэф. линейного расширения  $\alpha$ -U  $6,8 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$  (573 К),  $9,2 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$  (773 К); модуль упругости 1758 ГПа;  $\sigma_{\text{раст}}$  0,344–1,379 ГПа (225 °С), 186,2 МПа (150 °С), 82,7 МПа (600 °С); модуль сдвига 73,1 ГПа; коэф. Пуассона 0,25; коэф. сжимаемости 97,9 ГПа; модуль упругой деформации 0,176 кПа; твердость по Виккерсу 200–300 при комнатной т-ре. При облучении нейтронами урановых блоков изменяются их размеры и форма, ухудшаются мех. св-ва в связи с накоплением продуктов деления У. Уран слабо парамагнитен, магн. восприимчивость  $+1,6 \cdot 10^{-6}$ .

У. очень реакционноспособен, взаимодей. с большинством простых в-в, на воздухе покрывается черной пленкой *урана оксидов*, порошкообразный У. пирофорен. Реагирует с водой, быстро раств. в соляной и азотной к-тах, медленно – в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , фтористоводородной к-те, образуя соли уранила  $\text{UO}_2^{2+}$ .

В водных р-рах У. может существовать в степенях окисления от +3 до +6. Стандартные окислит. потенциалы для  $\text{U(IV)/U(III)}$   $-0,52$  В,  $\text{U(V)/U(IV)}$  0,38 В,  $\text{U(VI)/U(V)}$  0,17 В,  $\text{U(VI)/U(IV)}$  0,27 В. Для бесконечно разб. водных р-ров  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  ионов:  $-489$  ( $\text{U}^{3+}$ ),  $-591$  ( $\text{U}^{4+}$ ),  $-1032$  ( $\text{UO}_2^+$ ),  $-1019$  кДж/моль ( $\text{UO}_2^{2+}$ ). Ион  $\text{U}^{3+}$  неустойчив, разлагает воду с образованием  $\text{H}_2$  и  $\text{U}^{4+}$ , образуется из  $\text{U}^{4+}$  под действием сильных восстановителей (напр., порошка Zn) или при электр. восстановлении;  $\text{U}^{4+}$  устойчив в отсутствие воздуха, медленно окисляется воздухом до  $\text{UO}_2^{2+}$ , гидролизует, образуется в р-рах  $\text{UO}_2^{2+}$  под действием восстановителей средней силы (напр.,  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_6$ , Pb) или электрохимически;  $\text{UO}_2^+$  неустойчив, быстро диспропорционирует на  $\text{U}^{4+}$  и  $\text{UO}_2^{2+}$ , наиб. устойчив при pH 2–4, образуется при восстановлении  $\text{UO}_2^{2+}$  амальгамой Zn,  $\text{H}_2$  или электрохимически;  $\text{UO}_2^{2+}$  наиб. устойчивое состояние. У. в р-рах гидролизует при pH > 3. Ионы У. в р-рах имеют характерную окраску:  $\text{U}^{3+}$  – красную,  $\text{U}^{4+}$  – зеленую,  $\text{UO}_2^+$  – желтую. Склонность к гидролизу и комплексобразованию уменьшается в ряду  $\text{U}^{4+} > \text{UO}_2^{2+} > \text{U}^{3+} > \text{UO}_2^+$ . Плохо растворимые в воде соли У. – фосфат, ванадат, сульфид, 8-гидроксифторидат и др., а также диуранаты щелочных металлов (соли диурановой к-ты  $\text{H}_2\text{U}_2\text{O}_7$ ) используются для выделения  $\text{UO}_2^{2+}$  из р-ров; иодат, фторид, оксалат, купферонат, фениларсонат – для выделения из р-ров  $\text{U}^{4+}$ .

При нагр. У. в атмосфере  $\text{H}_2$  при 250–350 °С образуется тригидрид  $\text{UH}_3$  (табл. 1), к-рый раств. в воде,  $\text{HNO}_3$  и конц. соляной и серной к-тах, не раств. в р-рах щелочей и аммиака; пирофорен; взрывается в смеси с  $\text{CCl}_4$ ; при нагр. выделяет  $\text{H}_2$ ; применяется для получения тонкодисперсного У.

У. образует простые галогениды  $\text{UH}_n$  ( $n = 3, 4, 5, 6$ ), оксигалогениды  $\text{UOHal}_n$  ( $n = 1, 2, 3$ ) и уранилгалогениды  $\text{UO}_2\text{Hal}_n$  ( $n = 1, 2$ ), а также комплексные и смешанные галогениды (табл. 2). Наиб. важные из них – *урана фториды*. Трихлорид  $\text{UCl}_3$ , трибромид  $\text{UBr}_3$  и трийодид  $\text{UI}_3$  синтезируют взаимодей.  $\text{UH}_3$  при 350 °С соотв. с  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  и  $\text{HI}$ ;  $\text{UCl}_3$  получают также р-цией избытка  $\text{UCl}_4$  с Al или Zn при 400 °С с послед. отгонкой  $\text{AlCl}_3$  или  $\text{ZnCl}_2$  и остатка  $\text{UCl}_4$ . Тетрахлорид  $\text{UCl}_4$  синтезируют взаимодей.  $\text{UO}_2$  с  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{COCl}_2$ ,  $\text{S}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  или  $\text{PCl}_5$ , тетрабромид  $\text{UBr}_4$  и



Табл. 1. — ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ УРАНА

Показатель	$\alpha\text{-U}_3\text{N}_4$	$\text{UB}_2$	$\text{UB}_4$	$\text{UB}_{12}$	$\text{U}_3\text{Si}_2$	$\alpha\text{-USi}_2$	US	$\beta\text{-US}_2$	UP
Цвет	Серый	Серебристо-серый	Серебристо-серый	Серебристо-серый	От коричневого до черного	Светло-серый	Серо-черный	Серо-черный	Серый, черный
Сингония	Кубич.	Гексагон.	Тетрагон.	Кубич.	Тетрагон.	Тетрагон.*	Кубич.	Ромбич.†	Кубич.
Параметры решетки, нм:									
a	0,4160	0,31293	0,7075	0,44773	0,73299	0,398	0,54903	0,44803	0,55889
c	—	0,3989	0,3979	—	0,39004	0,1374	—	0,7439	—
Пространств. группа	<i>Pm3m</i>	<i>P6/mmm</i>	<i>P4/mbm</i>	<i>Fm3m</i>	<i>P4/mbm</i>	—	<i>Pm3m</i>	<i>Pbab</i>	<i>Fm3m</i>
Т. пл., °С	100 <sup>b</sup>	2385	2495	2145	1667	1700	2462	1680	2850
Плотн., г/см <sup>3</sup>	11,12	12,82	9,32	5,65	11,31	—	10,87	8,09	10,23
$\Delta H_{\text{обр}}^0$ , кДж/моль	-126,99	-164,3 (1770 К)	—	-252,5 (2060 К)	-170,5	-129,6	-314,3	—	-262,1

<sup>a</sup> Рентгеновая. <sup>b</sup> Т-ра перехода в др. кубич. форму с плотн. 10,92 г/см<sup>3</sup>. <sup>c</sup> Известна также гексагон. форма. <sup>d</sup> Наиб. устойчива; существует также тетрагон. и гексагон. ( $\Delta H_{\text{обр}}^0 = 525,0$  кДж/моль) модификации.

Табл. 2. — ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛОГЕНИДОВ УРАНА

Показатель	$\text{UCl}_3$	$\text{UCl}_4$	$\alpha\text{-UCl}_5$	$\beta\text{-UCl}_5$	$\text{UCl}_6$	$\text{UBr}_3$	$\text{UBr}_4$	$\text{UBr}_5$	$\text{UI}_3$	$\text{UI}_4$
Цвет	Оливково-зеленый	Зеленый	Красно-коричневый	Коричневый	Темно-зеленый	Красновато-коричневый	Темно-коричневый	—	Черный	Черный
Сингония	Гексагон.	Тетрагон. <sup>a</sup>	Моноклинная	Триклинная	Гексагон.	Гексагон.	Моноклинная	Триклинная	Ромбич.	—
Параметры решетки, нм:										
a	0,7442	0,8296	0,799	0,709	1,090	0,7936	1,092	0,7449	0,4328	—
b	—	—	1,069	0,966	—	—	0,869	1,0127	1,3996	—
c	0,4320	0,7481	0,848	0,636	0,603	0,4438	0,705	0,6686	0,9984	—
угол, град	—	—	91,5	88,5 ( $\alpha$ ), 117,6 ( $\beta$ ), 108,5 ( $\gamma$ )	—	—	93,15	89,25 ( $\alpha$ ), 117,56 ( $\beta$ ), 108,87 ( $\gamma$ )	—	—
Число формульных единиц в ячейке	2	4	4	—	3	2	—	—	4	—
Пространств. группа	<i>P6<sub>3</sub>/m</i>	<i>I4/amd</i>	<i>P2<sub>1</sub>/n</i>	<i>P1</i>	<i>C3m</i>	<i>P6<sub>3</sub>/m</i>	—	<i>P1</i>	<i>Cmcm</i>	—
Т. пл., °С	841	590 <sup>b</sup>	327	—	177,5	730 <sup>c</sup>	519 <sup>d</sup>	—	788	520 <sup>e</sup>
Плотн., г/см <sup>3</sup>	5,51	4,87	—	—	3,59	6,55	—	—	6,76	—
$S_{\text{пр}}^0$ , Дж/(моль·К)	102,8	121,85	150,62	—	175,6	105,3	130,8	—	—	—
$\Delta H_{\text{обр}}^0$ , кДж/моль	-866,5	-1017,8	-1035,4	—	-1093,9	-648,7	-800,9	-811,8	-441,8	-508,7
$S_{\text{298}}^0$ , Дж/(моль·К)	158,92	197,05	242,67	—	285,33	178	242	—	238	284
$\Delta H_{\text{возг}}^0$ , кДж/моль	237,4	199,0	170,1	—	74,9	307,2	224,9	—	—	229,1

<sup>a</sup> При 547 °С полиморфный переход,  $\Delta H$  перехода 11,7 кДж/моль. <sup>b</sup>  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  49,91 кДж/моль (590 °С). <sup>c</sup>  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  46,0 кДж/моль (730 °С). <sup>d</sup>  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  71,69 кДж/моль (519 °С); т. кип. 765 °С,  $\Delta H_{\text{нсп}}^0$  126,2 кДж/моль (765 °С). <sup>e</sup>  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  23,58 (788 °С).

тетраидид  $\text{UI}_4$  — р-цией U соотв. с  $\text{Br}_2$  и  $\text{I}_2$ . Соед.  $\text{UCl}_4$ ,  $\text{UBr}_4$  и  $\text{UI}_4$  весьма гигроскопичны, легко раств. в воде и полярных орг. р-рителях и не раств. в неполярных орг. р-рителях.

Пентахлорид  $\text{UCl}_5$  раств. в  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CS}_2$  и тионилхлориде, взаимодей. с эфирами, спиртами, кетонами и др. орг. р-рителями; образуется при обработке  $\text{UCl}_4$  газообразным  $\text{Cl}_2$  при 500 °С, при взаимодей.  $\text{UO}_3$  (или  $\text{U}_3\text{O}_8$ ) с  $\text{CCl}_4$  при 250 °С. Пентабромид  $\text{UBr}_5$  получают при взаимодей. U с  $\text{Br}_2$  в присут. катализатора — ацетонитрила. Гексахлорид  $\text{UCl}_6$  гидролизует. влагой воздуха, бурно реагирует с водой, раств. в  $\text{CCl}_4$  и  $\text{CHCl}_3$ , не раств. в бензоле; получают диспропорционированием  $\text{UCl}_5$  при 120–150 °С в высоком вакууме.

Бориды:  $\text{UB}_2$ ,  $\text{UB}_4$ ,  $\text{UB}_{12}$  не раств. в воде.  $\text{UB}_2$  разлагается конц.  $\text{HNO}_3$ , фтористоводородной к-той,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ; получают взаимодей. U с F выше 1700 °С.  $\text{UB}_4$  раств. в  $\text{HNO}_3$  и фтористоводородной к-те, в кипящей конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; получают электролизом расплава  $\text{U}_3\text{O}_8$  и  $\text{H}_3\text{BO}_3$  при 1000 °С.  $\text{UB}_{12}$  раств. в смеси  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$ , горячий конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , не раств. в горячий конц. соляной и азотной к-тах.

Силициды:  $\text{U}_3\text{Si}$ ,  $\text{U}_3\text{Si}_2$ ,  $\text{USi}$ ,  $\text{U}_3\text{Si}_5$ ,  $\text{USi}_2$ ,  $\text{USi}_3$ . Соед.  $\text{U}_3\text{Si}_2$  и  $\text{USi}_2$  не раств. в воде и неорг. к-тах; получают из U и Si при высоких т-рах:  $\text{U}_3\text{Si}$  перспективен как компонент твзлов;  $\text{USi}_2$ , обогащенный  $^{235}\text{U}$ , — перспективное ядерное топливо.

Сульфиды:  $\text{U}_2\text{S}_3$ ,  $\text{U}_3\text{S}_5$ ,  $\text{US}_2$ ,  $\text{US}_3$ , US. Сульфиды US и  $\text{US}_2$  не раств. в воде, разлагаются неорг. к-тами, US в атмосфере  $\text{O}_2$  воспламеняется при 375 °С; получают взаимодей. U с S или  $\text{H}_2\text{S}$  с послед. гомогенизацией при 1800 °С.

Фосфиды: UP,  $\text{U}_3\text{P}_4$ ,  $\text{UP}_2$ . Фосфид UP устойчив к окислению и гидролизу; не раств. в воде, разб. соляной к-те, разлагается кипящей  $\text{HNO}_3$ , царской водкой; получают из простых в-в при 500–600 °С с послед. гомогенизацией при 1000 °С или взаимодей. порошка U с  $\text{PH}_3$  при 500 °С; UP, обогащенный  $^{235}\text{U}$ , — перспективное ядерное топливо.

Известны соед. U с Ge, Sn, Pb, Te и др. См. также Урана карбиды, Урана нитриды, Уранаты, Уранорганические соединения.

Получение. Технология U тесно связана с урановым топливным циклом (см. Ядерный топливный цикл) и состоит из четырех составных частей, отличающихся изотопным составом перерабатываемых в-в и целями переработки. Производят: соед. U с прир. соотношением изотопов (цель — концентрирование и очистка, подготовка к разделению изотопов или произ-ву Pu); соед., обогащенные изотопом  $^{235}\text{U}$  (цель — произ-во твзлов ядерных энергетич. установок в виде диоксида или сплавов U, а также ядерного оружия); соед., обедненные изотопом  $^{235}\text{U}$  (цель — безопасное хранение, применение вне энергетики); соед., полученные из облученного ядерного горючего (т. наз. радиохим. произ-во, цель — отделение от Pu и Np, очистка от продуктов деления, подготовка к разделению изотопов и повторному изготовлению твзлов). Кроме того, создаются основы технологии U применительно к уран-ториевому ядерному топливному циклу (высокотемпературные газовые ядерные реакторы с топливом из  $^{232}\text{Th}$  и  $^{233}\text{U}$  в виде смешанных диоксидов или карбидов) и к уран-плутониевому циклу (реакторы на быстрых нейтронах с топливом из  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{238}\text{U}$  в виде смешанных диоксидов).



Переработка природных соед. У. включает обогащение руд (получение рудных концентратов), ураново-рудный передел (получение хим. концентратов), аффинаж (получение чистых соед. У., в частности UF<sub>4</sub>), сублиматное (гексафторидное) и металлургич. произ-ва. Для обогащения руд используют радиометрич., гравитационные, реже флотац. методы, магн. сепарацию (см. *Обогащение полезных ископаемых*). Рудные концентраты обычно подвергают выщелачиванию с добавкой окислителей (MnO<sub>2</sub>, NaClO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и др.), концентрируют У. с помощью ионообменной сорбции, осаждают диураты водным р-ром NaOH или NH<sub>3</sub> и прокаливают до U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> (хим. концентрат). Рудные концентраты с высоким содержанием карбонат-ионов выщелачивают р-рами Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Этот процесс, а также серноокислотное выщелачивание сульфидсодержащих руд часто проводят под давлением в автоклавах, используя в качестве окислителя O<sub>2</sub>. Все большее значение приобретает экологически и экономически более выгодное подземное и кучное выщелачивание. В заметных масштабах извлекают У. при переработке фосфатных руд, в частности экстракцией из техн. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, а также сорбцией из морской и др. прир. вод.

Для аффинажа У. применяют методы жидкостной экстракции (обычно трибутилфосфатом из азотнокислых сред), сочетая их с сорбцией на ионообменной смоле и осаждением в виде уранатов. Очищенные р-ры солей U(VI) восстанавливают до U(IV), из них осаждают UF<sub>4</sub>, к-рый сушат и прокаливают. По др. способу получают UO<sub>3</sub>, к-рый восстанавливают H<sub>2</sub> и далее фторируют образовавшийся UO<sub>2</sub> газообразным HF. На сублиматных заводах UF<sub>4</sub> фторируют до UF<sub>6</sub>, на металлургических – восстанавливают Ca или Mg до металла.

Разделение изотопов У. проводят методом диффузии UF<sub>6</sub> через пористые мембраны или с помощью центрифуг. Разрабатывают высокоэффективные лазерные методы. Обогащенный изотопом <sup>235</sup>U (до содержания не менее 2,5–3,0%) поток UF<sub>6</sub> гидролизуют водными р-рами, осаждают и прокаливают осадок, либо подвергают восстановит. пирогидролу влажным H<sub>2</sub> до UO<sub>2</sub>. Обедненный изотопом <sup>235</sup>U (до содержания 0,2–0,4%) UF<sub>6</sub> восстанавливают до UF<sub>4</sub> и далее до металла, либо подвергают пирогидролу до U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

Твэлы после удаления оболочки растворяют в HNO<sub>3</sub>, а р-р очищают методом многоступенчатой экстракции с использованием трибутилфосфата. Очищенный р-р UO<sub>2</sub>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> упаривают, подвергают денитрации и (при необходимости корректировки изотопного состава) превращают полученные оксиды в UF<sub>6</sub>. Используют также осаждение и прокаливание оксалата уранила UO<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·3H<sub>2</sub>O или пероксида UO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O.

**Обращение.** Качественно У. обнаруживают: по яркой желто-зеленой флуоресценции UO<sub>2</sub><sup>2+</sup> в присут. NaF под действием УФ излучения; по образованию желтой окраски при добавлении H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> к карбонатному р-ру или KCNS к кислым р-рам; по красно-бурой окраске р-ра в присут. ферроцианида K или 8-гидрооксихинолина и др.

Количественно У. определяют: гравиметрически – в виде U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, (UO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> и др.; титриметрически – в виде U<sup>4+</sup> с использованием для титрования KMnO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> и др.; фотометрически – по собств. окраске ионов У. Сублимрограммовые кол-ва У. (10<sup>-6</sup>–10<sup>-10</sup> г) определяют люминесцентным методом. Применяют также электрохим. (полярография, потенциометрия, кулонометрия), радиометрич. (уд. α-активности <sup>235</sup>U и <sup>238</sup>U составляет соотв. 0,08 и 0,012 Бк/мкг), нейтронно-активационный (с использованием нуклидов <sup>239</sup>U, <sup>239</sup>Np или продуктов деления У.) и атомно-эмиссионный методы анализа.

**Применение.** У. используют гл. обр. в виде диоксида или сплавов в качестве ядерного топлива в ядерных реакторах на атомных электростанциях и в двигателях крупных транспортных ср-в (корабли, атомные лодки). При делении ядер 1 кг <sup>235</sup>U выделяется ок. 2·10<sup>7</sup> кВт·ч энергии. <sup>235</sup>U – источник энергии в ядерном оружии. Критич. масса <sup>235</sup>U 50 кг (плотн. 19,5 г/см<sup>3</sup>, критич. радиус 9 см). <sup>238</sup>U применяют для получения <sup>239</sup>Pu. <sup>235</sup>U – вторичное ядерное топливо. Обедненный

изотопом <sup>235</sup>U У. используют в бронебойных снарядах и пулях и др. См. также *Урана сплавы*.

Мировая добыча У. в нач. 80-х гг. 20 в. составляла ок. 50 тыс. т в год (без СССР).

Впервые У. в виде UO<sub>2</sub> открыл М. Клапрот в 1789, металл. У. получил Э. Пелиго в 1841.

У. – обще клеточный яд, поражает все органы и ткани; его действие обусловлено хим. токсичностью и радиоактивностью. ПДК для растворимых соед. У. 0,015 мг/м<sup>3</sup>, для нерастворимых – 0,075 мг/м<sup>3</sup>. Осн. мероприятия по борьбе с загрязнением воздушной среды пылью при добыче и переработке У.: макс. механизация процессов, герметизация оборудования, использование мокрых способов переработки сырья. Мн. операции на радиохим. произ-вах проводят дистанционно, с применением биол. защиты.

Лит.: Громов Б. В. Введение в химическую технологию урана, М., 1978; Химия урана, под ред. Б. Н. Ласкорина, М., 1981; Химия урана, под ред. Б. Н. Ласкорина, Б. Ф. Мясоедова, М., 1989; Chemistry of the actinide elements, 2 ed., v. 1, N. Y., 1986, p. 169–442. Б. Ф. Мясоедов, Э. Г. Раков.

**УРАНА КАРБИДЫ:** карбид UC, сесквикарбид U<sub>2</sub>C<sub>3</sub>, дикарбид UC<sub>2</sub> (табл.).

ХАРАКТЕРИСТИКА КАРБИДОВ УРАНА

Показатель	UC	U <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	UC <sub>2</sub>
Цвет	Черный	Черный	Светло-серый
Сингония	Кубич.	Кубич.	Тетрагон.
Параметры решетки, нм:			
а	0,4960	0,8088	0,3526
с	—	—	0,6002
Пространств. группа	Fm3m	I43d	I4/mmm
Т. пл., °С	2400	> 1800**	2500***
Плотн., г/см <sup>3</sup>	13,63	12,88	11,68
С <sub>р</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)	50,12	107,36	60,75
ΔH <sub>сеп</sub> <sup>0</sup> , кДж/моль	– 97,9	– 183,3	– 85,4
S <sub>298</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)	59,20	137,80	68,32
Теплопроводность, Вт/(м·К)	21,6	6,58	3,24
	(298 К)	(317–2073 К)	(298 К)
	23,6		
	(2573 К)		
Температурный коэф. линейного расширения, 10 <sup>-6</sup> К <sup>-1</sup>	10,1	10,7	13,4
	(298 К)	(293 К)	(293–1123 К)
	23	18,5	
	(2773 К)	(1923 К)	
ρ, мкОм·м	0,37	1,6	0,67
	(298 К)	(40 К)	(273 К)
	2,6	2,48	2,83
	(2073 К)	(298 К)	(1773 К)

\* Рентгеновская. \*\* Т-ра разложения. \*\*\* Т. кип. 4370 °С.

У. к. – кристаллы, пирофорны, разлагаются водой при комнатной т-ре с образованием смеси углеводородов (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CH<sub>4</sub> и др.), неорг. к-тами, плохо раств. в спиртах. При повышенных т-рах реагируют с СО (образуя оксикарбиды), CO<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>. Карбид UC получают взаимодей. с или CH<sub>4</sub> с металл. У при 625–900 °С или восстановлением UO<sub>2</sub> или U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> коксом при 1800–1900 °С. Сесквикарбид U<sub>2</sub>C<sub>3</sub> синтезируют при нагр. смеси UC и UC<sub>2</sub> при 1250–1800 °С в вакууме или разложением UC<sub>2</sub> при 1300–1600 °С. Дикарбид UC<sub>2</sub> получают взаимодей. U или его оксидов с С или CH<sub>4</sub> выше 2400 °С. Обогащенные <sup>235</sup>U У. к. UC и UC<sub>2</sub> – ядерное топливо для высокотемпературных реакторов (компоненты керамич. или дисперсионных твэлов).

Для У. к. ПДК 0,075 мг/м<sup>3</sup>.

Б. Ф. Мясоедов.

**УРАНА НИТРИДЫ:** нитрид UN, сесквинитрид U<sub>2</sub>N<sub>3</sub> и динитрид UN<sub>2</sub>, черные (UN – серые или черные) кристаллы (табл.). У. н. легко окисляются на воздухе, разлагаются парами воды, трудно раств. в к-тах, инертны к действию р-ров щелочей, но разлагаются их расплавами. Нитрид UN имеет т. пл. 2855 °С, устойчив в вакууме до 1700 °С; получают взаимодей. U или гидрида U с N<sub>2</sub> или NH<sub>3</sub>, разложением высших нитридов U при 1300 °С или их восстановлением металл. ураном. Нитрид U<sub>2</sub>N<sub>3</sub> известен в двух полиморфных модификациях: кубич. α и гексагон. β (а = 0,3688 нм, b = 0,5839 нм), выделяет N<sub>2</sub> в вакууме выше 800 °С; получают восстановлением UN<sub>2</sub>

ХАРАКТЕРИСТИКА НИТРИДОВ УРАНА

Показатель	UN	$\alpha\text{-U}_2\text{N}_3$	$\text{UN}_2$
Сингония	Кубич.	Кубич.	Кубич.
Параметры решетки, нм:	0,4889	1,0678	1,0628
Пространств. группа	<i>Fm3m</i>	<i>la3</i>	—
Плотн., г/см <sup>3</sup>	14,32*	11,24*	—
$C_p^0$ , Дж/(моль·К)	47,78	52,7**	62,7
$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	-309,3	-385,8**	-431
$S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)	62,41	64,50**	67,3

\* Рентгеновская. \*\* Для  $\text{UN}_{1,50}$ .

водородом. Динитрид  $\text{UN}_2$  синтезируют р-цией U с  $\text{N}_2$  при высоком давлении  $\text{N}_2$ . У. н.  $\text{UN}$ , обогащенный  $^{235}\text{U}$ , — перспективное ядерное топливо.

Для У. н. ПДК 0,075 мг/м<sup>3</sup>.

Б. Ф. Мясоедов.

**УРАНА ОКСИДЫ:**  $\text{UO}_2$ ,  $\text{U}_3\text{O}_8$ ,  $\text{U}_4\text{O}_9$  и  $\text{UO}_3$ . Д и о к с и д  $\text{UO}_2$  (минерал уранинит) — черно-коричневые кристаллы (табл.); при 30,44 К происходит фазовый переход парамагнетик → антиферромагнетик; начиная с ~2000 К наблюдается аномальный рост теплоемкости; температурный коэф. линейного расширения  $9,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  (293–373 К),  $1,08 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  (1173–1273 К); твердость по Моосу 6–7; в воде не раств., не взаимодействует с  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ , газообразным  $\text{HCl}$ ; с  $\text{CCl}_4$  в присут.  $\text{CS}_2$  при 450 °С образует  $\text{UCl}_4$ ; в атмосфере  $\text{O}_2$  при т-ре ниже 250 °С образует оксиды состава  $\text{UO}_{2+x}$  ( $x = 0\text{--}3,34$ ). Получают  $\text{UO}_2$  восстановлением  $\text{U}_3\text{O}_8$  или  $\text{UO}_3$  водородом при т-ре выше 500 °С, термич. разложением  $\text{UO}_2\text{C}_2\text{O}_4$  или  $(\text{NH}_4)_2[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$  в восстановит. или инертной атмосфере, восстановлением  $\text{UO}_2\text{F}_2$  влажным  $\text{H}_2$ .  $\text{UO}_2$ , обогащенный  $^{235}\text{U}$ , — ядерное топливо; минерал — исходное в-во в произ-ве U,  $\text{UF}_4$  и др. соед. урана.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОКСИДОВ УРАНА

Показатели	$\text{UO}_2$	$\alpha\text{-U}_3\text{O}_8$	$\beta\text{-UO}_3$	$\text{U}_4\text{O}_9$
Сингония	Кубич.	Ромбич.	Моноклинная*	Кубич.
Параметры решетки, нм:				
a	0,54704	0,6716	1,034	—
b	—	1,196	1,433	—
c	—	0,4147	0,3910	—
Пространств. группа	<i>Fm3m</i>	<i>C2mt</i>	—	—
Т. пл., °С	2850 <sup>а</sup>	> 1500 <sup>б</sup>	677 <sup>в</sup>	~ 1000 <sup>д</sup>
Плотн., г/см <sup>3</sup> (рентгеновская)	10,964	8,395	7,29 <sup>е</sup>	—
$C_p^0$ , Дж/(моль·К)	73,6	238,0	81,7	293,3
$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	-1085,0	-3574,8	-1223,8	-4512
$S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)	77,0	282,6	96,1	334,1

<sup>а</sup>  $\Delta H_{обр}^0$  78 кДж/моль;  $\Delta H_{возг}^0$  605 кДж/моль (0 К). <sup>б</sup> Т-ра разложения. \* Угол  $\beta = 99,03^\circ$ . <sup>в</sup> Т-ра начала диссоциации на воздухе;  $\Delta H_{возг}^0$  424 кДж/моль (0 К). <sup>д</sup> Экспериментальная.

Октаоксид триурана  $\text{U}_3\text{O}_8$  (минерал настуран) — зелено-черные кристаллы; до 210 °С существует  $\alpha\text{-U}_3\text{O}_8$  с ромбич. решеткой, выше 210 °С —  $\beta$ -форма с ромбич. решеткой ( $a = 0,7068 \text{ нм}$ ,  $b = 1,1445 \text{ нм}$ ,  $c = 0,8303 \text{ нм}$ , пространств. группа *Stct*), по др. данным — с гексагон. решеткой; предполагают существование и др. модификаций.  $\text{U}_3\text{O}_8$  не раств. в воде; получают его термич. разложением мн. кислородсодержащих соед. U (кроме фосфатов) выше 500 °С или окислением  $\text{UO}_2$ . Октаоксид — осн. компонент урановых хим. концентратов, весовая форма при количеств. определении урана.

При термич. разложении  $\text{U}_3\text{O}_8$ , начиная с 1500 °С, в равновесии с  $\text{O}_2$  при атм. давлении находится нанооксид тетраурана  $\text{U}_4\text{O}_9$ .

Триоксид урана  $\text{UO}_3$  — кристаллич. или аморфное в-во от светлого-желтого до оранжевого цвета; существует в след. полиморфных модификациях:  $\alpha$  с ромбич. решеткой ( $a = 0,684 \text{ нм}$ ,  $b = 4,345 \text{ нм}$ ,  $c = 0,4157 \text{ нм}$ ),  $\beta$  с моноклинной решеткой,  $\gamma$  с ромбич. решеткой ( $a = 0,9813 \text{ нм}$ ,  $b = 1,993 \text{ нм}$ ,  $c = 0,9711 \text{ нм}$ ),  $\sigma$  с кубич. решеткой ( $a = 0,416 \text{ нм}$ ),  $\epsilon$  с триклинной решеткой ( $a = 0,4002 \text{ нм}$ ,  $b = 0,3841 \text{ нм}$ ,

$c = 0,4165 \text{ нм}$ ,  $\alpha = 98,10^\circ$ ,  $\beta = 90,20^\circ$ ,  $\gamma = 120,17^\circ$ ) и  $\eta$  с ромбич. решеткой ( $a = 0,7511 \text{ нм}$ ,  $b = 0,5466 \text{ нм}$ ,  $c = 0,5224 \text{ нм}$ ); на образование той или иной модификации оказывают влияние структура исходного в-ва и условия получения.  $\text{UO}_3$  образует гидраты, разлагается на воздухе при 400 °С, восстанавливается  $\text{H}_2$  выше 500 °С до  $\text{UO}_2$ . Получают его разложением нитрата уранила  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  при 500 °С, перекисида  $\text{UO}_4(\text{H}_2\text{O})_n$  при 400–500 °С или гидратов при 450 °С. Применяют как компонент пигментов.

Прокаливанием У. о. с солями или оксидами щелочных, щел.-зем. или нек-рых переходных металлов получают уранаты.

Для У. о. ПДК 0,075 мг/м<sup>3</sup>.

Б. Ф. Мясоедов.

**УРАНА СПЛАВЫ**, сплавы на основе урана. Применяются гл. обр. в качестве ядерного топлива в тепловыделяющих элементах (ТВЭлах). Использование чистого урана ограничено из-за плохих мех. св-в. У. с., особенно подвергнутые термич. обработке, отличаются от чистого урана более высокими мех. св-вами, что обусловлено образованием в них твердых р-ров или интерметаллич. соединений с легирующими элементами.

Элементы, входящие в состав У. с., должны обладать миним. величиной сечения захвата нейтронов, что позволяет уменьшать загрузку в реактор обогащенного урана. Особое внимание уделяется совместимости сплавов с материалом оболочки ТВЭлов при рабочих т-рах, а также их обрабатываемости.

У. с. условно делят на две группы. В первую входят сплавы с элементами, обладающими малой р-римостью в  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -фазах урана (Al, Be, Fe, Si, Ta, Sr и др.), во вторую — сплавы с элементами, обладающими большой р-римостью в  $\gamma$ -фазе: Nb, Zr, Ti, Pu, Hf — полная взаимная р-римость, Mo, U, Re и др. — р-римость более 10 ат. %.

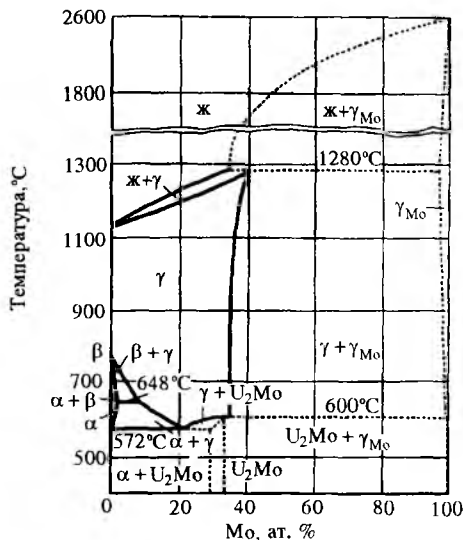


Диаграмма состояния системы U-Mo.

На рис. приведена, как наиб. характерная, диаграмма состояния системы U-Mo. Сплавы, содержащие до 33,3 ат. % Mo, в равновесном состоянии при нормальных условиях имеют структуру  $\alpha\text{-U} + \text{U}_2\text{Mo}$ . При закалке в сплавах с относительно небольшим содержанием Mo образуется мартенситная структура пересыщенного твердого р-ра на основе  $\alpha$ -фазы —  $\alpha'$ - и  $\alpha''$ -фазы; при закалке У. с. с относительно высоким содержанием Mo (более 12 ат. %) образуется структура на основе  $\gamma$ -фазы —  $\gamma^1$ - и  $\gamma^0$ -фазы.

$\alpha'$ -Фаза (до 4,5 ат. % Mo) представляет собой пересыщенный твердый р-р на основе  $\alpha$ -U, в решетке к-рого параметр  $b$  последовательно уменьшается с увеличением содержания Mo.  $\alpha''$ -Фаза (4,5–10 ат. % Mo) отличается от  $\alpha'$ -фазы не-

большим моноклинным искажением ромбич. ячейки. Элементарная ячейка  $\gamma$ -фазы основана на удвоенной по всем направлениям объемноцентрированной кубич. ячейке  $\gamma$ -U ( $a = 0,6884$  нм для сплава с 12,4 ат. % Мо, пространственная группа  $Im3m$ ,  $z = 16$ ) и содержит 16 атомов в неупорядоченном состоянии, 8 из к-рых на  $\sim 0,001$  нм смещены в направлениях осей третьего порядка. Структура  $\gamma$ -фазы для сплава с 10,5 ат. % Мо ( $a = 0,6960$  нм,  $c = 0,6782$  нм, пространственная группа  $I42m$ ,  $z = 16$ ) отличается от  $\gamma$ -фазы небольшим тетрагональным искажением ячейки; при этом величина смещения атомов возрастает до  $\sim 0,002$  нм.

В зависимости от содержания Мо в сплаве происходит также изменение межатомных расстояний в структурах метастабильных фаз и соответствующее изменение твердости закаленных и отпущенных сплавов. Все эти изменения приводят к снижению твердости закаленных сплавов в области  $\alpha''$ -фазы, несмотря на то, что легирование Мо увеличивает прочность сплава.

У. с. хорошо сохраняют мех. прочность при повышенных т-рах, отличаются коррозионной стойкостью в воде при высоких давлениях и т-рах; изделия из них не изменяют форму и размеры при облучении и колебаниях т-ры. Сплавы, содержащие до 10 ат. % Мо, после закалки из области  $\gamma$ -фазы и послед. отпуска при 400–450 °С характеризуются высокой твердостью по Виккерсу (до 570 НV).

Ющие элементы, детали контейнеров для хранения радиоактивных источников, нек-рые детали самолетов (гироскопы, лопатки турбин, балансиры), наконечники бронебойных снарядов; применяют их также в качестве защиты от излучения ядерных реакторов.

Лит.: Сокурский Ю.Н., Стерли Я.М., Федорченко В.П., Уран и его сплавы, М., 1971; Вопросы атомной науки и техники, сер. Материаловедение и новые материалы, под ред. Н.Т. Чеботарева, в. 3, М., 1990; Кап Дж., Сиборг Г., Морес Л., Химия актиноидов, пер. с англ., т. 1, М., 1991.

УРАНА ФТОРИДЫ:  $UF_x$ , где  $x = 6, 5, 4$  и  $3$ ,  $U_3F_8$  и  $U_4F_{17}$ ,  $UOF_4$ ,  $UO_2F_2$ ,  $UOF_2$  и др. оксифториды, гексафтороуранивая к-та  $HUF_6 \cdot nH_2O$  и др., фтороураниаты, напр.  $Na_2UF_8$ . Многие У. ф. при 200–400 °С разлагаются с выделением  $UF_6$ , по схемам  $UF_5 \rightarrow U_2F_9 \rightarrow U_4F_{17} \rightarrow UF_4$  и  $UOF_4 \rightarrow U_3O_5F_8 \rightarrow UO_2F_2$ .

В технологии урана  $UF_6$  и  $UF_4$  – ключевые в-ва;  $UO_2F_2$  и нек-рые комплексные У. ф. – промежуточные в-ва отдельных стадий произ-ва.

Гексафторид  $UF_6$  (табл.) легко возгоняется и дымит во влажном воздухе; ур-ние температурной зависимости давления пара над твердым  $UF_6$   $\lg p(\text{Па}) = 23,99593 - 3123,479/T - 3,77962 \lg T$ , над жидким –  $\lg p(\text{Па}) = 20,724933 - 2065,679/T - 3,72662 \lg T$ ; раств. в орг. р-рителях, жидком HF. Гидролизуется водой и ее парами до  $UO_2F_2$ ; взаимодей. с MF, где  $M = Li, Na, K, NH_4, NO^+$  и др., нек-рыми  $MF_2$  образует

ХАРАКТЕРИСТИКА ФТОРИДОВ УРАНА

Показатель	$UF_6$	$\alpha$ - $UF_5$	$\beta$ - $UF_5$	$U_2F_9$	$UF_4$	$UF_3$	$UO_2F_2$	$UOF_4$
Цвет	Желтоватый	Голубоватый	Голубоватый	Черный	Зеленый	Красновато-фиолетовый	Желтый	Желтый
Сингония	Ромбич.	Тетрагон.	Тетрагон.	Кубич.	Моноклинная <sup>б</sup>	Гексагон.	Тригон. <sup>в</sup>	Тетрагон.
Параметры решетки, нм:								
a	0,9924	0,6525	1,1473	0,8462	1,1273	0,7179	0,5754	1,14743
b	0,8954	—	—	—	1,0753	—	—	—
c	0,5198	0,4472	0,5208	—	0,8404	0,7345	—	0,52043
Число формульных единиц в ячейке	4	2	8	4	12	1	1	8
Т. пл., °С	64,0 <sup>г</sup>	348	Разл.	Разл.	1036 <sup>г</sup>	1500	1030	Разл.
Плотн., г/см <sup>3</sup>	5,06	5,81	6,45	7,09	6,72	8,54	6,44	6,40
$C_p^0$ , Дж/(моль·К)	167	134	—	—	115,9	—	103	—
$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	-2197	-2079	-2071	-4014	-1920	-1508	-1660	—
$S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)	227,6	188	—	—	151,7	117	135	—

<sup>а</sup> Т. возг. 56,5 °С;  $\Delta H_{возг}^0$  48,07 кДж/моль (56,5 °С). <sup>б</sup>  $\beta = 126,33^\circ$ . <sup>в</sup> Т. кип. 1730 °С. <sup>г</sup>  $\alpha = 42,73^\circ$ .

Наиб. высокими мех. св-вами обладают трехкомпонентные (тройные) сплавы, легированные Мо и Nb, Мо и Zr, Мо и Ti, Nb и Zr. Тройные У. с. по прочности не уступают высокопрочным легированным сталям ( $\sigma_{раст} \geq 1600$  МПа, удлинение  $\delta \geq 6\%$ ). Большой практич. интерес в качестве ядерного топлива представляют сплавы U–Al и U–Si в виде соединений  $UAl_3$ ,  $U_3Si$  и  $U_3Si_2$ ; в сплаве U–Al для стабилизации фазы  $UAl_3$  и предотвращения р-ции  $UAl_3 + Al \rightarrow UAl_4$  вводят до 3% Si. Эти сплавы хорошо удерживают газообразные продукты деления и имеют высокую радиационную стойкость.

В У. с. с актиноидами Np и Pu, наиб. близкими к U по электронной структуре и величине атомных радиусов, образуется непрерывный ряд твердых р-ров на основе  $\gamma$ -фазы U, а также широкие области твердых р-ров на основе  $\beta$ - (до 26 ат. % Np и  $\sim 20$  ат. % Pu) и  $\alpha$ -фазы (до 43 ат. % Np и  $\sim 15$  ат. % Pu). Сплавы U–Pu являются основой для т. наз. смешанного ядерного топлива.

В качестве исходного материала для облучения в реакторах с целью произ-ва Pu используют т. наз. нормализованный уран – малолегированные сплавы U с содержанием (по массе) 0,04–0,12% Al, 0,02–0,04% Fe и 0,03–0,11% C либо 0,01–0,05% Fe и 0,01–0,03% Si; такие сплавы обладают мелкозернистой структурой и повышенными, по сравнению с нелегированным U, мех. св-вами.

У. с. получают пл. обр. путем совместного плавления компонентов в вакуумных индукционных или дуговых печах, а также методом электроннолучевой плавки. Из У. с. методом литья или обработки давлением изготавливают тепловыделя-

фтороураниаты (VI); при нагр. восстанавливается  $H_2$ ,  $NH_3$ ,  $CCl_4$  до  $UF_4$ . Его получают взаимодей.  $UF_4$  реже оксидов U, с  $F_2$  (в пром-сти р-цию проводят в пламени смеси  $H_2$  и  $F_2$ ), очищают ректификацией.  $UF_6$  используют при разделении изотопов U методами газовой диффузии и центрифугирования, как исходное в-во в произ-ве  $UO_2$  для твзлов.

Тетрафторид  $UF_4$  гигроскопичен, образует кристаллогидраты; плохо раств. в воде ( $1,6 \cdot 10^{-4}$  моль/л), лучше в к-тах, разлагается р-рами карбонатов металлов. При нагр. во влажном воздухе подвергается окислению и пирогидролизу до  $U_3O_8$  и  $UO_2F_2$ , в  $O_2$  в присут. катализатора образует  $UF_5$  и  $UO_2F_2$ ; восстанавливается  $H_2$  до  $UF_3$ , Ca, Mg – до U. Его получают осаждением из р-ров  $U^{4+}$  с послед. сушкой и прокаливанием, взаимодей.  $UO_3$  с газообразным HF при 300–500 °С, восстановлением  $UF_6$  в пламени смеси  $H_2 - F_2$  или орг. в-вами, м. б. получен термич. разложением  $(NH_4)_2UF_6$  или  $NH_4UF_5$ .

Уранилфторид  $UO_2F_2$  при нагр. выше 800 °С разлагается до  $UF_6$ ,  $U_3O_8$  и  $O_2$  с частичной возгонкой; гигроскопичен, образует кристаллогидраты; хорошо раств. в воде (ок. 65% по массе при 25 °С); получают гидролизом или пирогидролизом  $UF_6$ , взаимодей.  $UO_3$  с газообразным HF.

Лит.: Химия и технология фтористых соединений урана, М., 1961; Химия фтористых соединений актиноидов, М., 1963; Гагаринский Ю.В., Хрипий Л.А., Тетрафторид урана, М., 1966; Шербаков В.И., Зув В.А., Парфенов А.В., Кинетика и механизм фторирования соединений урана, плутония, нептуния фтором и галогенфторидами, М., 1985; Зув В.А., Орехов В.Т., Гексафториды актиноидов, М., 1991; Химия актиноидов, под ред. Дж. Каца, Г. Сиборга, Л. Мореса, пер. с англ., М., 1991. 9. Г. Раков.

**УРАНАТЫ**, соед. оксидов урана с более основными оксидами др. элементов. У.(VI), к-рые можно рассматривать как соли урановой  $H_2UO_4$ , гипотетич. диурановой  $H_2U_2O_7$  и полиурановых  $H_2U_nO_{3n+1}$  к-т, имеют желтый или желто-оранжевый цвет.

У. не раств. в воде, хорошо раств. в минеральных к-тах, разлагаются карбонатными р-рами. Получают их спеканием стехиометрич. количеств  $UO_3$  с др. оксидами. Диуранаты, кроме того, получают осаждением из водных р-ров солей U(VI).

Однозарядные катионы (Na, K и нек-рые др.) образуют моноуранаты состава  $M_2UO_4$ , реже  $2M_2O \cdot UO_2$ , а также диуранаты  $M_2U_2O_7$ ; двухзарядные катионы (Mg, Ca, Ba, Cu, Pb, Mn, Fe и др.) образуют моноуранаты состава  $MUO_4$ , реже  $M_2UO_6$ , а также диуранаты  $MU_2O_7$ . К полиуранатам относятся, напр.,  $Na_2U_6O_{19}$ .

Спеканием оксидов получены У.(VI) более сложного состава, напр.,  $3Na_2O \cdot 7UO_3$ , а также соед. U в др. степенях окисления, напр., У.(V)  $NaUO_5$ . Осаждением из водных р-ров солей U(VI) синтезирован «диуранат» аммония, отвечающий ф-ле  $(NH_4)_2U_4O_{17}$ . При взаимод. оксидов урана в щелочных или карбонатных р-рах с  $H_2O_2$  выделены р-римые перуранаты, напр.  $Na_2UO_5$ .

Нек-рые У. встречаются в природе в виде редких минералов, напр.  $Na_2U_2O_7$  – кларкит.

У.(VI) применяют при получении урана и его соед.: из р-ров солей U(VI) действием аммиака осаждают диуранат аммония  $(NH_4)_2U_2O_7$ , к-рый высушивают и прокалывают при т-рах выше  $400^\circ C$  до оксидов урана ( $U_3O_8$ ,  $UO_2$ ,  $UO_3$ ). Э. Г. Раков.

**УРАНОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**, содержат связь U—C. Степень окисления урана в У. с., как правило, +3 и +4. Электронная плотность связи металл-лиганд смещена в сторону лиганда ( $U^{6+} \rightarrow L^{\delta-}$ ); в этой связи существенна ковалентная составляющая, обусловленная участием f-орбиталей U. Связь U с орг. лигандом может осуществляться по  $\pi$ - или  $\sigma$ -типу. Наиб. изучены  $\pi$ -комплексы, содержащие циклопентадиенильные (Cp) лиганды или их замещенные производные ф-л  $Cr_3U$ ,  $Cr_4U$ ,  $Cr_3UX$ ,  $Cr_2UX_2$ ,  $CrUX_3$  (X –  $\sigma$ -связанные орг. группы или кислотные лиганды), и  $\pi$ -комплексы, содержащие циклооктатетраеновые (Cot) лиганды ф-л  $(Cot)_2U$  (ураноцен) и  $(Cot)UX_2(Sol)_2$  (X – кислотный лиганд, Sol – молекулы р-рителя с  $\pi$ -донорными атомами).

Известны также производные  $Li_2UR_6$ (эфир) $_8$ ,  $Li_3UR_8$ (диоксан) $_3$  с  $\sigma$ -связанными группами и тетрааллильные производные урана.

Хим. св-ва У. с. изучены мало. Обнаружено сходство в поведении У. с. и изолигандных соед. ряда лантаноидов.

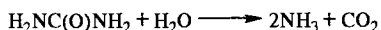
Синтезируют У. с. обычно взаимод. галогенидов урана и циклопентадиенидов или циклооктатетраенидов щелочных или щел.-зем. металлов. Часто используют циклопентадиенид Tl.

У. с. проявляют каталитич. св-ва в процессах димеризации, гидрирования и дегидрирования, изомеризации и олигомеризации непредельных соединений. Обнаружена возможность легкого внедрения малых молекул по  $\sigma$ -связи U—C и U—элемент. Практич. применения У. с. пока не нашли.

Лит.: Comprehensive organometallic chemistry, v. 3, Oxf., 1982, p. 173–270. Д. А. Леменовский.

**УРАЦИЛ**, см. Пиримидиновые основания.

**УРЕАЗА**, фермент класса гидролаз, катализирующий гидролиз мочевины:



Катализирует также расщепление (но со значительно меньшей скоростью) гидроксид- и дигидроксимочевины.

У. из бобов (Jack bean) имеет мол. м. ок. 550 тыс. и состоит из одинаковых каталитически активных субъединиц, мол. м. к-рых ок. 91 тыс. (установлена их первичная структура). Каждая субъединица содержит ион  $Ni^{2+}$ , необходимый для проявления ферментативной активности. В активный центр входит остаток цистеина в положении 592, локализованный

в области, богатой остатками гистидина. Оптимальная каталитич. активность У. проявляется при pH 6,5–7,5; рI 5,0–5,1.

У. содержится у большого числа бактерий и высших растений. В организме человека и животных образуется бактериальной флорой.

Ингибируется У. пероксидом водорода, N-этилмалеинимидом, ионами  $Hg^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Ag^+$ . Сохраняет активность в 8M р-ре мочевины.

У. играет важную роль в круговороте  $N_2$  в природе, разлагая выделяемую животными мочевину на  $CO_2$  и  $NH_3$ . Последний используется почвенными бактериями для биосинтеза белка.

У. применяют в медицине для определения содержания мочевины в крови и моче при ряде заболеваний почек и печени.

Лит.: Reithel F.J., в кн.: The Enzymes, 3 ed., v. 4, N.Y.–L., 1971, p. 1–21; Mamiya G. [a.o.], «Journal of Protein Chemistry», 1987, v. 6, № 1, p. 55–59. Л. Д. Румиш.

**УРЕИДЫ**, N-ацильные производные мочевины, N-карбамилзамещенные амиды карбоновых к-т. К У. относят также производные мочевины и гидроксид- или альдегидокислот, напр. гидантоиновую к-ту  $NH_2CONHCH_2COOH$  и ее циклич. производное – гидантоин. У. – высокопластич. кристаллич. в-ва, обычно трудно раств. в воде и этаноле (табл.). По хим. св-вам – типичные амиды карбоновых кислот. Легко гидролизуются до соответствующей к-ты,  $NH_3$  и  $CO_2$ . Для циклич. У., напр. барбитуровой кислоты и ее производных, характерна кето-енольная и лактам-лактимная таутомерия.

#### СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УРЕИДОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., $^\circ C$
Формилмочевина $HCONHCONH_2$	88,066	168
Ацетилмочевина $CH_3CONHCONH_2$	102,093	218–219
Гидантоиновая к-та $NH_2NCONHCH_2COOH$	118,092	180*
Диалетилмочевина $CH_3CONHCONHCOCH_3$	144,130	152
Оксалуровая к-та $H_2NCONHCOCOOH$	132,076	187
Оксалурамид $H_2NCONHCOCONH_2$	131,091	310
Парабановая к-та (оксалилмочевина)	114,060	243
Барбитуровая к-та (малоиллмочевина)	128,087	248*

\* С разложением.

Получают У. действием карбоновых к-т, их ангидридов, хлорангидридов или сложных эфиров на мочевину. При р-ции с монокарбоновыми к-тами и их производными образуются У. линейного строения, напр. формилмочевина; при р-ции с дикарбоновыми к-тами и их производными – У. двух типов: кислые У., или уреидокислоты, напр. оксалуровая к-та, и средние У. циклич. строения, напр. парабановая к-та.

Наиб. практич. применение имеют У. монозамещенных бромсодержащих к-т (бромурал) и производные барбитуровой к-ты (барбитураты), используемые как снотворные.

Лит.: Меленяева Г.А., Фармацевтическая химия, 2 изд., т. 1, М., 1976; Беликов В.Г., Фармацевтическая химия, М., 1985. С.К. Смирнов.

**УРЕТАНОВЫЕ ЭЛАСТОМЕРЫ** (полиуретановые эластомеры), полимерные материалы на основе полиуретанов. Характеризуются высокими прочностью и эластичностью, высоким сопротивлением ударным нагрузкам и гидроабразивному износу, стойкостью к действию света, радиации, неполярных р-рителей и топлив, а также широким температурным диапазоном эксплуатации (от  $-40$  до  $120^\circ C$ ) (см. также табл.).

Синтез У. э. осуществляют аналогично синтезу полиуретанов взаимод. соед., содержащих изоцианатные группы (диизоцианаты, изоциануратизоцианаты и др.) с би- и полифункциональными олигоэфирами, имеющими концевые гидро-

кисльные группы. В качестве последних обычно используют олигогликоли с мол. м. 1000–5000, сложные эфиры с концевыми группами ОН (гл. обр. продукты поликонденсации адипиновой, фталевой и др. дикарбоновых к-т с низкомолекулярными гликолями), триолы (глицерин, триметилпропан и др.). Р-цию обычно проводят в присут. агентов удлинения и структурирования цепей – гликолей, воды, моноаллилового эфира, глицерина, алифатич. и ароматич. аминов; катализаторы р-ции – третичные амины, орг. соли и комплексы Sn, Fe, Cu или Co.

**СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УРЕТАНОВЫХ ЭЛАСТОМЕРОВ**

Показатель	Литьевые монолитные эластомеры		Вальцуемые монолитные эластомеры		Термоэластопласти монолитные
	Гликоли	Амины	Пероксид	Сера	
Удлинители цепи (вулканизующие агенты)					—
Режим отверждения:					
т-ра, °С	100	100	150–170	—	—
время, ч	20–24		0,2–0,4	—	—
Твердость по Шору А	55–96	70–95	65–80	75–85	75–95
Прочность, МПа	25–35	30–50	20–35	30–35	30–60
Относит. удлинение, %	300–800	300–700	400–650	350–450	350–500
Сопротивление раздиру, кН/м	25–130	30–50	25–40	30–40	90–130
Эластичность по отскоку, %	45–55	30–45	25–40	30–50	35–45
ОДС, %*	45–55	30–45	15–25	30–50	60–90
Истираемость, мм <sup>3</sup>		10–50		—	20–50
Температурный предел хрупкости, °С		–(35–45)	—	–(20–30)	–(20–30)

\* Относит. остаточная деформация сжатия на 20% после старения на воздухе при 80 °С в течение 24 ч.

У.э. – блоксополимеры, гибкие блоки к-рых образованы олигомерными звеньями, а жесткие – ароматич. кольцами диизоцианатов и диаминов или уретан-уретановыми и мочевино-уретановыми звеньями. При этом жесткие блоки, выделяющиеся в микрофазы, играют роль активного наполнителя.

Специфич. св-ва У.э. определяются гл. обр. хим. природой мономеров. Так, напр., У.э. на основе сложных олигоэфиров обладают тепло- и маслостойкостью, на основе простых олигоэфиров – морозостойкостью и гидролитич. стабильностью; использование алифатич. диизоцианатов в большей степени способствует увеличению эластичности, морозостойкости и терлостойкости У.э., чем применение ароматич. диизоцианатов.

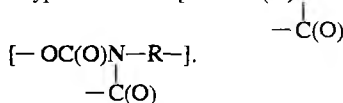
В зависимости от соотношения исходных компонентов У.э. делятся на литьевые, вальцуемые и термоэластопласти.

Технология синтеза У.э. включает: 1) непрерывную сушку гидроксилсодержащего олигомера в вакууме при 150 °С в тонкой пленке; 2) смешение олигомера, изоцианата и катализатора для образования форполимера; 3) смешение форполимера с агентом удлинения и структурирования цепи. Р-ции уретанообразования и удлинения цепи, характерны для всех типов У.э., процесс структурирования – для литьевых и вальцуемых. Важнейшие условия синтеза – отсутствие в сырьевых материалах вредных для роста цепи примесей (гл. обр. к-т и щелочей), точность дозировки компонентов и строгое соблюдение температурных условий р-ции.

Осн. виды литьевых У.э. синтезируют из сложных олигоэфиров – адипинатов этилен-, диэтилен-, гексаметилен-, этиленпропилен- и этиленбутиленгликолей; наиб. используемые простые олигоэфиры – полиокситетра-, полиокситриметилгликоли и их сополимеры; мол. м. (1,8–3,2) · 10<sup>3</sup>, плотн. 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup>. В качестве диизоцианатного компонента применяют гл. обр. 1,5-нафтилен-, 4,4'-дифенилметан- и 2,4-толуиленидиизоцианаты (часто также смесь последнего с 2,6-изомером).

Мех. св-ва литьевых У.э. определяются гл. обр. межмолекулярным взаимодействием полярных групп исходных соед., ван-дер-ваальсовским взаимодействием и водородными связями. В присут. триолов (триметилпропана, глицерина) или при взаимодействии избытка

концевых изоцианатных групп с уретановыми или мочевиными группами полимерной цепи происходит также образование поперечных уретановых связей и разветвлений, напр. биуретовых  $[-NHC(O)N-R-]$  и аллофанатных



Перерабатываются литьевые У.э. методом жидкого реакционного формования, при котором синтез шнитога эластомера происходит одновременно с формованием изделия.

Олигомеры для литьевых У.э. в промышленности выпускают в виде вязкотекучих жидкостей или воскообразных продуктов, упакованных в герметичную тару с определенным сроком хранения: до 6 мес хранят форполимеры с концевыми изоцианатными группами, до 2 лет – олигоэфиры.

Основные пром. назв. литьевых У.э.: СКУ-7Л, СКУ-ПФЛ, СКУ-ПФЛ-ОП и СКУ-ППЛ (страны СНГ), вулколлан и гидрофит (Германия), адипрен, цианпрен и кастомер (США), майтек, санпрен и хайпрен (Япония). Применяют их для изготовления крупногабаритных материалосемких изделий и изделий сложной конфигурации: эластичные штампы, валы бумагоделательных машин, сита грохотов обогатит. агрегатов, ролики и валики разл. твердости для текстильной и полиграфич. промышленности, массивные шины для тихоходного транспорта, уплотнители и футеровки для продуктопроводов, кожухи гидрокранов и др.; об использовании микрокачественных У.э. см. в ст. *Ленополиуретаны*.

Вальцуемые У.э. по набору исходных компонентов аналогичны литьевым, но значительно отличаются по их соотношению; мол. м. ок. 30 000. Ненаполненными вальцуемые У.э. практически не используются, за исключением получения материалов малой твердости. Повышение твердости У.э. на основе насыщенных олигоэфиров происходит в результате структурирования полимера димером диизоцианата или при его вулканизации пероксидами, гл. обр. кумилпероксидом. В случае эластомеров на основе ненасыщенных олигоэфиров (гл. обр. производных моноаллилового эфира) вулканизация протекает по двойным связям; осн. агенты вулканизации – S или серно-ускорительная система, содержащая комплекс ZnCl<sub>2</sub> или ZnBr<sub>2</sub> с гетероциклич. аминами (напр., хинолином). Для получения твердых, прочных и гидролитически стабильных вальцуемых У.э. используют смешанные системы вулканизации – кумилпероксид с диизоцианатами или кумилпероксид с диизоцианатами и серой.

Перерабатывают их аналогично переработке резиновых смесей. Рецептуры таких смесей помимо вулканизующих агентов включают техн. углерод, стеариновую к-ту, антиозонанты. Осн. пром. назв. вальцуемых У.э.: СКУ-8ТБ, СКУ-НВ, СКУ-ПФ и СКУ-ПФ-ОПн (страны СНГ), урепан (Германия), эластолан, миллатан, адипрены С и СМ и хеммигум (США). Применяют их для изготовления уплотнит. деталей при работе в разл. средах, кольцевых прокладок, шестерен с низким вращающим моментом, роликов и пассиков звукозаписывающей аппаратуры, а также искусственных кож для верха и низа обуви.

Уретановые термоэластопласти получают чаще всего взаимодействием полибутиленадиипината, полиокситетраметилгликоля и 4,4'-дифенилметандиизоцианата с низкомолекулярными гликолями (напр., 1,2-бутандиолом, этиленгликолем). В них жесткие диолуретановые блоки (кристаллич. или аморфная фаза) образуют домены, распределенные в матрице гибких олигомерных блоков (аморфная фаза). Локализация уретановых групп в доменах приводит к высокой концентрации водородных связей и др. сильным межмолекулярным взаимодействиям, выполняющим роль физ. сшивков, что обуславливает их хорошие мех. св-ва при умеренных температурах. Термоэластопласти с концевыми группами ОН – линейные полимеры с мол. м. 15 000–20 000, с мол. м. 30 000–40 000 – слабосшитые полимеры, р-римые в ТГФ, ДМФА, ДМСО.

Выпускают уретановые термоэластопласти в гранулах, срок хранения к-рых в условиях отсутствия влаги 6 мес.

Перерабатывают литьем под давлением и экструзией, иногда – формованием из р-ров в ДМФА. В первом случае при т-ре переработки (165–215 °С) разветвленный полимер разрушается, становится линейным и превращается в низковязкую жидкость. Отходы произ-ва изделий используют снова, добавляя их в кол-ве до 50% при переработке к новым порциям гранулята.

Выпускают под назв. витур (СНГ), десмопан и диуренат (Германия), опган, тексин, эстан, элластолен и роилар (США). Применяют в автомобильной пром-сти для произ-ва топливостойких клапанов, эластичных элементов передних подвесок автомобиля, рычагов переключения передач, шлангов; используют также для дублирования тканей, изготовления искусственной кожи, как пластификатор ПВХ, компонент клеев.

Лит.: Райт П., Камминг А., Полиуретановые эластомеры, пер. с англ., Л., 1973; Состояние, перспективы производства и применения выдуваемых уретановых каучуков, Л., 1990; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 23, N. Y., 1983, p. 576–608. Е. С. Юрцева.

**УРЕТАНЫ** (карбаматы), соед. общей ф-лы R'R''NC(O)OR (R' и R'' = H, Alk, Ar; R = Alk, Ar) – сложные эфиры неустойчивой карбаминной к-ты H<sub>2</sub>NCOOH и ее N-замещенных. Часто У. наз. производные этилкарбамата H<sub>2</sub>NCOOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>.

У. – бесцв. кристаллич. в-ва (табл.), раств. в орг. р-рителях, низшие У. (до С<sub>6</sub>) раств. в воде.

**СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ УРЕТАНОВ**

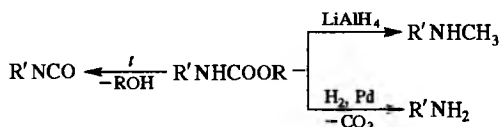
Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>
Метилкарбамат (уретилан) H <sub>2</sub> NCOOCH <sub>3</sub>	75,07	56–58	177	1,1361 <sup>a</sup>	1,4125 <sup>a</sup>
Этилкарбамат (уретан) H <sub>2</sub> NCOOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	89,10	48–50	185	0,9862 <sup>b</sup>	1,4144 <sup>a</sup>
Пропилкарбамат H <sub>2</sub> NCOOC <sub>3</sub> H <sub>7</sub>	103,12	60	196	—	—
Изопропилкарбамат H <sub>2</sub> NCOOCH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	103,12	92–94	181	0,9951 <sup>b</sup>	—
Изобутилкарбамат H <sub>2</sub> NCOOCCH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	117,15	67	207	—	1,4098 <sup>a</sup>
Этил-N-этилкарбамат (этилуретан) C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NHCOOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	117,15	—	176	0,9813	1,4215
Этил-N-метилкарбамат (метилуретан) CH <sub>3</sub> NHCOOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	103,12	—	170	1,0115	1,4183
Этилтионкарбамат (тиоуретан) H <sub>2</sub> NC(S)OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	105,16	41	—	1,069	1,520

<sup>a</sup> При 56 °С. <sup>b</sup> При 21 °С. <sup>c</sup> При 51 °С. <sup>d</sup> При 76 °С. <sup>e</sup> При 66 °С.

У. легко реагируют с нуклеоф. реагентами, напр.: R'NHCOOR + HX → R'NHCOX + ROH; при наличии легко уходящей группы р-ция может идти по механизму отщепления – присоединения: R'NHCOOAr → R'NCO  $\xrightarrow{HX}$  → R'NHCOX.

Кислотный и щелочной гидролиз У. приводит к соответствующему спирту, NH<sub>3</sub> (или амину) и CO<sub>2</sub>; р-ции с NH<sub>3</sub> – к соответствующим производным мочевины, нитрозированию и нитрованию – к N-нитрозо- и N-нитроуретанам (N-нитрозо-метилуретан – исходное соед. для получения диазометана).

При пиролизе У. образуются изоцианаты, при восстановлении LiAlH<sub>4</sub> – N-метиламины, при каталитич. гидрировании или обработке Na в жидком NH<sub>3</sub> – первичные амины:



У. можно алкилировать или ацилировать в случае, если не происходит быстрого алкилирования группы OAlk, напр.:



Осн. метод получения У. – присоединение спиртов или фенолов к изоцианатам. Используют также р-ции эфиров хлормуравьиной к-ты с NH<sub>3</sub> или первичными аминами, спиртов с NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>, NH<sub>2</sub>COSi или циановой к-той. У. образуются из азидов или амидов карбоновых к-т (см. *Курицус-реакция, Гофмана реакции*). Взаимод. диизоцианатов с гликолями приводит к *полиуретанам*.

У. – инсектициды, гербициды, лек. препараты, используют также для синтеза диазолоканов.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982.

Е. Ш. Каган.

**УРИДИН**, см. *Нуклеозиды*.

**УРОВНЕМЕРЫ**, приборы для измерения или контроля уровня жидкостей и сыпучих материалов в резервуарах, хранилищах, технол. аппаратах хим. произ-в и т. п. Приборы для определения кол-ва жидкости или сыпучего материала с целью их учета и сигнализации о переполнении бункеров, расходных баков и др. сосудов наз. У. широкого диапазона измерений. Последний определяется в данном случае гелом. размерами сосудов. Эти приборы снабжены шкалами с делениями, к-рые находятся по одну сторону от нулевой отметки (расположена в начале отсчета); шкалы градуируются в см, дм и м. При необходимости поддержания уровня на заданной высоте приборы показывают величину его отклонения от нормального положения и наз. У. узкого диапазона измерений (100–150 мм). Шкалы данных приборов имеют деления по обе стороны от нулевой отметки (находится посередине) и градуируются в мм и см.

**Уровнемеры для жидкостей**

По принципу действия эти У. разделяются на визуальные, поплавковые, гидростатические, электрические, ультразвуковые, радиоизотопные.

**Визуальные уровнемеры** (рис. 1) – простейшие измерители уровня жидкости. К технол. аппарату 1 через запорные вентили 2 подсоединено указат. стекло (трубка 3). Аппарат и трубка представляют собой сообщающиеся сосуды, поэтому уровень H жидкости в трубке всегда равен ее уровню в аппарате и отсчитывается по шкале.

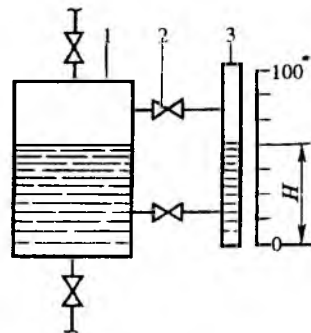


Рис. 1. Визуальный уровнемер.

**Поплавковые уровнемеры**. Чувствит. элемент – поплавок, находящийся на пов-сти жидкости (рис. 2, а). Поплавок 1 уравнивается грузом 3, к-рый связан с поплавком гибким тросом 2. Уровень жидкости определяется положением груза относительно шкалы 4. Пределы измерений устанавливаются в соответствии с принятыми значениями верх. (ВУ) и ниж. (НУ) уровней.

Значительно надежнее тонущие поплавки – массивные буйки (рис. 2, б). При изменении уровня жидкости по закону Архимеда изменяется действующая на конец рычага 2 выталкивающая сила (вес буйка 1). Соотв. изменяющийся момент сил, действующих на рычаг 2, от буйка передается через вал 5, закрепленный в донышке 7, на трубку 6 и уравнивается моментом ее скручивания. Изменение угла скручивания трубки пропорционально величине уровня.

**Гидростатические уровнемеры**. Их действие основано на уравнивании давления столба жидкости p в аппарате (хранилище) давлением столба жидкости, заполняющей измерит. прибор, или пружинным механизмом (p = Hρ, где ρ = const – плотн. жидкости). При достаточно больших значениях уровня H и в отсутствие избыточного давления над жидкостью в качестве У. можно применять манометр с трубчатой пружинной (см. *Манометры*), устанавливаемый на отметке т. наз. нулевого уровня (рис. 3).

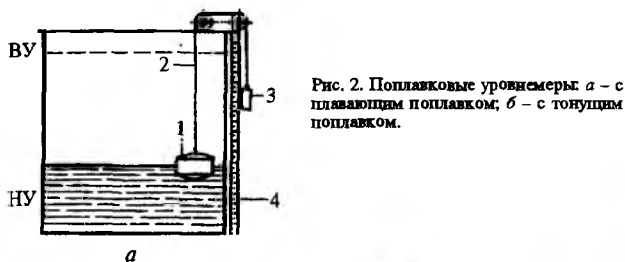


Рис. 2. Поплавковые уровнемеры *а* – с плавающим поплавком, *б* – с тонущим поплавком.

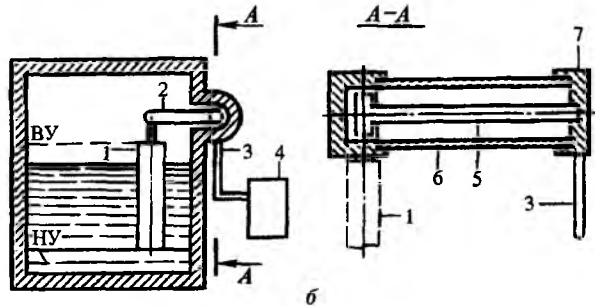


Рис. 3. Уровнемер-манометр с трубчатой пружиной.

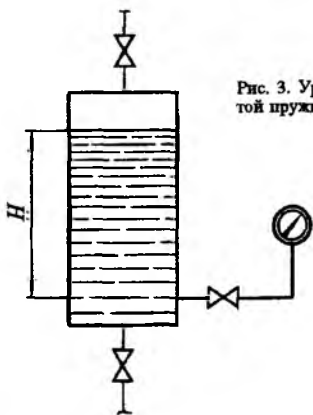


Рис. 4. Дифференциальные уровнемеры: измерение уровня в открытом резервуаре (*а*) и аппарате, работающем под давлением (*б*).

Дифференциальные уровнемеры позволяют измерять уровень в открытых (атм. давление) или закрытых (давление либо разрежение) резервуарах (рис. 4). Относительно постоянный уровень жидкости в одном из колен измерит. прибора (дифманометра), а следовательно, и в контролируемом аппарате обеспечивается уравнит. сосудом (на- 89

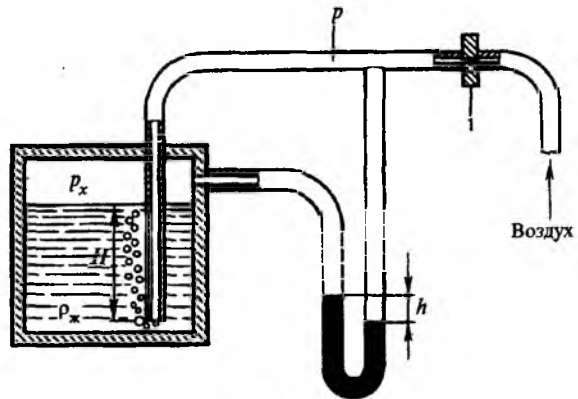


Рис. 5. Пьезометрические уровнемеры для неагрессивных (*а*) и агрессивных (*б*) жидкостей под давлением.

полнен до определенного уровня той же жидкостью, что и в аппарате). Высота столба жидкости в др. колене дифманометра изменяется с изменением уровня в аппарате. Каждому значению уровня в нем отвечает нек-рый перепад давления, обусловленный расстоянием по высоте между аппаратом и прибором. Если аппарат работает при атм. давлении, уравнит. сосуд размещают на отметке нулевого уровня (рис. 4, *а*), если под давлением – на высоте макс. уровня (рис. 4, *б*).

Пьезометрические уровнемеры (рис. 5) основаны на принципе гидравлич. затвора (обычно водяного). Для измерения уровня используют воздух или инертный газ, к-рый под давлением  $p$  продувают через слой жидкости ( $p_x$  – давление над ней). Кол-во воздуха ограничивают диафрагмой 1 или регулируемыми вентилями 2 так, чтобы скорость движения его в трубопроводе была минимальна (с целью уменьшения потерь на трение). Для контроля расхода воздуха устанавливают спец. стаканчики 3 или ротаметры. Уровень жидкости  $H = (p - p_x) / \rho_{ж}$ , где  $\rho_{ж}$  – плотн. замыкающей жидкости в дифманометре. Перепад давления ( $p - p_x$ ) определяется по высоте столба жидкости  $h$  в манометре. В случае измерения уровня агрессивных жидкостей необходимо подводить воздух в обе линии, подсоединяемые к дифманометру. Пьезометрич. приборы широко применяются для измерения уровня жидкости в подземных резервуарах.

Электрические уровнемеры (рис. 6). В них измеряемые значения уровня жидкости преобразуются в соответствующие электрич. сигналы. Наиб. распространены емкостные и омические приборы.

Емкостные уровнемеры (рис. 6, *а*). Вместе со стенками сосуда 1 электрод 2 образует чувствит. элемент – цилиндрич. конденсатор, электрич. емкость к-рого изменяет- 90



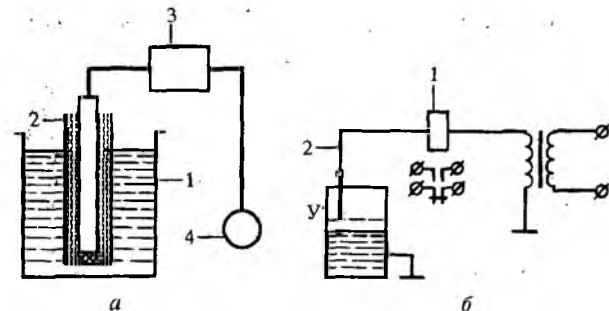


Рис. 6. Электрические уровнемеры: а - емкостный; б - омический.

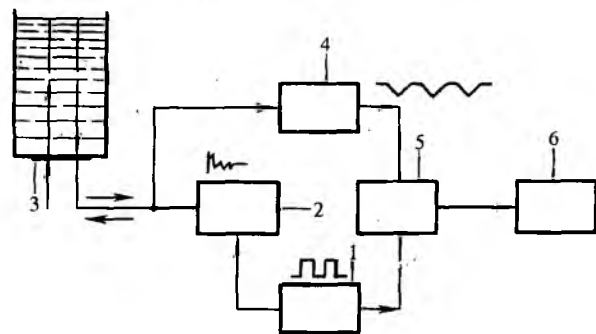


Рис. 7. Ультразвуковой уровнемер: 1, 2 - генераторы, соотв., управляющий и импульсов; 3 - пьезоэлектрич. излучатель; 4 - усилитель импульсов; 5 - измеритель времени; 6 - вторичный прибор.

ся пропорционально уровню жидкости. Емкость измеряется электронным блоком 3, сигнал из которого поступает в блок 4, представляющий собой релейный элемент (в схемах сигнализации достижения определенного уровня) или указывающий прибор (в схемах измеренного уровня).

Омические (кондуктометрические) уровнемеры (рис. 6, б) основаны на измерении сопротивления при замыкании электрич. цепи, образованной электромагн. реле 1, электродом 2 и контролируемой средой (уровень У) электропроводностью от  $2 \cdot 10^{-3}$  См.

**Ультразвуковые уровнемеры** (рис. 7). В них используется явление отражения ультразвуковых колебаний (импульсов) от плоскости раздела жидкость-газ (обычно воздух). Время между моментом послышки первичного импульса и моментом возвращения отраженного импульса является ф-цией высоты измеряемого уровня. Эти приборы позволяют измерять уровень без контакта с контролируемой средой в труднодоступных местах.

**Радиоизотопные уровнемеры** основаны на сравнении интенсивностей потоков  $\alpha$ - или  $\beta$ -излучения, проходящих выше либо ниже уровня раздела двух сред разной плотности. Применение этих приборов целесообразно в случае невозможности использовать иные У.

**Уровнемеры для сыпучих материалов**

У. для сыпучих тел имеют свои особенности. Характерным отличием сыпучих материалов от жидкостей является непропорциональность передачи давления на дно и стенки емкости в зависимости от уровня в ней контролируемого в-ва. Простейшие У. для сыпучих материалов выполняются с чувствит. элементами, соприкасающимися с пов-стью в-ва. Изменение уровня дистанционно передается на вторичный измерит. прибор.

Наиб. распространены лотовые уровнемеры (рис. 8). В них зонд (лот) 5 и груз 7 подвешены на блоке храпового колеса 4. Зонд периодически поднимается с помощью управляемого пневматич. генератором импульсов пневматич. мембранного привода 2 (воздействующего на ко-

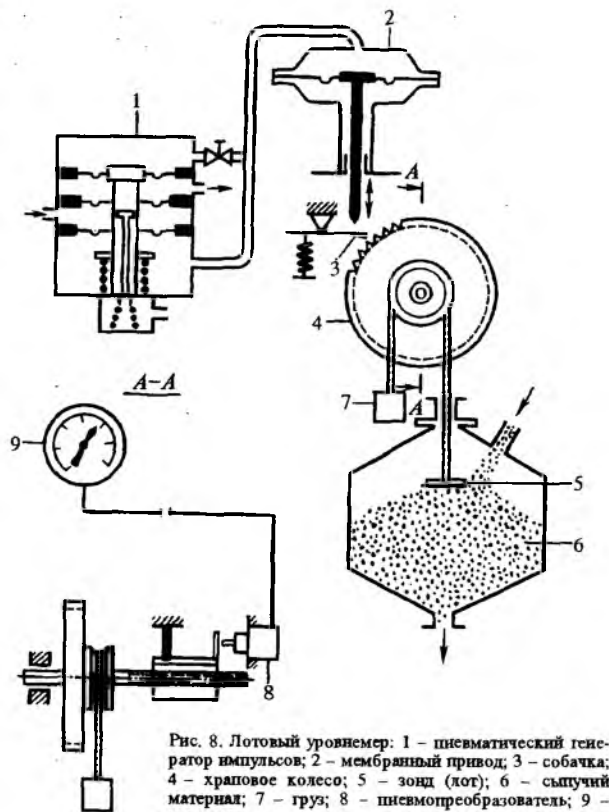
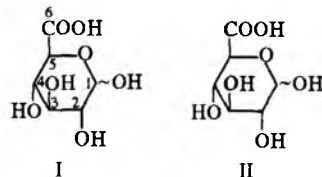


Рис. 8. Лотовый уровнемер: 1 - пневматический генератор импульсов; 2 - мембранный привод; 3 - собачка; 4 - храповое колесо; 5 - зонд (лот); 6 - сыпучий материал; 7 - груз; 8 - пневмопреобразователь; 9 - манометр.

лесу через собачку 3) и опускается на пов-сть сыпучего материала 6 под действием силы тяжести. Если уровень не изменяется, зонд поднимается и опускается на одно и то же расстояние. При понижении уровня материала зонд опускается на большее расстояние, чем поднимается, и наоборот. У. должен работать так, чтобы при изменении уровня в заданных пределах давление сжатого воздуха на выходе прибора изменялось от 20 до 100 кПа. С выхода пневмопреобразователя 8 воздух подается на вторичный прибор. Лотовые У. позволяют измерять уровень до 20 м. В меньшей степени для определения уровня сыпучих материалов применяют также поплавковые, массовые, электрич. (емкостные) и радиоизотопные У.

Лит.: Кулаков М.В., Технологические измерения и приборы для химических производств, 3 изд., М., 1983; Шкатов Е.Ф., Технологические измерения и КИП на предприятиях химической промышленности, М., 1986. Е. Ф. Шкатов.

**УРОНОВЫЕ КИСЛОТЫ**, моносахариды (альдозы), молекулы к-рых вместо первичной спиртовой группы содержат карбоксильную. Назв. У. к. производят от назв. соответствующих альдоз путем прибавления к корню окончания «уроновая к-та» [напр., D-глюкуроновая к-та (ф-ла I), D-галактуоновая к-та (II)].

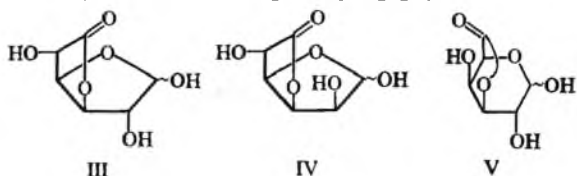


У. к. широко распространены в природе. Наиб. часто встречается D-глюкуроновая к-та, найденная в составе мн. растит. гликозидов и полисахаридов (камеди, гemicеллюлозы; в последнем случае вместе с 4-О-метил-D-глюкуроновой к-той). Разл. токсичные в-ва часто выводятся из животных организмов с мочой в виде гликозидов D-глюкуроновой к-ты. D-Га-

лактуроновая к-та известна как главный компонент *пектинов* высших растений. D-Маннууроновая и L-гулууроновая к-ты – компоненты *альгиновых кислот* бурых водорослей; L-идуроновая к-та вместе с D-глюкуроновой входит в состав *мукополисахаридов* животных тканей. Многие из перечисленных к-т и ряд более редких У. к., в т. ч. 2-амино- и 2,3-диаминоурононовые к-ты, обнаружены в составе бактериальных полисахаридов.

У. к. – кристаллич. или аморфные твердые в-ва; нелетучие, относительно высокоплавки; раств. в воде и сильнополярных орг. р-рителях, не раств. в малополярных р-рителях.

Хим. св-ва У. к. аналогичны св-вам моносахаридов; отличия обусловлены присутствием в молекуле группы COOH, в результате чего У. к. могут давать соли и лактоны. Легкость лактонизации и структура лактона определяются природой исходной У. к. Так, D-глюкуроносовая и D-маннууроносовая к-ты самопроизвольно превращаются в 3,6-лактоны (III и IV), в к-рых моносахарид имеет фуранозную форму; D-галактууроносовая к-та самопроизвольно не лактонизуется, а получаемый из нее в кислых условиях 3,6-лактон имеет пиранозную форму (V).



При нагр. с сильными минер. к-тами У. к. претерпевают дегидратацию и декарбоксилирование; образующийся при дегидратации 5-карбоксифурфуrol дает цветные р-ции с карбазолом, 3,5-диметилфенолом или 3-гидроксидифенилом, что используют для спектрофотометрич. определения У. к.

Гликозидные связи, образованные У. к., как правило, при-близительно в 100 раз более устойчивы к действию разб. к-т, чем гликозидные связи, образованные обычными моносахаридами. Это позволяет при частичном гидролизе олиго- и полисахаридов, содержащих У. к., получать дисахариды с остатком У. к. на невосстанавливаемом конце (т. наз. аль-до биуроновые к-ты), а из растит. гликозидов, содержащих олигосахаридную цепь, к-рая начинается остатком D-глюкуроновой к-ты, – т. наз. прогенины, т. е. гликозиды упрощенной структуры, состоящие из агликона и D-глюкуроновой к-ты.

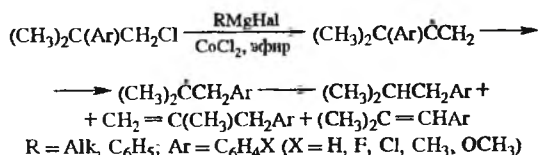
Заместитель в β-положении к карбоксильной группе У. к. (напр., группа OH или RO) способен отщепляться под действием оснований с образованием α, β-непредельных производных, причем легкость осуществления р-ции сильно зависит от природы У. к. (производные D-галактууроносовой к-ты реагируют много легче производных D-глюкуроновой к-ты) и наличия заряда на карбоксиле (эфирные к-т реагируют много легче, чем их соли).

У. к. получают из прир. источников (напр., D-галактууроновою к-ту – гидролизом пектинов в присут. фермента полигалактураназа из грибов, D-маннууроновою и L-гулууроновою к-ты – кислотным гидролизом альгинатов) или хим. синтезом, к-рый заключается в действии сильных окислителей (напр., KMnO<sub>4</sub>) на защищенные производные альдоз, содержащие своб. первичную группу OH, с последующим удалением защитных группировок.

Лит.: Химия углеводов, М., 1967.

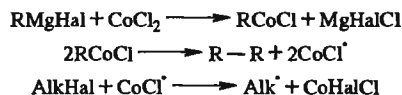
А. И. Усов.

**УРРИ-КАРАША РЕАКЦИЯ** (Караша-Гриньяра р-ция, Караша р-ция), взаимод. алкилгалогенидов с реактивом Гриньяра в присут. CoCl<sub>2</sub>; протекает с перегруппировкой промежуточно образующихся своб. радикалов, напр.:

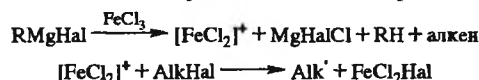


Обычно к р-ру RMgHal в диэтиловом эфире добавляют катализатор и алкилгалогенид (молярное соотношение RMgHal и CoCl<sub>2</sub> 30:1). Смесь кипятят неск. часов, затем охлаждают, разлагают избыток магнийорг. соед. водным р-ром к-ты (напр., CH<sub>3</sub>COOH). Выход продуктов перегруппировки алкильных радикалов составляет 30–50%, среди др. продуктов р-ции – углеводороды, образующиеся в результате димеризации своб. радикалов или отщепления ими H от р-рителя, а также в-ва, к-рые получаются из магнийорг. соед. (R–R, R–H, алкены).

Предполагают, что механизм У.–К. р. включает образование кобальторг. соед., к-рое генерирует радикальные частицы:



Иной механизм реализуется при замене CoCl<sub>2</sub> на FeCl<sub>3</sub>, катализирующий подобную р-цию. В этом случае первоначально происходит взаимод. FeCl<sub>3</sub> с RMgHal с образованием иона [FeCl<sub>2</sub>]<sup>+</sup>, к-рый отрывает атом Hal от алкилгалогенида с образованием соответствующего алкильного радикала:



У.–К. р. используют в лаб. практике. Р-ция открыта в 1941 М. Карашем и Э. Филдсом, позднее подробно описана У. Урри совместно с М. Карашем.

Лит.: Kharasch M., Fields E., «J. Amer. Chem. Soc.», 1941, v. 63, № 9, p. 2316–20; Urry W., Kharasch M., там же, 1944, v. 66, № 9, p. 1438–40; Kharasch M., Reinmuth O., Grignard reactions of nonmetallic substances, L., 1954.

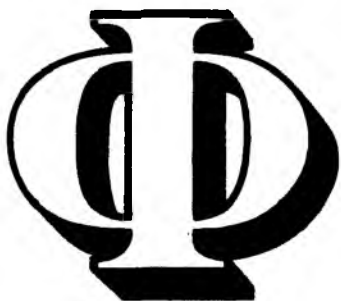
Г. И. Дрозд.

**УСИЛЕНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ**, см. *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*.  
**УСКОРИТЕЛИ ВУЛКАНИЗАЦИИ**, см. *Вулканизация*.

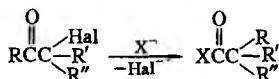
BOOKS.PROEKTANT.ORG

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОПИЙ КНИГ

для проектировщиков и технических специалистов



**ФАВОРСКОГО РЕАКЦИИ.** 1) Перегруппировка  $\alpha$ -галогенкетонов в карбоновые к-ты, их эфиры или амиды при действии оснований – соотв. щелочей, алкоголятов или аминов (наз. также перегруппировкой Фаворского):



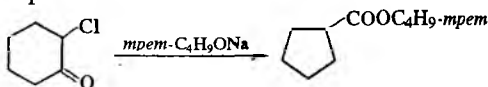
X = OH, AlkO, NH<sub>2</sub>, NR<sub>2</sub>; Hal = Cl, Br;

R', R'' = Alk, Ar, цикло-Alk

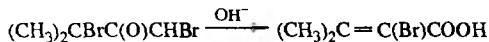
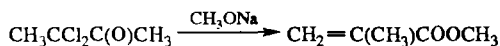
Обычно галогенкетон смешивают с конц. р-ром основания (напр., в спирте) или с суспензией основания в р-рителе (этаноле, эфире, толуоле) при т-ре от -20 до +30 °С. Реакц. смесь выдерживают 10–30 мин (в случае низкорреакционно-способных кетонов – 2–4 ч при нагр.). Выходы 30–70%.

В классич. варианте перегруппировки радикал R содержит атом Н у  $\alpha$ -атома С. В отсутствие  $\alpha$ -Н-атома р-ция обычно идет в сравнительно жестких условиях (напр., при кипячении с NaOH в толуоле) и наз. квазиперегруппировкой Фаворского.

Перегруппировка циклич. кетонов протекает с сужением цикла, напр.:

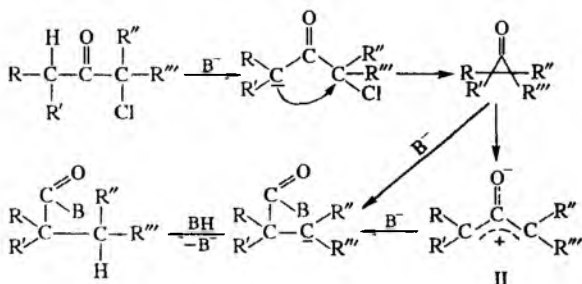


$\alpha, \alpha'$ -Дигалогенкетоны и  $\alpha, \alpha'$ -дигалогенкетоны, содержащие  $\alpha$ -Н-атомы, в условиях Ф. р. образуют одну и ту же  $\alpha, \beta$ -ненасыщ. к-ту (или ее производное); тригалогенкетоны – галогензамещ. ненасыщ. к-ты, напр.:



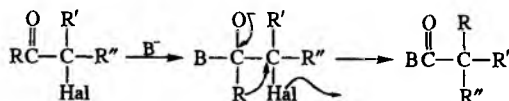
Осн. побочные продукты – эпоксиэфиры ф-лы I, образующиеся из них гидроксикетали и  $\alpha$ -гидроксикетоны, продукты расщепления связей С–С или замещения атома Hal на группы OH, OR или NR<sub>2</sub>, а также винилкетоны.

Механизм классич. перегруппировки включает образование на промежут. стадии циклопропана (ВН – основание):



Циклопропаноны во мн. случаях (напр., при R, R' = трет-С<sub>4</sub>H<sub>9</sub>) удается выделить. Полученные др. способами циклопропаноны дают продукты перегруппировки при действии на них CH<sub>3</sub>ONa и др. сильных оснований.

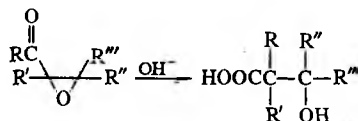
Квазиперегруппировка Фаворского протекает по т. наз. семибензильному механизму:



Известны случаи, когда семибензильный механизм реализуется и для кетонов с  $\alpha$ -Н-атомом (напр., для  $\alpha$ -галогенциклобутанонов). Видимо, в отдельных случаях в зависимости от условий может преобладать либо первый, либо второй механизм.

Оба механизма (за исключением варианта с образованием промежут. соед. II) предполагают обращение конфигурации при  $\alpha$ -С-атоме, у к-рого мигрирующая группа замещает атом галогена.

Превращения, аналогичные этой перегруппировке, претерпевают под действием оснований амиды  $\alpha$ -галогенкарбоновых к-т,  $\alpha$ -галогеналкилсульфамиды,  $\alpha$ -галогеналкилсульфоны,  $\alpha$ -гидроксикетоны и  $\alpha, \beta$ -эпоксикетоны, напр.:

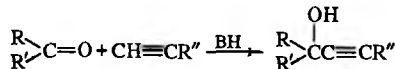


Р-цию используют в препаративной практике для получения циклич. кетонов и высокозамещ. (у  $\alpha$ -С-атома) карбоновых к-т, в синтезе сложных прир. в-в (напр., стероидов).

Р-ция открыта А. Е. Фаворским в 1894.

Лит.: Кенде Э., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 11, М., 1965, с. 267–326; Ахрем А. А. [и др.], «Успехи химии», 1970, т. 39, в. 9, с. 1560–90; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 142–46.

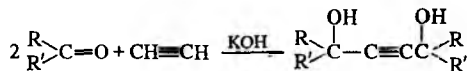
2) Получение ацетиленовых спиртов присоединением ацетиленовых углеводородов к карбонильным соединениям в присут. оснований:



R, R' = Alk, Ar, H; R'' = H, CH=CH<sub>2</sub> и др.

В р-цию вступают алициклич. кетоны и нек-рые альдегиды. В ряду ацетиленов чаще используют незамещ. ацетилен и винилацетилен. Обычно р-цию проводят с суспензией KOH или NaNH<sub>2</sub> в р-рителе (эфире, бензоле, ДМФА и др.) при т-ре от -70 до +40 °С, давлении 0,4–0,9 МПа и большом избытке ацетилена (вместо ацетилена можно использовать СаС<sub>2</sub> в присут. KOH). Образовавшиеся алкоголяты обрабатывают H<sub>2</sub>O. Выходы 40–60%.

Осн. побочные продукты – смолы и ацетиленовые 1,4-диолы. Последние становятся осн. продуктом при использовании небольшого избытка ацетилена и т-ре ок. 20 °С:



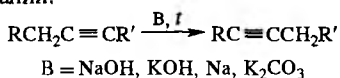
Считается, что механизм р-ции включает образование ацетиленида, к-рый присоединяется к карбонильному соед. с образованием алкоголята ацетиленового спирта.

Р-цию используют в синтезе виниловых спиртов, диенов, разл. алициклич. и гетероциклич. соединений.

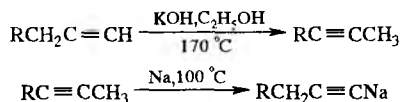
Р-ция открыта А. Е. Фаворским в 1905.

Лит.: Котляревский И. Л., Шварцберг М. С., Фишер Л. Б., Реакции ацетиленовых соединений, Новосиб., 1967, с. 5–170; Михайловский Д. И. [и др.], «Ж. орган. химии», 1974, т. 10, в. 2, с. 188–91; Кондратьева Л. А. [и др.], там же, 1976, т. 12, в. 5, с. 940–44.

3) Изомеризация ацетиленовых углеводородов при нагр. в присут. оснований:



Направление р-ции существенно зависит от условий и строения исходного ацетилена. Нагр., нагревание со спиртовой щелочью приводит к перемещению тройной связи в середину цепи, а нагревание с Na – к образованию ацетиленов:



Наличие в молекуле Ag, R<sub>2</sub>N или группы COOH обычно облегчает изомеризацию (напр., достаточно использование K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> при 40–90 °С или Na при 20 °С). Однозамещенные ацетилены с втор-алкильными радикалами изомеризуются в аллены (преобладают продукты Ф. р.; образуются во всех случаях в преобладающем кол-ве при понижении т-ры р-ции); соед. с трет-алкильными радикалами не изомеризуются.

Изомеризация – результат дважды реализуемой прототропной аллильной перегруппировки.

Перегруппировка открыта А. Е. Фаворским в 1887.

Лит.: Темникова Т. И., Курс теоретических основ органической химии, 2 изд., Л., 1962, с. 529–32; Watanjan S.A., Badanjan S.O., «Angew. Chem.», 1963, Bd 75, S. 1034. Г. И. Дрозд.

**ФЗ ПРАВИЛО**, закон, связывающий число фаз, находящихся в термодинамически равновесной системе, с числом компонентов системы, числом ее степеней свободы и числом внеш. параметров, определяющих состояние системы. При этом под фазой подразумевают однородную по хим. составу и термодинамич. св-вам часть системы, отделенную от др. частей (фаз) пов-стями раздела. На этих пов-стях скачкообразно меняются св-ва системы (состав, плотность, параметры кристаллич. решетки и т. п.). Под числом фаз φ понимают кол-во разл. фаз. Напр., вода в равновесии со льдом образует двухфазную систему; твердая соль в равновесии с ее насыщ. водным р-ром и паром – трехфазную систему. Газообразные в-ва, как правило, образуют всегда одну фазу (при высоких давлениях газовые смеси могут расслаиваться с появлением двух фаз). Число фаз в системе, жидких и особенно кристаллических, вообще говоря, не ограничено, т. к. жидкости и кристаллич. тела далеко не всегда могут смешиваться в любых отношениях.

Иногда понятие фазы определяют, исходя из идентичности не только термодинамических, но всех физ. св-в. Напр., в-ва, образующие оптически активные право- и левовращающие кристаллы типа кварца, NaClO<sub>3</sub> (имеется в виду поворот плоскости поляризации света), рассматривают как две разл. фазы, отличающиеся знаком вращения, кристаллографич. параметрами. Однако по своим термодинамич. св-вам такие в-ва идентичны и традиционно их считают одной фазой.

Другой дискуссионный вопрос – это в-ва с фазовыми превращениями второго рода, к к-рым относятся переходы типа порядок – беспорядок, магн. превращения в точках Кюри и Нееля, др. превращения (см. *Полиморфизм, Фазовые переходы*). В точках переходов второго рода первые производные термодинамич. потенциалов (энтальпия, уд. объем и т. п.) не претерпевают разрыва непрерывности, но производные высших порядков (теплоемкость, сжимаемость) имеют аномалии (разрывы непрерывности). Для данного в-ва такие точки являются границей локальной устойчивости определенных форм, к-рые могут находиться в равновесии только в точках перехода (см. *Фазовое равновесие*). В рамках классич. термодинамики состояния в-ва, связанные переходом второго рода, считаются одной фазой.

Числом компонентов k системы наз. наименьшее число исходных в-в, достаточное для образования всех фаз данной системы. Число компонентов равно числу исходных в-в, если в системе исходные в-ва не вступают друг с другом

в хим. р-ции. Если же между исходными в-вами имеют место р-ции, в-ва м. б. связаны определенными соотношениями (ур-ниями хим. равновесия, начальными условиями); в этом случае число компонентов равно разности между числом исходных в-в и числом независимых р-ций между ними. Выбор компонентов произволен, но число компонентов k – важная характеристика, определяющая св-ва системы. Напр., в системе из шести солей (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaNO<sub>3</sub>, KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>) и воды (7-е в-во) имеют место две независимые р-ции обмена: NaCl + KNO<sub>3</sub> ⇌ KCl + NaNO<sub>3</sub>; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2KCl ⇌ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2NaCl. Третья возможная р-ция обмена: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2KNO<sub>3</sub> ⇌ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2NaNO<sub>3</sub> не является независимой, т. к. является результатом сложения двух первых р-ций. Следовательно, число компонентов этой системы k = 7 – 2 = 5. Этот результат не изменится и в том случае, если учесть образующиеся в этой системе кристаллогидраты или др. в-ва, т. к. с каждым образующимся в-вом добавляется и связанная с ним р-ция (см. также *Многокомпонентные системы*).

Под числом степеней свободы, или вариантностью, ν системы понимается число параметров состояния, таких, как давление, т-ра, концентрации в-в, к-рые можно изменять в нек-ром интервале независимо друг от друга без изменения числа фаз φ. Напр., при двухфазном равновесии воды и насыщенного пара (φ = 2), выбрав определенную т-ру, нельзя произвольно выбирать давление, т. к. каждой т-ре отвечает определенное давление насыщ. пара (и наоборот, выбрав определенное давление, нельзя произвольно менять т-ру), т. е. вариантность ν = 1.

Внеш. параметры, определяющие состояние системы и имеющие одно и то же значение для всех фаз системы, наз. факторами равновесия. Обычно учитывается влияние на систему только двух внеш. параметров – т-ры и давления. В этом случае Ф. п. наз. правилом фаз Гиббса и записывается в виде:

$$\nu = k - \varphi + 2$$

Для конденсированных систем, т. е. состоящих из кристаллич. и жидких фаз (напр., металлич. сплавов), влиянием давления, если оно не слишком сильно отличается от атмосферного, можно пренебречь, тогда Ф. п. запишется в виде:

$$\nu = k - \varphi + 1$$

В нек-рых случаях состояние системы может определяться большим числом факторов равновесия n, поэтому в общем виде Ф. п. имеет вид:

$$\nu = k - \varphi + n$$

К числу таких факторов относится, в частности, степень дисперсности (поверхностная энергия), т. к. давление пара над мелкими каплями больше, чем над крупными, также растворимость мелких кристаллов выше, чем крупных. К числу внеш. факторов, к-рые могут оказывать влияние на состояние системы, относятся напряженности полей (электрич., магнитного, гравитационного, упругие напряжения в слитке). Во всех этих случаях n > 2, соотв. число степеней свободы системы больше, чем определенное по обычной форме Ф. п.

Если равновесное состояние системы определяется двумя параметрами (в наиб. частом случае т-рой и давлением) и n = 2, то φ ≤ k + 2, т. е. макс. число фаз, равновесно сосуществующих в системе, не должно превышать числа компонентов более, чем на 2. Следовательно, в однокомпонентной системе макс. число равновесно сосуществующих фаз равно 3, в двойной (двухкомпонентной) системе – 4 (напр., в системе соль – вода могут сосуществовать кристаллы соли и льда, насыщ. р-р и пар), в тройной системе – 5 и т. д. Если n м. б. больше 2, возможны случаи сосуществования большего числа фаз при строго фиксированных значениях всех параметров. Очевидно, при макс. числе фаз вариантность системы ν = 0, т. е. система не имеет степеней свободы (система н о п в а р и а н т н а, или и н в а р и а н т н а). Такое равновесное состояние возможно только при определенных значениях всех параметров (т-ры, давления, концентрации в-в). Примером

является тройная точка однокомпонентной системы, в  $k$ -рой в равновесии находятся, напр., кристаллы, расплав и пар. Ей отвечают строго определенные  $t$ -ра и давление, изменение любого из этих параметров приводит к исчезновению одной из фаз (см. *Критические явления*).

Если  $k - \varphi = 1$ , то  $\nu = 1$ , система одновариантна (модовариантна). В этом случае только один параметр (напр.,  $t$ -ра) м. б. изменен произвольно без изменения числа фаз, тогда как значения других параметров (давления, концентрации в-в) полностью определяются  $t$ -рой. При  $k = \varphi$  и  $\nu = 2$  система дивариантна. В ней можно независимо менять (в определенных пределах) два параметра без изменения числа фаз. Большие значения степеней свободы наблюдаются в системах с числом компонентов 2 и более.

Ф. п. применительно к геохимии было выведено В. М. Гольдшмидтом (1911) в след. формулировке: при произвольных давлениях и  $t$ -ре (т. е. принимая природную систему дивариантной) макс. число сосуществующих минералов равно числу компонентов,  $\varphi \leq k$  («минералогич. правило фаз»). Более точная формулировка принадлежит Д. С. Коржинскому (1942): наиб. число совместных образующихся минералов равно числу компонентов за вычетом числа вполне подвижных компонентов (в-ва с высокой диффузионной способностью, концентрация  $k$ -рых в  $r$ -ре практически постоянна) и числа компонентов-примесей,  $k$ -рые вследствие малой концентрации при кристаллизации не переходят в твердую фазу.

Следствием Ф. п. является правило соприкасающихся пространств состояния,  $k$ -рое связано с размерностью  $R$  диаграммы состояния (для плоской диаграммы  $R = 2$ , для пространственной —  $R = 3$  и т. д.) и размерностью  $R'$  геом. элемента, по  $k$ -рому граничат между собой области существования, или пространства состояния (для точки  $R' = 0$ , для линии  $R' = 1$ , для пов-сти  $R' = 2$ , для гиперповерхностей  $R' = 3$ ). Л. С. Палатником и А. И. Ландау было выведено (1961) правило, связывающее  $\Delta\varphi$  — кол-во меняющихся (исчезающих и появляющихся) фаз в соприкасающихся пространствах состояния с размерностями  $R'$  и  $R$ :  $R' = R - \Delta\varphi$ . При этом неинвариантные равновесия, напр. трехфазные горизонталы на диаграммах состояния двойных систем, нужно рассматривать как вырожденные пространства состояния. Следовательно, если два разных поля (в случае плоской диаграммы) соприкасаются по линии, то они различаются между собой на одну фазу; если поля соприкасаются в точке, то различаются на две фазы. Два однофазных пространства ( $\Delta\varphi = 2$ ) могут соприкасаться только в точке (напр., в максимуме на кривой ликвидуса фазы переменного состава).

Ф. п. используют в неорг. и орг. химии, хим. технологии, галургии, металлургии, металловедении, петрографии и т. п., при исследовании диаграмм состояния гетерогенных систем. Оно позволяет рассчитывать возможное число фаз и степеней свободы в равновесных системах при любом числе компонентов (исходных в-в). Особенно широко используется Ф. п. в *физико-химическом анализе*.

Ф. п. было выведено Дж. У. Гиббсом в 1876. Практич. его использование в химии для изучения и классификации гетерогенных равновесий было начато в работах Б. Розебома (1889).

Лит.: Палатник Л. С., Ландау А. И., Фазовые равновесия в многокомпонентных системах, Хар., 1961; Древинг В. П., Каладжиков Я. А., Бочило фаз с изложением основ термодинамики, 2 изд., М., 1964; Findlay A., The phase rule and its application, N. Y., 1951; см. также лит. к ст. *Диаграмма состояния, Фазовое равновесие, Физико-химический анализ*.

П. И. Федоров.

**ФАЗОВОЕ РАВНОВЕСИЕ**, сосуществование термодинамически равновесных фаз гетерогенной системы. Является одним из основных случаев *термодинамического равновесия* и включает в себя условия равенства  $t$ -ры всех частей системы (термич. равновесие), равенства давления во всем объеме системы (мех. равновесие) и равенство хим. потенциалов каждого компонента во всех фазах системы, что обеспечивает равновесное распределение компонентов между фазами. Число фаз  $\varphi$ , находящихся одновременно в равновесии, связано с

числом компонентов  $k$ , числом  $n$  независимых параметров, определяющих состояние системы (обычно, когда учитывается только влияние  $t$ -ры и давления,  $n = 2$ ), и числом термодинамич. степеней свободы  $\nu$  ур-нием:  $\nu = k + 2 - \varphi$  (см. *Фазовое правило*).

В общем виде условие Ф. п., согласно принципу равновесия Гиббса, сводится к максимуму энтропии  $S$  системы при постоянстве внутр. энергии  $U$ , общего объема  $V$  и числа молей каждого компонента  $n_i$ . Этот принцип можно выразить также как условие минимума любого из термодинамич. потенциалов: внутр. энергии  $U$ , энтальпии  $H$ , энергии Гиббса  $G$ , энергии Гельмгольца. А при условии постоянства соответствующих параметров состояния, включая число молей каждого компонента.

Ф. п. могут быть стабильными и метастабильными. Те и другие являются локально устойчивыми, т. е. устойчивыми по отношению к малым возмущениям параметров состояния —  $t$ -ры, давления, состава (концентраций компонентов). Метастабильные Ф. п. отличаются тем, что они неустойчивы к нек-рым конечным изменениям этих параметров, ведущим, в частности, к переходу к другим фазам. Напр., пересыщенный  $r$ -р или переохлажденный расплав неустойчивы по отношению к кристаллич. фазе. Поскольку метастабильное состояние системы локально устойчиво, переход к стабильному состоянию требует преодоления нек-рого активационного барьера и протекания процесса зародышеобразования (см. *Зарождение новой фазы*).

Следует отметить нек-рые особенности метастабильных фаз: при одной и той же  $t$ -ре давление пара выше над метастабильной фазой, чем над стабильной; при одном и том же давлении  $t$ -ра плавления метастабильной фазы ниже, чем стабильной; растворимость метастабильной фазы при постоянных давлении и  $t$ -ре выше, чем стабильной. Последнее справедливо как для жидких, так и для твердых  $r$ -ров.

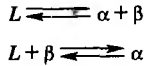
**Критерий достижения Ф. п.** Наиб. общий критерий достижения Ф. п. — сходимость значений св-в системы при их измерении, если подходить к состоянию Ф. п. сверху (со стороны более высоких  $t$ -р) и снизу (со стороны низких  $t$ -р). Достижение Ф. п. или хотя бы приближение к нему — важнейший вопрос при изучении диаграмм состояния, в т. ч. диаграмм растворимости, диаграмм плавкости, диаграмм давления пара, а также в *физико-химическом анализе*. При исследовании  $r$ -рности для достижения Ф. п. применяют длительную (от неск. часов до неск. месяцев) выдержку образца с перемешиванием в термостате. В случае образования в системе твердых  $r$ -ров рекомендуется подход к равновесию сверху, от более высоких  $t$ -р, сочетающий быстрое охлаждение с целью получения мелких кристаллов и интенсивное перемешивание. При исследовании систем методом *термического анализа* обычно используют образцы, полученные сплавлением компонентов с последующим медленным охлаждением. В случае образования в системе твердых  $r$ -ров и инконгруэнтно плавящихся фаз, а также фаз, разлагающихся в твердом состоянии, требуется проведение предварит. отжига образца при фиксированной  $t$ -ре — от неск. часов до неск. месяцев. Для ускорения отжига сплавленных образцов рекомендуется предварит. быстрое охлаждение расплава.

При изучении твердых тел, состоящих из тугоплавких или разлагающихся при высоких  $t$ -рах компонентов, применяют такие методы подготовки образцов, как прессование таблеток смесей перед отжигом и промежут. перетирание смесей при отжиге, отжиг смесей солей или гелей, осажденных из водных или других  $r$ -ров и т. п.

**Типы Ф. п.** В однокомпонентной системе (при наличии полиморфных превращений) возможны 4 вида двухфазных равновесий: жидкость — пар, кристалл — пар, кристалл — жидкость и кристалл — кристалл; 4 вида трехфазных равновесий: кристалл — жидкость — пар, кристалл — кристалл — жидкость, кристалл — кристалл — пар и кристалл — кристалл — кристалл; при этом не учитывается возможность образования *жидких кристаллов*. В двойных системах (компоненты А и В) возможны те же виды двухфазных равновесий, но число возможных видов трехфазных равновесий достигает 26 вследствие

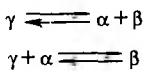


того, что играет роль не только природа сосуществующих фаз (их агрегатное состояние), но и взаимное расположение фазовых полей на диаграмме состояния в координатах  $t$ - $p$  – состав (давление предполагается постоянным). Все эти Ф. р. делятся на два типа: эвтектич. Ф. р., при к-рых из трех одновременно участвующих в равновесии фаз при понижении  $t$ -ры одна испытывает превращение, а две другие при этом образуются, и перитектич. Ф. р., когда две фазы взаимодействуют (превращаются), при этом образуется третья фаза. В простейшем случае, если на основе компонентов А и В возможно образование жидкого  $p$ -ра  $L$  и двух твердых  $p$ -ров  $\alpha$  и  $\beta$ , эвтектич. и перитектич. Ф. р. можно записать соотв. в виде  $p$ -ций:

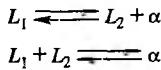


Поскольку в двойной системе состояние трехфазного равновесия является неинвариантным, эвтектич. и перитектич.  $p$ -ции происходят при постоянной  $t$ -ре, называемой соотв. эвтектической или перитектической, т. е. на диаграмме состояния этим равновесиям отвечают горизонтали.

В случае, если в определенной области  $t$ -р и составов все три равновесно сосуществующие фазы являются твердыми (у одного из компонентов существуют полиморфные модификации с образованием твердого  $p$ -ра  $\gamma$ ), возможны трехфазные равновесия, наз. эвтектоидными и перитектоидными. Их можно представить соотв.  $p$ -циями, аналогично эвтектич. и перитектич. Ф. р.:



При наличии в нек-ром температурно-концентрационном интервале двух жидких фаз  $L_1$  и  $L_2$  и одной твердой (напр.,  $\alpha$ ) возможны трехфазные равновесия, наз. монотектическое и синтектическое:



Нек-рые виды трехфазных равновесий, напр. те, при к-рых образуется жидкость в результате взаимод. двух кристаллич. фаз при понижении  $t$ -ры, теоретически возможны, но реально, по-видимому, не наблюдаются. При переходе к тройным и более сложным системам число видов многофазных Ф. р. возрастает еще больше (см. *Тройная точка*).

Распределение компонентов между фазами системы при Ф. р. описывается законом распределения, устанавливающим, что отношение термодинамич. активностей примеси в двух фазах при Ф. р. является постоянной величиной. В первом приближении активности компонентов можно заменить их концентрациями. Одним из условий выполнимости закона распределения  $v$ -ва между фазами является одинаковость мол. состояний растворенного  $v$ -ва в обеих фазах, т. е. отсутствие ассоциации молекул. Замена активностей на концентрации допустима, если коэф. активности компонента в обеих фазах не зависят от концентрации, т. е. для идеальных  $p$ -ров (это условие обычно выполняется для очень разб.  $p$ -ров, в случае микроконцентраций). Отношение активностей компонентов наз. коэффициентом распределения или коэф. относит. летучести и т. п.

Частные случаи закона распределения – правила и законы, выражающие равновесное распределение  $v$ -ва в двухфазных системах. Напр., для расчета равновесия жидкости и пара пользуются законами Рауля и Генри, первым – для  $v$ -ва, находящегося в избытке, вторым – для  $v$ -ва, являющегося примесью (см. *Генри закон*, *Рауля закон*). Распределение растворенного  $v$ -ва между двумя несмешивающимися жидкостями при постоянной  $t$ -ре характеризуется тем, что отношение его концентраций в этих двух фазах сохраняется постоянным (закон Бертоло – Нернста). Распределение примеси между жидкой и твердой кристаллич. фазой описы-

вается распределениями Хлопина (равновесия) и Дёрнера – Хоскинса (см. *Соосаждение*).

Законы распределения являются основой разнообразных гетерогенных методов очистки (разделения), хотя само Ф. р. в процессе проведения этих методов очистки достигается далеко не всегда, а иногда сама возможность очистки обусловлена отсутствием Ф. р. (см. *Кристаллизационные методы разделения смесей*, *Ректификация*, *Экстракция жидкостная*).

Лит.: Райнз Ф., *Диаграммы фазового равновесия в металлургии*, пер. с англ., М., 1960; Стородкин А. В., *Термодинамика гетерогенных систем*, ч. 1–2, Л., 1967; Гиббс Дж. В., *Термодинамика*. Статистическая механика, пер. с англ., 3 изд., М., 1982; Уэйлес С., *Фазовые равновесия в химической технологии*, пер. с англ., ч. 1–2, М., 1989. П. И. Федоров.

**ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ**, переходы  $v$ -ва из одной фазы в другую при изменении параметров состояния, характеризующих термодинамич. равновесие. Значение  $t$ -ры, давления или к.-л. др. физ. величины, при к-ром происходят Ф. п. в однокомпонентной системе, наз. точкой перехода. При Ф. п. I рода  $v$ -ва, выражаемые первыми производными энергии Гиббса  $G$  по давлению  $p$ ,  $t$ -ре  $T$  и др. параметрам, меняются скачком при непрерывном изменении этих параметров. При этом выделяется или поглощается тепло  $Q$  в переходе. В однокомпонентной системе  $t$ -ра перехода  $T_1$  связана с давлением  $p_1$  *Клапейрона – Клаузиуса уравнением*  $dp_1/dT_1 = Q/T_1 \Delta V$ , где  $Q$  – тепло перехода,  $\Delta V$  – скачок объема. Для Ф. п. I рода характерны гистерезисные явления (напр., перегрев или переохлаждение одной из фаз), необходимые для образования зародышей другой фазы и протекания Ф. п. с конечной скоростью. В отсутствие устойчивых зародышей перегретая (переохлажденная) фаза находится в состоянии метастабильного равновесия (см. *Зарождение новой фазы*). Одна и та же фаза может существовать (хотя и метастабильно) по обе стороны от точки перехода на диаграмме состояния (однако кристаллич. фазы нельзя перегреть выше  $t$ -ры плавления или сублимации). В точке Ф. п. I рода энергия Гиббса  $G$  как ф-ция параметров состояния непрерывна (см. рис. в ст. *Диаграмма состояния*), а обе фазы могут сосуществовать сколь угодно долго, т. е. имеет место т. наз. фазовое расщепление (напр., сосуществование жидкости и ее пара или твердого тела и расплава при заданном полном объеме системы).

Ф. п. I рода – широко распространенные в природе явления. К ним относятся испарение и конденсация из газовой в жидкую фазу, плавление и затвердевание, сублимация и конденсация (десублимация) из газовой в твердую фазу, большинство полиморфных превращений, нек-рые структурные переходы в твердых телах, напр. образование мартенита в сплаве железо – углерод. В чистых сверхпроводниках достаточно сильное магн. поле вызывает Ф. п. I рода из сверхпроводящего в нормальное состояние.

При Ф. п. II рода  $v$ -ва величина  $G$  и первые производные  $G$  по  $T$ ,  $p$  и др. параметрам состояниям меняются непрерывно, а вторые производные (соотв. теплоемкость, коэф. сжимаемости и термич. расширения) при непрерывном изменении параметров меняются скачком либо сингулярны. Тепло  $Q$  не выделяется и не поглощается, явления гистерезиса и метастабильные состояния отсутствуют. К Ф. п. II рода, наблюдаемым при изменении  $t$ -ры, относятся, напр., переходы из парамагнитного (неупорядоченного) состояния в магнитоупорядоченное (ферро- и ферримагнитное в *Кюри точке*, антиферромагнитное в *Нееля точке*) с появлением спонтанной намагниченности (соотв. во всей решетке или в каждой из магн. подрешеток); переход диэлектрик – сегнетоэлектрик с появлением спонтанной поляризации; возникновение упорядоченного состояния в твердых телах (в упорядочивающихся сплавах); переход смектич. жидких кристаллов в нематич. фазу, сопровождающийся аномальным ростом теплоемкости, а также переходы между разл. смектич. фазами;  $\lambda$ -переход в  $^4\text{He}$ , сопровождающийся возникновением аномально высокой теплопроводности и сверхтекучести (см. *Гелий*); переход металлов в сверхпроводящее состояние в отсутствие магн. поля.

Ф. п. могут быть связаны с изменением давления. Многие в-ва при малых давлениях кристаллизуются в плотноупакованные структуры. Напр., структура графита представляет собой ряд далеко отстоящих друг от друга слоев атомов углерода. При достаточно высоких давлениях таким рыхлым структурам соответствуют большие значения энергии Гиббса, а меньшим значениям отвечают равновесные плотноупакованные фазы. Поэтому при больших давлениях графит переходит в алмаз. Квантовые жидкости  $^4\text{He}$  и  $^3\text{He}$  при нормальном давлении остаются жидкими вплоть до самых низких из достигнутых т-р вблизи абс. нуля. Причина этого – в слабом взаимодействии атомов и большой амплитуде их «нулевых колебаний» (высокой вероятности квантового туннелирования из одного фиксированного положения в другое). Однако повышение давления приводит к затвердеванию жидкого гелия; напр.,  $^4\text{He}$  при 2,5 МПа образует гексагон. плотноупакованную решетку.

**Общая трактовка Ф. п. II рода** предложена Л. Д. Ландау в 1937. Выше точки перехода система, как правило, обладает более высокой симметрией, чем ниже точки перехода, поэтому Ф. п. II рода трактуется как точка изменения симметрии. Напр., в ферромагнетике выше точки Кюри направления спиновых магн. моментов частиц распределены хаотически, поэтому одновременное вращение всех спинов вокруг одной и той же оси на одинаковый угол не меняет физ. св-в системы. Ниже точки перехода спины имеют преимуществ. ориентацию, и совместный их поворот в указанном выше смысле изменяет направление магн. момента системы. В двухкомпонентном сплаве, атомы к-рого А и В расположены в узлах простой кубич. кристаллич. решетки, неупорядоченное состояние характеризуется хаотич. распределением А и В по узлам решетки, так что сдвиг решетки на один период не меняет св-в. Ниже точки перехода атомы сплава располагаются упорядоченно: ...АВАВ... Сдвиг такой решетки на период приводит к замене всех атомов А на В и наоборот. Т. обр., симметрия решетки уменьшается, т. к. подрешетки, образуемые атомами А и В, становятся неэквивалентными.

Симметрия появляется и исчезает скачком; при этом нарушение симметрии можно охарактеризовать физ. величиной, к-рая при Ф. п. II рода изменяется непрерывно и наз. параметром порядка. Для чистых жидкостей таким параметром является плотность, для р-ров – состав, для ферро- и ферримагнетиков – спонтанная намагниченность, для сегнетоэлектриков – спонтанная электрич. поляризация, для сплавов – доля упорядочившихся атомов для смектич. жидких кристаллов – амплитуда волны плотности и т. п. Во всех перечисленных случаях при т-рах выше точки Ф. п. II рода параметр порядка равен нулю, ниже этой точки начинается его аномальный рост, приводящий к макс. значению при  $T = 0$ .

Отсутствие теплоты перехода, скачков плотности, и концентраций, характерное для Ф. п. II рода, наблюдается и в критич. точке на кривых Ф. п. I рода (см. *Критические явления*). Сходство оказывается очень глубоким. Состояние в-ва около критич. точки также можно охарактеризовать величиной, играющей роль параметра порядка. Напр., в случае равновесия жидкость – пар таким параметром служит отклонение плотности в-ва от критич. значения: при движении по критич. изохоре со стороны высоких т-р газ однороден и отклонение плотности от критич. значения равно нулю, а ниже критич. т-ры в-во расслаивается на две фазы, в каждой из к-рых отклонение плотности от критической не равно нулю.

Поскольку вблизи точки Ф. п. II рода фазы мало отличаются друг от друга, возможно существование флуктуаций параметра порядка, точно так же, как вблизи критич. точки. С этим связаны критич. явления в точках Ф. п. II рода: аномальный рост магн. восприимчивости ферромагнетиков и диэлектрич. восприимчивости сегнетоэлектриков (аналогом является рост сжимаемости вблизи критич. точки перехода жидкость – пар); резкий рост теплоемкости; аномальное рассеяние световых волн в системе жидкость – пар (т. наз. критич. опалесценция), рентгеновских лучей в твердых телах,

нейтронов в ферромагнетиках. Существенно меняются и динамич. процессы, что связано с очень медленным рассасыванием образовавшихся флуктуаций. Напр., вблизи критич. точки жидкость – пар сужается линия рэлеевского рассеяния света, вблизи точек Кюри и Нееля соотв. в ферромагнетиках и антиферромагнетиках замедляется спиновая диффузия (происходящее по законам диффузии распространение избыточной намагниченности). Средний размер флуктуаций (корреляционный радиус) растет по мере приближения к точке Ф. п. II рода и становится в этой точке аномально большим. Это означает, что любая часть в-ва в точке перехода «чувствует» изменения, произошедшие в остальных частях. Наоборот, вдали от точки перехода II рода флуктуации статистически независимы и случайные изменения состояния в данной части системы не сказываются на св-вах других ее частей.

Деление Ф. п. на два рода несколько условно, т. к. бывают Ф. п. I рода с малыми скачками параметра порядка и малыми теплотами перехода при сильно развитых флуктуациях. Это наиб. характерно для переходов между жидкокристаллич. фазами. Чаще всего это Ф. п. I рода, очень близкие к Ф. п. II рода. Поэтому они, как правило, сопровождаются критич. явлениями. Природа многих Ф. п. в жидких кристаллах определяется взаимодейств. неск. параметров порядка, связанных с разл. типами симметрии. В нек-рых орг. соед. наблюдаются т. наз. возвратные жидкокристаллич. фазы, появляющиеся при охлаждении ниже т-р существования первичных нематич., холестерич. и смектич. фаз.

Особая точка на фазовой диаграмме, в к-рой линия переходов I рода превращается в линию переходов II рода, наз. три критич. точкой. Трикритич. точки обнаружены на линиях Ф. п. в сверхтекучее состояние в р-рах  $^4\text{He}$  –  $^3\text{He}$ , на линиях ориентационных переходов в галогенидах аммония, на линии переходов нематич. жидкий кристалл – смектич. жидкий кристалл и в др. системах.

Лит.: Браут Р., Фазовые переходы, пер. с англ., М., 1967; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Статистическая физика, т. 1, 3 изд., М., 1976; Пякин С. А., Структурные превращения в жидких кристаллах, М., 1981; Паташицкий А. З., Покровский В. Л., Флуктуационная теория фазовых переходов, 2 изд., М., 1982; Анисимов М. А., Критические явления в жидкостях и жидких кристаллах, М., 1987.

М. А. Анисимов.

**ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ**, определение хим. состава и кол-ва отдельных фаз в гетерогенных системах или индивидуальных форм соед. элементов в рудах, сплавах, полупроводниках и др. Объектом Ф. а. всегда является твердое тело.

Название «Ф. а.» стало доминирующим, хотя нек-рые авторы продолжают использовать др. термины: вещественный, рациональный, композиционный, локально-распределит. анализ. Обилие названий – следствие историч. процесса становления Ф. а. Он возник из практич. потребностей металлургии и металловедения, с одной стороны, и горно-обогатит. произ-ва – с другой. Позднее Ф. а. стал необходим в технологии полупроводников, при экологич. исследованиях и в произ-ве пищ. продуктов.

Ф. а. металлов и сплавов появился впервые в кон. 19 в. как «анализ осадка», т. е. нерастворенного остатка после обычной аналит. процедуры р-рения металла в к-те. Такие осадки состояли из карбидов и оксидов элементов, входящих в состав сталей. Осмысление результатов этого анализа послужило стимулом к поискам более точных и управляемых методов выделения как существенных фазовых составляющих – карбидов и нитридов, так и примесей неметаллич. включений – оксидов, сульфидов и т. п. В результате этого в 30-х гг. 20 в. возникли разл. варианты *анодного растворения*. Теория электрохим. фазового анализа сплавов была разработана только в 50-х гг. 20 в. в связи с определением интерметаллидных соед. в жаропрочных сплавах. Одновременно произошла стыковка такого Ф. а. с др. первоначально особым направлением аналит. химии в металлургии – анализом газообразующих примесей в металлах. Для Ф. а. стали использовать физ. методы, прежде всего *рентгеновский фазовый анализ*, *электронографию*, а также электронно-зондовые методы, методы эмиссионного *спектрального анализа*, резонансные методы (напр., *ядерный магнитный резонанс*).



Осн. методом Ф. а. в горной пром-сти был процесс изв-тельного хим. р-рения с помощью к-т, щелочей, солей, окислит.-восстановит. реагентов и комплексообразующих в-в. В этой области Ф. а. использовали для разработки рациональных технологий флотационного разделения и обогащения горнохим. сырья, его гидрометаллургич. обработки. При этом прежде всего стояли задачи идентификации, выявления и разделения разл. оксидных или сульфидных соед. нескольких металлов или одного металла в разных степенях окисления. Причем эти соед. могли быть не только нативными (исходными) фазами – минералами, но и виртуальными (промежуточными, т.е. изолируемыми в ходе анализа, как, напр., индивидуальные оксиды, выделяемые из сложных прир. соед. при обработке реагентами). Поэтому такой анализ можно было считать фазовым более или менее условно, а по существу он был рациональным (т.е. служил основой рациональной технологии) и вещественным, т.е. направленным на выделение и определение данного сложного или простого в-ва, независимо от того, составляет ли оно с самого начала определенную фазу.

Т. обр. в основе Ф. а. в металловедении лежат окислит.-восстановит. процессы, а в основе Ф. а. руд – ионные равновесия, характеризующиеся произведением р-рности и константами комплексообразования, но с учетом особенностей структуры минералогич. агрегатов.

Прогресс материаловедения полупроводников, разработка детальных представлений о дислокациях, о роли нестехиометричности твердых тел ставят новые задачи перед Ф. а. материалов, к-рый должен давать сведения об образованиях, не являющихся фазами в классич. понимании. Эти задачи решают с помощью разл. микроскопов, оже-спектрометров (см. *Оже-спектроскопия*) и т.д. В этих условиях целесообразно к методам Ф. а. отнести все методы, связанные с выделением и микроанализом нативных и виртуальных фаз, а к вещественному, или локально-распределительному, анализу – аналит. методы, характеризующие т. наз. хим. гетерогенность (т.е. неоднородность по хим. составу) твердых тел.

*Лит.*: Физико-химические методы фазового анализа сталей и сплавов, под ред. Н. Ф. Ляшко, М., 1970; Аналитическая химия полупроводников, Киш., 1975; Филиппова Н. А., Фазовый анализ руд и продуктов их переработки, 2 изд., М., 1975; Клячко Ю. А., Ларина О. Д., «Ж. Вест. хим. об-ва им. Менделеева», 1980, т. 25, № 6, с. 681-90; Даицер К., Тан Э., Моляк Д., Аналитика. Систематический обзор, под ред. Ю. А. Клячко, М., 1981; Брайнина Х. З., Видресьяч М. Б., «Заводская лаборатория», 1985, т. 51, № 1, с. 3-9; Косч W., Metallkundliche Analyse, Düsseldorf, 1965.

Ю. А. Клячко.

**ФАРАДЕЕВСКОГО ВЫПРЯМЛЕНИЯ МЕТОД**, метод исследования механизма и кинетики процессов на границе электрод – электролит. Основан на измерении эффектов нелинейности вольтамперной характеристики электрохим. системы. Вольтамперная характеристика, выражающая связь между напряжением и током, пропущенным через ячейку, м. б. представлена в виде разложения в степенный ряд, при этом, как правило, ограничиваются квадратичными членами (дифференциалами второго порядка). В регистрируемом отклике ячейки на воздействующий синусоидальный ток выделяют на той же частоте синусоидальное напряжение, отстающее от тока по фазе (амплитуда и фаза характеризуют линейные параметры), и сигналы второго порядка малости: постоянная составляющая, составляющая на второй гармонике, составляющие комбинационных частот.

Измерение эффектов второго порядка используют для получения информации о нелинейности *электрохимической кинетики*, изучения тонкой структуры *двойного электрического слоя*. Ф. в. м. весьма чувствителен к неравномерности в распределении поверхностного заряда и адсорбции, поликристалличности электрода, несимметричности электролита (см. *Растворы электролитов*). При измерениях применяют малые и умеренные по величине воздействующие сигналы: амплитуда высокочастотного синусоидального напряжения на реакционном слое электролита вблизи пов-сти электрода составляет не более 5 мВ. При таких амплитудах нелинейность омич. сопротивления р-ра электролита не проявляется, и отклик в виде комбинации сигналов второго порядка несет

информацию исключительно о нелинейности собственно приэлектродного слоя. Это позволяет изучать быстрые р-ции (константа скорости более  $1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$ ).

Измерения эффектов второго порядка обладают существенным преимуществом всех дифференциальных методов – повышенной точностью в области слабого изменения стационарной вольтамперной характеристики системы, напр. в областях ее экстремумов. Эта особенность реализуется для определения точного значения *потенциала нулевого заряда*, расположенного вблизи минимума на кривой зависимости емкости двойного электр. слоя от электродного потенциала.

В полярографии Ф. в. м. используют в условиях обратимости электродных процессов при анализе в-в с пределом обнаружения в интервале концентраций от  $10^{-7}$  до  $10^{-8}$  М и менее.

*Лит.* см. при ст. *Электрохимический импеданс, Импедансный метод.*

В. В. Елкин.

**ФАРАДЕЯ ЗАКОНЫ**, основные законы *электролиза*, отражающие общий закон сохранения в-ва в условиях протекания электрохим. р-ции. Установлены М. Фарадеем в 1833-34. Согласно 1-му закону, масса в-ва  $m$ , прореагировавшего в процессе электролиза, прямо пропорциональна силе тока  $I$  и времени электролиза  $t$ , т.е. кол-ву пропущенного электричества  $Q = It$  (предполагается, что  $I$  не зависит от  $t$ ; в противном

случае масса  $m$  пропорциональна  $\int_{t_1}^{t_2} Idt$ , где  $t_1$  и  $t_2$  – моменты

включения и выключения тока). Согласно 2-му закону, для разных электродных процессов при одинаковом кол-ве пропущенного электричества  $Q$  массы прореагировавших в-в относятся друг к другу так же, как *эквиваленты химические* этих в-в. Оба Ф. з. объединяются одним ур-нием:

$$m = (1/F)QM/z,$$

где  $M$  – мол. м. в-ва, участвующего в электролизе,  $z$  – число элементарных зарядов, соответствующее превращению одной молекулы этого в-ва,  $1/F$  – коэф. пропорциональности, общий для всех в-в,  $F$  – *Фарадея постоянная*, равная 96484,56 Кл/моль.

Ф. з. относятся к числу строгих законов, но в ряде случаев могут наблюдаться кажущиеся отклонения от них, вызываемые след. причинами: 1) в нестационарных условиях электролиза часть электричества затрачивается на зарядание *двойного электрического слоя*; 2) если электролит обладает электронной проводимостью (напр., р-р металлич. Na в жидком аммиаке), то часть тока через электролит переносят электроны, а не ионы, и соответствующее кол-во электричества не участвует в процессе электролиза; 3) наряду с основным процессом электролиза, напр. образованием металлич. Zn по р-ции  $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$ , часть тока может затрачиваться на протекание параллельных электрохим. р-ций, напр.:  $2H_3O^+ + 2e = H_2 + 2H_2O$ ;  $O_2 + 4e + 4H_3O^+ = 6H_2O$ . Системы, в к-рых полностью исключены указанные причины кажущихся отклонений от Ф. з., получили назв. *кулометров*; их использование позволяет по кол-ву образовавшихся продуктов электролиза точно определить кол-во пропущенного электричества. В кулонометрах обычно применяют электрохим. р-ции  $Ag^+ + e = Ag$  или  $3I^- = I_3 + 2e$ .

Ф. з. сыграли важную роль в понимании природы хим. связи и развития атомно-молекулярной теории. Их используют при выводе всех ур-ний, описывающих электрохим. превращения в-в на границах раздела проводников 1-го и 2-го рода (см. *Электрохимическая кинетика*). Практич. применение Ф. з. находят в *кулометрии*, а также при определении выхода р-ции по току, т.е. отношения теоретич. кол-ва электричества, рассчитанного на основе Ф. з., к кол-ву электричества, реально затраченному на получение данного в-ва в процессе электролиза.

*Лит.*: Аитропов Л. И., Теоретическая электрохимия, 4 изд., М., 1984, с. 278-86.

Б. Б. Дамаскин.

**ФАРАДЕЯ ПОСТОЯННАЯ**,  $F$ , фундам. физ. константа, равная произведению величины элементарного заряда на *Авогадро постоянную*  $N_A$ :  $F = eN_A = 96484,56$  Кл/моль.  $F$ . п. может быть найдена двумя способами: 1) из приведенного выше соотношения; 2) из ур-ния  $F = QM/zm$ , вытекающего из *Фарадея законов*. Здесь  $Q$  – кол-во электричества, пропущенного через кулонометр,  $m$  – масса выделенного при электролизе в-ва,  $M$  – его мол. м.,  $z$  – число элементарных зарядов, участвующих в образовании одной молекулы этого в-ва. В пределах достигнутой точности измерений ( $\pm 0,01$  Кл/моль) оба способа дают совпадающие результаты.

Б. Б. Дамаскин.

**ФАРАДЕЯ ЭФФЕКТ**, заключается во вращении плоскости поляризации линейно поляризованного света, распространяющегося в в-ве вдоль постоянного магн. поля, в к-ром находится в-во.

Под влиянием магн. поля заряженные частицы в-ва приобретают вращат. движение в плоскости, перпендикулярной направлению поля. У в-ва появляется наведенный магн. момент. Поскольку электр. и магн. индукции в в-ве зависят от наличия магн. момента и магн. поляризации среды под влиянием поля, то эта зависимость проявляется в том, что у световой монохроматич. волны, распространяющейся в направлении поля и поляризованной по кругу, возникает сдвиг фазы, причем знак сдвига зависит от направления круговой поляризации. В результате для любой волны, представляющей собой суперпозицию двух компонент – волн, поляризованных по кругу в противоположных направлениях, – меняется соотношение фаз компонент. В частности, линейно поляризованный свет, представляющий собой линейную комбинацию с равными весами лево- и правополяризованных по кругу волн, переходит вновь в линейно поляризованный, но с повернутой (на угол  $\alpha$ ) относительно направления распространения волны плоскостью поляризации. Такое изменение фаз эквивалентно различию показателей преломления в-ва (или, что то же, скорости распространения световой волны) для лево- и правополяризованных волн.

В области не очень сильных магн. полей угол вращения  $\alpha$  плоскости поляризации определяется ф-лой:

$$\alpha = V(\omega, T) \cdot l \cdot B,$$

где  $V(\omega, T)$  – постоянная Верде, зависящая от св-в в-ва, частоты  $\omega$  монохроматич. излучения и т-ры  $T$ ;  $l$  – оптич. длина пути, напр., длина кюветы, в к-рой находится в-во;  $B$  – магн. индукция постоянного магн. поля. Для р-ра концентрации  $c$  величину  $l$  надо заменить на  $cl$ . Постоянная Верде  $V_M$  для моля в-ва определяет молярное вращение чистого в-ва:  $V_M = VM/\rho$  ( $M$  – молярная масса,  $\rho$  – плотн. в-ва) или молярное вращение в-ва в р-ре:  $V_M = V/c$ .

Знак угла вращения  $\alpha$  принимается положительным для вращения плоскости поляризации по часовой стрелке, если распространение света совпадает с направлением магн. поля и наблюдатель смотрит на источник света. Такой выбор знаков распространен в химии; в физике обычно принят обратный выбор знаков. По численному значению постоянные Верде, как правило, очень малы: сотые доли угловых минут. Для ряда парамагн. в-в они составляют десятые доли минут. Наиб. значения, достигающие десятков минут, постоянные Верде имеют для ферромагн. в-в.

При частоте D-линии натрия ( $\omega \approx 17000$  см<sup>-1</sup>) для большинства в-в постоянные Верде отрицательны и лишь нек-рые парамагн. в-ва (напр., соли железа) вращают плоскость поляризации в положит. направлении. При обратном прохождении луча света его плоскость поляризации вращается в противоположную сторону по отношению к этому лучу, тогда как по отношению к направлению поля  $B$  – в том же направлении, что и при прямом прохождении. Это позволяет использовать многократное прохождение луча для накопления угла поворота  $\alpha$ .

Зависимость угла поворота  $\alpha$  от частоты наз. дисперсией магн. оптич. вращения:  $\alpha = \alpha(\omega)$ . Дисперсия сильно зависит от структуры энергетич. спектра молекулы, в частности от того, как проявляется *Зеемана эффект* у вырожденных в отсутствие магн. поля энергетич. уровней. Переходы

между зеемановскими подуровнями, расщепленными в присут. поля, из-за Ф.э. оказываются поляризованными, что в свою очередь сказывается на форме кривых дисперсии магн. оптич. вращения. С этими же причинами – поляризацией переходов – связан и магн. круговой дихроизм, определяемый разностью молярных коэф. поглощения лево- и правополяризованного по кругу света:  $\Delta\epsilon(\omega) = \epsilon_L(\omega) - \epsilon_R(\omega)$ .

В химии часто используют эмпирич. соотношения, связывающие постоянные Верде с хим. строением молекул, напр. в гомологич. рядах применяют аддитивность величин  $V_M$  по структурным фрагментам молекул. Более точно аддитивность выполняется для т. наз. мол. постоянной магн. вращения  $D = 9nV_M/(n^2 + 2)$ , где  $n$  – показатель преломления. Отклонения от аддитивности связывают с проявлением особых, специфич. эффектов взаимного влияния атомов в молекуле. Так, на основе анализа подобных отклонений было высказано предположение об уменьшении ароматичности молекулы фторбензола и фурана по сравнению с бензолом и т. п. Методы, использующие Ф.э., применяют также для качеств. и количеств. анализа р-ров ряда в-в в широких интервалах концентраций. Магн. круговой дихроизм используют при изучении высокосимметричных в-в (координац. соединений, биологически активных в-в с симметричными активными центрами и др.), поскольку именно для таких в-в наиб. часто встречаются вырожденные состояния.

Эффект открыт М. Фарадеем в 1845.

Н. Ф. Степанов.

**ФАРМАКОКИНЕТИКА** (от греч. *phármakon* – лекарство и *kinētikós* – приводящий в движение), изучает кинетич. закономерности процессов, происходящих с лек. ср-вом в организме. Осн. фармакокинетич. процессы: всасывание, распределение, метаболизм и экскреция (выведение).

Основы Ф. создавались учеными разных специальностей в разл. странах. В 1913 нем. биохимики Л. Михаэлис и М. Ментен предложили ур-ние кинетики ферментативных процессов, широко используемое в современной Ф. для описания метаболизма лек. ср-в (см. *Ферментативных реакций кинетика*). Швед. физиологи Э. Видмарк, Д. Тандберг (1924) и Т. Теорелл (1937) применяли системы дифференциальных ур-ний при анализе разл. способов введения лек. ср-в. Амер. физиолог В. Гамильтон и другие (1931) использовали метод статистич. моментов для оценки параметров Ф. по эксперим. данным. Основы метаболизма лек. ср-в были заложены англ. биохимики Х. Брем, В. Торпом и К. Уайтом (1951). Практич. аспекты применения Ф. для оптимизации фармакотерапии разрабатывали К. Лапп во Франции (1948–56), А. ван Гемерт и др. в Дании (1950), Э. Крюгер-Тиммер (1960) и Ф. Дост (1953–68) в Германии (последний – автор термина «Ф.»).

Развитие Ф. до нач. 50-х гг. 20 в. сдерживалось отсутствием высокочувствит. и селективных методов анализа микроконцентраций лек. в-в в биол. средах и недостаточной компьютеризацией исследований. С решением этих проблем Ф. получила дальнейшее развитие. В России развитие Ф. началось в 60-х гг. и связано с именами В. А. Филова, В. Н. Соловьева и В. П. Яковлева.

Ф. содействует решению проблемы эффективности и безопасности фармакотерапии путем исследования зависимости терапевтич., токсич. и побочных эффектов лек. ср-в от их концентраций в месте действия или в анализируемой биол. среде (чаще всего в крови) и расчету оптим. режимов введения препаратов для создания и поддержания оптим. концентраций лек. в-в.

Для определения микроконцентраций лек. в-в и продуктов их метаболизма используют хроматографию, спектральные, иммунохим., радиоизотопные и др. методы.

**Всасывание**. Во всех случаях, когда лек. ср-во вводится не в сосудистое русло, оно попадает в кровь путем всасывания; в случае твердой формы сначала происходит растворение (высвобождение), а затем молекулы лек. в-ва проникают в системный кровоток, чаще всего путем простой диффузии из места введения, а иногда с помощью активного транспорта. Т. наз. пролонгированные (ретардированные) лек. формы

обеспечивают медленное, контролируемое поступление лек. в-ва в организм.

При приеме внутрь лек. в-ва основного характера (амины) всасываются обычно в тонком кишечнике (сублингальные лек. формы всасываются из ротовой полости, ректальные – из прямой кишки), лек. в-ва нейтрального или кислого характера начинают всасываться уже в желудке.

Всасывание характеризуется скоростью и степенью всасывания (т. наз. биодоступностью). Степень всасывания – кол-во лек. в-ва (в % или в долях), к-рое попадает в кровь при разл. способах введения. На всасывание сильно влияют лек. форма, а также др. факторы. При приеме внутрь многие лек. в-ва в процессе всасывания под действием ферментов печени (или к-ты желудочного сока) биотрансформируются в метаболиты, в результате чего лишь часть лек. в-ва достигает кровяного русла. Степень всасывания лек. в-ва из желудочно-кишечного тракта, как правило, снижается при приеме лекарства после еды.

**Влияние лек. форм на всасывание, пути и способы введения** лек. ср-в изучает спец. раздел Ф.– «биофармация».

**Распределение по органам и тканям.** В организме лек. в-во распределяется между кровью, межклеточной жидкостью и клетками тканей. Распределение зависит от относит. сродства молекул лек. в-ва к биомакромолекулам крови и тканей. Необходимое условие реализации фармакологич. действия лек. в-ва – его проникновение в ткани-мишени; напротив, попадание лек. в-ва в индифферентные ткани снижает действующую концентрацию и может привести к нежелат. побочным эффектам (напр., к канцерогенезу).

Для количеств. оценки распределения дозу лек. в-ва делят на его начальную концентрацию в крови (плазме, сыворотке), экстраполированную к моменту введения, или используют метод статистич. моментов. Получают условную величину объема распределения (объем жидкости, в к-ром нужно растворить дозу, чтобы получить концентрацию, равную кажущейся начальной концентрации). Для нек-рых водорастворимых лек. в-в величина объема распределения может принимать реальные значения, соответствующие объему крови, внеклеточной жидкости или всей водной фазы организма. Для жирорастворимых лек. ср-в эти оценки могут превышать на 1–2 порядка реальный объем организма благодаря избират. кумуляции лек. в-ва жировыми и др. тканями.

**Метаболизм.** Лек. в-ва выделяются из организма либо в неизменном виде, либо в виде продуктов их биохим. превращений (метаболитов). При метаболизме наиб. распространены процессы окисления, восстановления, гидролиза, а также соединение (конъюгация) с остатками глюкуроновой, серной, уксусной к-т. Метаболиты, как правило, более полярны и лучше растворимы в воде по сравнению с исходным лек. в-вом, поэтому быстрее выводятся с мочой. Метаболизм может протекать спонтанно, но чаще всего катализируется ферментами (напр., цитохромами), локализованными в мембранах клеток и клеточных органелл печени, почек, легких, кожи, мозга и др.; нек-рые ферменты локализованы в цитоплазме. Биол. значение метаболит. превращений – подготовка липорастворимых лек. ср-в к выведению из организма.

**Экскреция.** Лек. в-ва выводятся из организма с мочой, калом, потом, слюной, молоком, с выдыхаемым воздухом. Выведение зависит от скорости доставки лек. в-ва в выделит. орган с кровью и от активности собственно выделит. систем. Водорастворимые лек. в-ва выводятся, как правило, через почки. Этот процесс определяется алгебраич. суммой трех осн. процессов: гломерулярной (клубочковой) фильтрации, канальцевой секреции и реабсорбции. Скорость фильтрации прямо пропорциональна концентрации своб. лек. в-ва в плазме крови; канальцевая секреция реализуется насыщенными транспортными системами в нефроне и характерна для нек-рых орг. анионов, катионов и амфотерных соед.; реабсорбции могут подвергаться нейтральные формы лек. в-в. Полярные лек. в-ва с мол. м. более 300 выводятся преим. с желчью и далее с калом; скорость выведения прямо пропорциональна потоку желчи и отношению концентраций лек. в-ва в крови и желчи. Остальные пути выделения менее

интенсивны, но м. б. исследованы при изучении Ф. В частности, нередко анализируют содержание лек. в-ва в слюне, поскольку концентрация в слюне для мн. препаратов пропорциональна их концентрации в крови, исследуют также концентрацию лек. в-в в грудном молоке, что важно для оценки безопасности грудного вскармливания.

**Математические модели.** Для обработки и интерпретации фармакокинетич. эксперимента используют разл. варианты мат. моделирования. В т. наз. компартментальной (частевой, камерной) модели организм представлен как совокупность взаимосвязанных абстрактных частей (камер), между к-рыми и внутри к-рых происходят процессы распределения, метаболизма и выведения лек. в-ва. При условии, что скорости этих процессов пропорциональны концентрации (или кол-ву) лек. в-ва в той части, где этот процесс происходит, изменение концентрации определяется ур-нием:

$$C_i = \sum_{j=1}^n A_{ij} \exp(-a_j t),$$

где  $n$  – число камер модели,  $A_{ij}$  – предэкспоненциальные множители,  $a_j$  – константа скорости,  $t$  – время.

Принципиальные недостатки такой модели – неопределенность понятия «часть», невозможность строгой идентификации числа частей и параметров, погрешности в статистич. оценках последних.

Для решения задач прикладной Ф. широко используют методы системного подхода и теории вероятности. В первом случае систему организм – лек. в-во рассматривают как целое («черный ящик»). Для оценки параметров применяют принцип материального баланса, т. е. равенства между кол-вами поступившего и выведенного лек. в-ва (после однократной дозы) или достижения равенства скоростей поступления и выведения лек. ср-ва (при длит. введении):

$$F \cdot D = CL \cdot AUC; F \cdot R = CL \cdot C_{ss},$$

где  $D$  – доза,  $F$  – степень всасывания,  $AUC$  – площадь под кинетич. кривой изменения концентрации в крови (плазме, сыворотке) после однократного введения,  $R$  – скорость поступления лек. в-ва в организм,  $C_{ss}$  – средняя стационарная концентрация при длит. введении,  $CL$  – клиренс, кол-во крови (в мл), к-рое очищается от лек. в-ва в единицу времени. При внутрисосудистом введении  $F = 1$ . При внесосудистом введении степень всасывания ( $F$ ) оценивается путем сравнения площадей под кинетич. кривыми, соответствующими разным путям введения лек. в-ва.

Вероятностный подход рассматривает кинетич. кривые как кривые плотности распределения молекул лек. в-ва по времени их пребывания в анализируемой среде. С помощью статистич. моментов рассчитывают т. наз. немодельные параметры (среднее время удерживания лек. в-ва в организме, клиренс лек. в-ва и объем его распределения).

Для решения задач фундам. Ф. используют модель физиол. (перфузионного) типа (впервые предложили К. Бичофф и Р. Браун в 1966), где в качестве частей рассматриваются реальные органы и ткани, связанные артериальным и венозным кровоснабжением. Параметры модели – объемы органов, скорости кровотока через них, коэффициенты распределения лек. в-ва между кровью и тканями, метаболит. и выделит. активность органов – оцениваются экспериментально. Реализация модели осуществляется путем решения системы дифференциальных ур-ний с известными параметрами. Физиол. модель используется при решении такой сложной и важной задачи, как межвидовой перенос данных Ф.

**Влияние разл. факторов на Ф.** На фармакокинетич. процессы влияют: св-ва лек. формы и ее способность высвобождать активное начало, физ. и хим. св-ва действующего в-ва (величина молекулы, р-римость, липофильность, наличие полярных групп и активных центров и др.), объем органов и тканей, скорость потока крови через них, проницаемость капилляров и клеточных мембран, pH вне- и внутриклеточных сред, кол-во и активность метаболит. ферментов и компонентов активных транспортных систем, характеристи-

ки распределения между кровью и тканями, функцион. активность выделяет. органов, а также возраст, патологич., генетич. факторы, климат, характер питания, биол. ритмы и т. д. К группам риска в Ф. относят больных пожилого и детского возраста, беременных и больных с заболеваниями выделят. органов.

Ф. наряду с фармакодинамикой (изучает действие лек. в-ва на организм) позволяет выработать основы рациональной тактики лек. лечения.

*Лит.:* Соловьев В. Н., Фирсов А. А., Филлов В. А., Фармакокинетика, М., 1980; Лакни К. М., Крылов Ю. Ф., Биотрансформация лекарственных веществ, М., 1981; Холодов Л. Е., Яковлев В. П., Клиническая фармакокинетика, М., 1985; Wagner J. G., Fundamentals of clinical pharmacokinetics, Hamilton, 1975. *Л. Е. Холодов, В. А. Горьков.*

**ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**, изучает способы получения *лекарственных средств*, их биол. активность, физ. и хим. св-ва, а также методы качеств. и количеств. анализа. Осн. проблемы Ф. х.: получение биологически активных в-в и их исследование; выявление закономерности между строением и биол. активностью хим. соед.; совершенствование оценки качества лек. ср-в для обеспечения их макс. терапевтич. эффективности и безопасности; исследование и разработка методов анализа лек. в-в в биол. объектах для токсикологич. и эколого-фармацевтич. мониторинга.

Ф. х. тесно связана со спец. дисциплинами, такими, как технология лек. форм, фармакогнозия (изучает лек. сырье растит. и животного происхождения), организация и экономика фармации, и входит в комплекс дисциплин, формирующих базовое фармацевтич. образование.

Применение хим. в-в в качестве лек. ср-в осуществлялось уже в античной и средневековой медицине (Гиппократ, Гален, Авиценна). Возникновение Ф. х. обычно связывают с именем Парацельса (способствовал внедрению хим. препаратов в медицину) и последующими открытиями лечебного действия мн. хим. соед. и элементов (К. Шееле, Л. Воклен, Б. Куртуа), а также с работами М. В. Ломоносова и его школы по способам получения и методам исследования качества лек. ср-в. Формирование Ф. х. как науки относят ко 2-й пол. 19 в. К этапным периодам развития Ф. х. следует отнести 90-е гг. 19 в. (получение аспирина, фенаcetина, барбитуратов), 1935–37 (применение сульфаниламидов), 1940–42 (открытие пенициллина), 1950 (психотропные препараты группы фенотиазина), 1955–60 (полусинтетич. пенициллины и позже цефалоспорины), 1958 (β-адреноблокаторы) и 80-е гг. (антибактериальные препараты группы фторхинолонов).

Предпосылками для поиска лек. ср-ва обычно служат данные о биол. активности в-ва, схожести его структуры с биогенными физиологически активными в-вами (напр., разл. метаболитами, гормонами). Иногда лек. ср-ва удается получить модификацией биогенных соед. (напр., стероидных гормонов животных) или благодаря исследованию в-в, чуждых человеческому организму (напр., производные фенотиазина и бензодиазепина).

Синтетич. в-ва получают путем орг. синтеза или применяют методы *микробиологического синтеза*, используя достижения *генетической инженерии*.

Важное значение в Ф. х. имеют методы исследования содержания лек. в-ва в препарате, его чистоты и др. факторов, положенных в основу показателей качества. Анализ лек. ср-в, или фармацевтич. анализ, имеет своей целью идентифицировать и осуществить количественное определение осн. компонента (или компонентов) в лекарстве. Фармацевтич. анализ в зависимости от фармакологич. действия лекарства (назначенные, дозировка, способ введения) предусматривает определение примесей, вспомогат. и сопутствующих в-в в лек. формах. Лек. ср-ва оценивают комплексно, по всем показателям. Поэтому выражение «фармакопейное качество» означает пригодность препарата для применения в медицине.

Соответствие лек. ср-з требуемому уровню качества устанавливают с помощью стандартных методов анализа, обычно оговоренных в фармакопее. Для идентификации лек. в-в наряду с групповыми хим. р-циями используют ЯМР и ИК спектроскопию. Для анализа многокомпонентных лек. форм

обычно применяют тонкослойную хроматографию. Испытания на чистоту призваны подтвердить отсутствие (в пределах используемого метода) отдельных примесей, а в ряде случаев провести оценку их содержания. Для этой цели используют хроматографич. методы, часто в сочетании с оптическими.

Фармакокинетич. характеристики лек. ср-в (действие препарата и его распределение в организме во времени) представляют исключительно важную и обязательную информацию, обеспечивающую рациональное и эффективное применение лекарств, позволяя расширить знания в отношении специфичности их действия. Это обстоятельство требует разработки объективных методик оценки содержания в-в в биол. жидкостях.

Расширение арсенала лек. ср-в в результате их синтеза или получения из прир. источников, возрастающая доступность лек. ср-в вследствие международного сотрудничества делают необходимыми усиление контроля за их биоэквивалентностью и качеством. Экологич. требования обуславливают введение дополнит. показателей качества как для исходного сырья, так и изготовленных из него лек. ср-в (радиоактивность, наличие тяжелых металлов и др.).

Благодаря достижениям Ф. х. созданы лек. ср-ва, к-рые обеспечивают здравоохранение безопасными и эффективными методами лечения мн. заболеваний. В то же время проблемой для Ф. х. остается создание ср-в для борьбы с онкологич., сердечно-сосудистыми и вирусными заболеваниями.

*Лит.:* Беляков В. Г., Фармацевтическая химия, М., 1985; Руководство к лабораторным занятиям по фармацевтической химии, под ред. А. П. Арзамасцева, М., 1987; Государственная фармакопея СССР, 11 изд., в. 1, М., 1987. *А. П. Арзамасцев.*

**ФАРНЕЗОЛ** (3,7,11-триметил-2,6,10-додекатриен-1-ол)  $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2\text{OH}$ , мол. м. 222,36; вязкая бесцв. жидкость, при сильном разбавлении имеет нежный устойчивый запах ландышей; т. кип. 263 °С, 160 °С/10 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,885–0,889;  $n_D^{20}$  1,487–1,489; раств. в пропиленгликоле и эфирных маслах, р-римость в 70%-ном этаноле 1:3. Содержится в неролиевом, цитронелловом, розовом и мн. других цветочных маслах. Выделяют Ф. из эфирных масел или получают изомеризацией неролидола. Применяют как душистое в-во и фиксатор в парфюмерии, как сырье для получения душистого в-ва – фарнезилацетата и для синтеза нек-рых гормонов насекомых.

*Л. А. Хейфиц.*

**ФАРФОР**, керамич. плотный материал и изделия; относится к тонкой *керамике*. Различают художественно-декоративные, хозяйственно-бытовые, санитарно-строит. и техн. фарфоровые изделия.

Ф. характеризуется относительно высокой плотн. (2,4–2,5 г/см<sup>3</sup>), сравнительно высокой прочностью ( $\sigma_{сж}$  350–700 МПа,  $\sigma_{плг}$  60–140 МПа,  $\sigma_{раст}$  15–60 МПа), отсутствием открытых пор, газо- и водонепроницаемостью, термич. стойкостью, хорошими электроизоляц. св-вами. Температурный коэф. линейного расширения (3,8–6,7) · 10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>; уд. теплоемкость 0,2–0,3 Дж/(кг·К); коэф. теплопроводности 2,5–4,5 Вт/(м·К); уд. объемное электр. сопротивление 10<sup>12</sup>–10<sup>13</sup> Ом·см; электр. прочност при частоте 50 Гц более 30 кВ/мм, ε 5,5–7,0. Состоит из стекловидной (55–80%) и кристаллич. фаз (муллит, кварц, кристобалит); в тонком слое (2,0–2,5 мм) просвечивает, при ударе издает звонкий, долго не затухающий звук.

Сырьем для произ-ва Ф. служат беложгущиеся пластичные глины, каолин, кварц, полевые шпаты, пегматит, дробленый Ф.; для нек-рых видов Ф., кроме того, – глинозем, циркон, косяная зола.

По составу сырья и связанному с ним режимом обжига различают т. наз. твердый и мягкий Ф., каждый из к-рых, в свою очередь, подразделяется по назначению и св-вам. В твердом Ф. содержание глинистого компонента, кварца и полевого шпата составляет соотв. 34–65, 12–40 и 16–30% (хозяйственный Ф.), 45–50, 22–27 и 9–20% (санитарно-техн.), 60–68, 10–15 и 17–30% (жаростойкий), 34–40, 33–40 и 20–26% (электротехн., кварцевый), 40–45, 8–10 и 10–22% (электротехн., высокоглиноземистый, к-рый содержит также 25–40% глинозема).

Мягкий Ф. разделяют на хозяйственный и художественно-декоративный. Содержит (за исключением т. наз. костяного Ф.) до 50% глинистого компонента, 10–45% кварца, 30–55% полевого шпата; состав костяного Ф.: 45% костяной золы, 32% глинистого компонента, 15% кварца, 8% полевого шпата. Наличие последнего способствует улучшению декоративных св-в Ф., напр. просвечиваемости, и смягчению режимов термич. обработки.

Произ-во Ф. состоит из предварит. подготовки сырья, приготовления формовочных масс, формования полуфабриката, сушки, обжига, глазурирования, художеств. росписи. На первом этапе сырье тонко измельчают в условиях, предотвращающих его загрязнение соед. Fe. Формовочные массы в зависимости от влажности м. б. порошкообразными, тестообразными или жидкотекучими. Формование осуществляют полусухим или влажным прессованием, легкой руками или на гончарном круге, с помощью шаблонов, раскаткой вращающимися роликами, выдавливанием через мундштук, литьем в гипсовые формы под давлением или без него с послед. сушкой и обжигом. Пов-сть Ф. обычно покрывают белой или цветной глазурью, создающей гладкую блестящую пов-сть и повышающую мех. прочность. Не покрытый глазурью Ф. наз. бисквитным, или бисквитом.

Массивные изделия санитарно-строит. и электротехн. назначения покрывают тугоплавкими глазурными составами и подвергают однократному обжигу в пламенных печах туннельного типа при 1320–1400 °С. Художественный и хозяйственный Ф. украшают под- или надглазурными росписями, к-рые наносят на пов-сть изделий методами живописи, аэрографии, шелкографии, декалькомани и др. Для ручной росписи используют спец. керамич. краски, содержащие, как правило, неорг. пигменты, флюсы (напр., легкоплавкое стекло) и разбавители (напр., скипидар).

Тонкостенный Ф. с подглазурными росписями обжигают дважды: при 900–950 °С для закрепления рисунка, при 1320–1400 °С для спекания. Ф. с надглазурными рисунками обжигают трижды: первый обжиг при 900–950 °С предотвращает размокание и деформацию изделия при погружении в глазурную суспензию; второй – при 1320–1400 °С приводит к спеканию изделия и растеканию глазури; третий – при 600–800 °С закрепляет рисунок на изделии.

Ф. впервые изготовлен в Китае в 23 в. до н. э.; полноценные изделия появились в 6–7 вв. н. э. Первый завод в Европе по произ-ву Ф. основан в 1710 (Мейсен, Саксония), в России – в 1744 (Петербург, ныне завод имени М. В. Ломоносова).

Лит.: Будняков П. П., Геворкян Х. О., Фарфор, М., 1955; Технология фарфорового и фаянсового производства, под ред. И. А. Булавина, М., 1975; Мороз И. И., Технология фарфоро-фаянсовых изделий, М., 1984.

И. Я. Гузман.

**ФАЯНС**, керамич. мелкопористый материал и изделия; относится к тонкой керамике. Различают художественно-декоративные, хозяйственно-бытовые и строительные (облицовочные плитки) фаянсовые изделия.

Ф. характеризуется относительно высокой пористостью (до 30%) при плотн. 1,9–2,4 г/см<sup>3</sup>, незначит. прочностью ( $\sigma_{сж}$  60–80 МПа,  $\sigma_{сж}$  13–23 МПа), высокими водопоглощением и газопроницаемостью (при отсутствии глазурирования); температурный коэф. линейного расширения (5–8) · 10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup>. Состоит из кристаллич. (кварц, муллит, кристобалит) и стекловидной (20–25%) фаз; содержание стекловидной фазы относительно мало, поэтому Ф. в тонком слое не просвечивает; при ударе издает глухой, быстро затухающий звук.

Сырьем для произ-ва Ф. служат беложгущиеся пластичные глины, каолин и кварц; в нек-рые виды Ф. добавляют полевой шпат, мел, доломит, тальк, нефелиновый сиенит, волластонит (для облицовочных плиток) и др.

По составу сырья Ф. разделяют на глинистый, известковый, полевошпатовый и Ф. смешанного типа. Глинистый Ф. содержит 75–85% глинистого компонента, 15–25% кварца; известковый – 35–55% глины, 30–45% кварца и 5–20% мела или доломита; полевошпатовый – 40–65% глины, 25–55% кварца, 3–12% полевого шпата; Ф. смешанного типа – 35–60% глины, 30–48% кварца, 1–5% полевого шпата и 5–8%

мела или доломита. Изделия, содержащие более 10% полевого шпата, наз. полуфарфором.

Художественно-декоративный и хозяйственный Ф. изготавливают аналогично фарфору. После формования Ф. высушивают и обжигают в туннельных печах при 1200–1800 °С, покрывают глазурью и снова обжигают при 1050–1150 °С. Ф. обычно расписывают, нанося рисунок на изделие до или после глазурирования; рисунки, выполненные надглазурными красками, закрепляют третьим обжигом при 700–900 °С.

Облицовочные плитки производят след. образом: измельченные мокрым способом и смешанные сырьевые компоненты высушивают в распылит. сушильках до влажности 8–10%, прессуют и дважды обжигают в скоростных роликовых печах при 1000–1050 °С; глазурирование белыми или цветными легкоплавкими глазуриями проводят между обжигами при т-ре до 1150 °С.

Ф. был известен еще в 4–5 вв. в Древнем Египте и Китае. В Европе Ф. производят с начала 16 в.; в России первая фабрика была построена в 1727 (фабрика А. К. Гребенщикова).

Лит. см. при ст. Фарфор.

И. Я. Гузман.

**ФАЯНСА – ПАНЕТА ПРАВИЛО**, см. Соосаждение.

**ФЕЛИНГА РЕАКТИВ** (фелингова жидкость), р-р CuSO<sub>4</sub> и тартрата калия-натрия в 10%-ном р-ре NaOH; реактив на восстановители, гл. обр. альдегиды и моносахариды. Готовят непосредственно перед употреблением. Р-цию проводят, добавляя к 10 мл Ф. р. ок. 0,5 мл или 0,25–0,5 г исследуемого в-ва. При анализе нелетучих соед. смесь нагревают сразу, а при анализе летучих соед. ее предварительно выдерживают при комнатной т-ре. В присут. восстановителей после нагревания осаждается оксид или гидроксид меди(II); цвет осадка от желтого до красного, иногда зеленого в зависимости от степени дисперсности и размера его частиц.

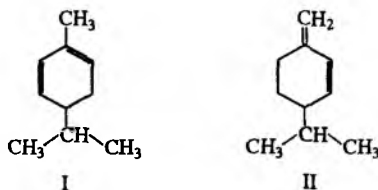
Аналогично реагируют кетозы (последние в щелочной среде легко изомеризуются в альдозы), многоатомные фенолы, фенилгидразин и др. орг. производные гидразина, а также гидразиды карбоновых к-т. Кетоны (за исключением кетоспиртов), одноатомные фенолы и большинство ароматич. альдегидов не восстанавливают Ф. р. Однако, напр., 2,4-дигидроксibenзальдегид реагирует с ним. Для обнаружения углеводов иногда используют т. наз. нейтральный Ф. р., к-рый вместо NaOH содержит Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Ароматич. гидразины взаимодей. с Ф. р. с выделением газообразного N<sub>2</sub>; на этом основаны разл. объемные методы их определения. Ф. р. применяют и для количеств. определения восстанавливающих сахаров. Для определения алифатич. альдегидов чаще используют реактив Бенедикта (содержит CuSO<sub>4</sub>, цитрат Na и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), к-рый более чувствительный. Ф. р. предложен Г. Фелингом в 1849.

Лит.: Файль Ф., Капельный анализ органических веществ, пер. с англ., М., 1962, с. 168–69; Полюдек-Фабрин Р., Бейрих Т., Органический анализ, пер. с нем., Л., 1981, с. 11, 512.

Н. К. Куцева.

**ФЕЛЛАНДРЕНЫ**, мол. м. 136,23. Известны α-Ф. (n-мента-1,5-диен, ф-ла I) и β-Ф. [n-мента-1(7),2-диен, II], каждый из к-рых может иметь оптич. изомеры. Ф.– бесцв. жидкости с приятным своеобразным запахом и жгучим вкусом, хорошо



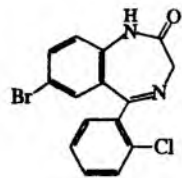
раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде. Для α-Ф. т. кип. 175–176 °С, 58–68 °С/16 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,8324;  $n_D^{20}$  1,4724;  $[\alpha]_D^{20} \pm 177,4^\circ$ ; для β-Ф. т. кип. 172–179 °С;  $d_4^{20}$  0,850–0,852;  $n_D^{20}$  1,4788;  $[\alpha]_D^{20} \pm 19,0^\circ$ . Содержатся во мн. эфирных маслах. Ф.– нестойкие соед., на воздухе быстро окисляются, при кипячении легко димеризуются, в присут. к-т изомеризуются (в осн. в α-терпинен) и полимеризуются; с HNO<sub>3</sub> образуют кри-

## 62 ФЕНАЗЕПАМ

сталлич. соед. (нитрозиты): для  $\alpha$ -Ф. с т. пл. 113–114 и 103 °С, для  $\beta$ -Ф. с т. пл. 102 и 97–98 °С.  $\alpha$ -Ф. выделяют ректификацией из эвкалиптового масла или масла горького фенхеля,  $\beta$ -Ф. – из скипидара пихты сибирской. Эфирные масла, содержащие Ф., применяют в медицине и парфюмерии.

Л. А. Хейфиц

**ФЕНАЗЕПАМ** [7-бром-5-(2-хлорфенил)-1,2-дигидро-3Н-1,4-бензодиазепин-2-он], мол. м. 349,62, бесцв. кристаллы, т. пл. 225–230 °С; практически не раств. в воде, плохо раств. (при 25 °С) в 95%-ном этаноле (0,2%), хлороформе (2%), диэтиловом эфире (0,2%), раств. в бензоле, толуоле, ДМФА, диоксане, ДМСО (18%). Устойчив на свету и во влажном воздухе; в кислой среде гидролизует.



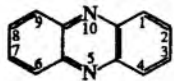
Получают многостадийным синтезом из хлорангидрида 2-хлорбензойной к-ты и 4-броманилина.

Ф. – транквилизатор с выраженным снотворным, противосудорожным и миорелаксирующим действием. Усиливает эффект снотворных препаратов и ср-в для наркоза. По избирательности и широте терапевт. действия превосходит др. аналогичные препараты.

Лит.: Яковлев Л. Н., Глушков Р. Г., Синтетические лекарственные средства, М., 1983, с. 215; Машковский М. Д., Лекарственные средства, т. 1, М., 1993, с. 91.

Л. Н. Койков

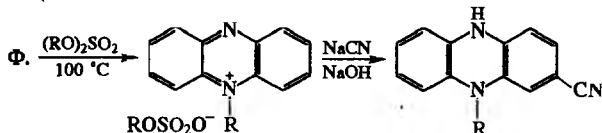
**ФЕНАЗИН** (добензопиразин, 9,10-диазаантрацен), мол. м. 180,21, желтые кристаллы, т. пл. 174–177 °С, т. кип. 360 °С; хорошо раств. в горячем этаноле,  $\text{CHCl}_3$ , ацетоне, хуже – в холодном этаноле (2 г в 100 мл), диэтиловом эфире, бензоле, плохо – в воде. Ф. возгоняется, летуч с водяным паром, обладает кратковременной флуоресценцией.



Ф. – слабое основание ( $\text{p}K_a$  1,23); в конц. к-тах раств. с образованием окрашенных феназиниевых солей, гидролиз к-рых приводит к Ф. Образует мол. соед. с 1,3,5-тринитробензолом (т. пл. 151–153 °С), пироксателином (т. пл. 184 °С), резорцином (213,5 °С), гидрохиноном (232 °С, с разл.), а также с нитрофенолами.

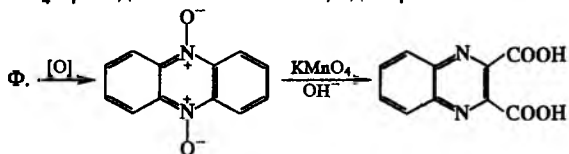
В р-ции электр. замещения Ф. вступает только в жестких условиях. Так, при нитровании Ф. смесью конц.  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при 50 °С образуется 1-нитрофеназин (выход 15–20%), при хлорировании в кипящем  $\text{CCl}_4$  в присут.  $\text{CH}_3\text{COONa}$  – 1-хлорфеназин (32%) и 1,4-дихлорфеназин (25%). Сульфирование с большим трудом под действием дымящей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{HgSO}_4$ , давая смесь феназин-2-сульфонокислоты и полисульфиров. продуктов.

При нагр. с диалкилсульфатами в нитробензоле Ф. дает соли 5-алкилфеназина, легко вступающие в р-ции нуклеоф. замещения:

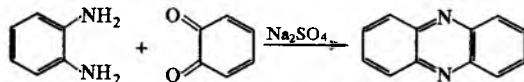


Восстановление Ф. действием  $\text{LiAlH}_4$  или  $\text{NaHSO}_3$ , а также гидрирование над Pd/C или Pt в пиридине приводят к неустойчивому 5,10-дигидрофеназину, к-рый легко окисляется на воздухе с образованием комплекса Ф.–5,10-дигидрофеназин состава 3 : 1 (феназгидрин, синие кристаллы, т. пл. 225 °С).

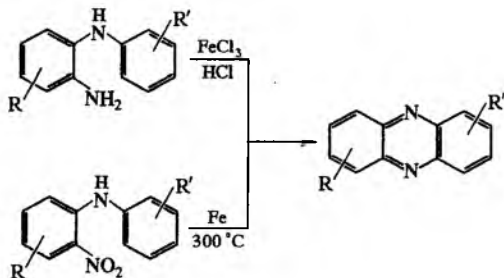
Ф. легко превращается в N-оксиды, напр. при окислении  $\text{H}_2\text{O}_2$  в  $\text{CH}_3\text{COOH}$  при 50 °С или м-хлорнадбензойной к-той; при действии избытка окислителя образуется 5,10-диоксид Ф. (т. пл. 204 °С), дальнейшее окисление к-рого щелочным  $\text{KMnO}_4$  приводит к хиноксалин-2,3-дикарбоновой к-те:



Ф. получают конденсацией *o*-фенилендиамина с *o*-хиноном в безводном диэтиловом эфире (выход 35%):



Производные Ф. синтезируют с высоким выходом внутримол. циклизацией *o*-амино- или *o*-нитрозамещенных дифениламина:



$\text{R}=\text{H}, \text{CH}_3, \text{NH}_2, \text{COOC}_2\text{H}_5; \text{R}'=\text{H}, \text{Cl}, \text{CH}_3\text{O}$

Ф. и его производные обладают антибиотич. активностью, являются переносчиками кислорода в нек-рых процессах метаболизма. Соли Ф. – сильные бактериостатич. агенты. Используют Ф. и его производные в качестве индикаторов [напр., 3-амино-2-метил-7-(диметиламино)феназин – нейтральный красный], красителей [индулины, сафранины (см. Азиновые красители)], сенсibilизаторов в цветной фотографии (2,3-диаминофеназин).

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 507; Пьетра С. [и др.], «Химия гетероциклических соединений», 1977, № 12, с. 1587–99.

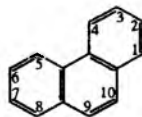
В. И. Келарев, Р. А. Караханов

**ФЕНАМИН** [сульфат (RS)-1-метил-2-фенилэтиламина, амфетамин],  $\text{C}_9\text{H}_{13}\text{NCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{NH}_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{SO}_4$ , мол. м. 184,25, бесцв. кристаллы горького вкуса; раств. в воде, хуже в этаноле, не раств. в диэтиловом эфире. Для основания т. кип. 205 °С,  $d_4^{25}$  0,9306. Получают Ф. взаимодействием  $\text{NH}_4\text{OH}$  с бензилметилкетонном при нагр. в автоклаве в атмосфере  $\text{H}_2$  в присут. Ni-Ренея.

Ф. – сильный стимулятор центр. нервной системы. Его психостимулирующее действие объясняется способностью высвобождать из гранул пресинапт. нервных окончаний нордреналин и дофамин, незначительно ингибировать моноаминоксидазу и тормозить обратный захват дофамина. Ф. применяется для временного улучшения умственной и физич. работоспособности; при этом он не устраняет потребности в нормальном отдыхе для восстановления сил. Ф. медленно выводится из организма, поэтому возможно накопление препарата и развитие пристрастия к нему.

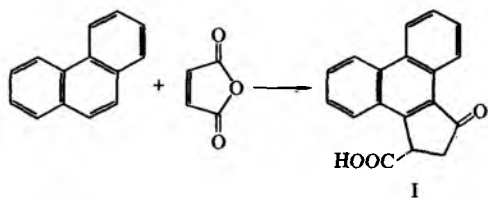
А. И. Боканов

**ФЕНАНТРЕН**, мол. м. 178,2, бесцв. кристаллы; т. пл. 101 °С, т. кип. 340 °С;  $d_4^{25}$  1,179;  $n_D^{20}$  1,5942. Не раств. в воде, раств. в диэтиловом эфире, бензоле, хлороформе, метаноле, уксусной к-те, кристаллизуется из этанола; р-ры флуоресцируют голубым цветом. Легко образует разл. молекулярные соед., напр. пикрат с т. пл. 144 °С.



Ф. по хим. св-вам аналогичен нафталину. Взаимод. с  $\text{Cl}_2$  (в р-ре  $\text{CS}_2$  или  $\text{CCl}_4$ ) или  $\text{Br}_2$  с образованием 9,10-дигалогенфенантронов. При нагр. оба дигалогенфенантрена отщепляют  $\text{HNa}$ , превращаясь в моногалогензамещенный Ф. Нитрование  $[\text{HNO}_3, (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}]$  и лежания  $\text{CH}_3\text{COONH}$  приводит к смеси 9- (наиб. кол-во), 1- и 3-нитрофенантронов. Ф. легко сульфировается: в зависимости от т-ры в разл. соотношениях образуется смесь 2-, 3- и 9-фенантреносульфонокислот с небольшой примесью 1-фенантреносульфонокислоты. Взаимод. Ф. с бензоилхлоридом в присут.  $\text{AlCl}_3$  по р-ции Фриделя – Крафта приводит к смеси 1-, 2- и 3-бензоилфенантронов. В р-ции с малеиновым ангидридом образуется соед. ф-лы I:





Действием Na в амидовом спирте Ф. восстанавливается до смеси 1,2,3,4-тетрагидрофенантрена (тетрантрена) и 9,10-дигидрофенантрена. Каталитич. гидрирование на смешанном катализаторе (CuO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и BaO) при 300–350 °С приводит сначала к 1,2,3,4,5,6,7,8-октагидрофенантрону (октантрону), а затем к пергидрофенантрону. Окисление Ф. соед. Ст(III) в ледяной CH<sub>3</sub>COOH приводит к фенантрен-9,10-хинону, оранжево-желтые кристаллы с т. пл. 208,5–210 °С, дальнейшее окисление к-рого H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> дает 2,2'-дифеновую к-ту.

В природе встречаются многочисленные производные Ф., напр. алкалоиды группы морфина, нек-рые терпены.

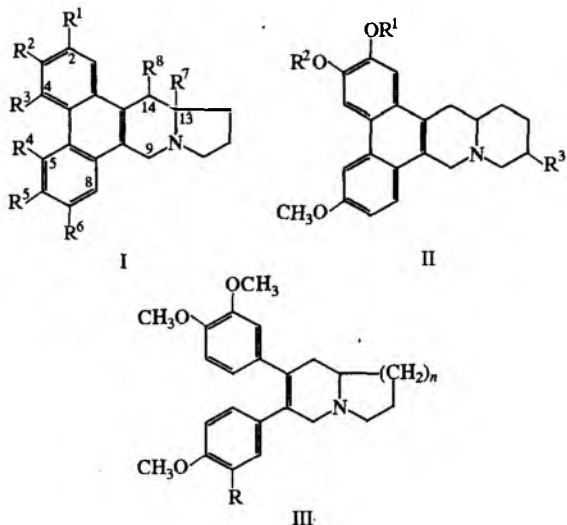
Ф. обычно выделяют из ацетиленовой фракции кам.-уг. смолы. Синтезируют Ф. фотохлоридеогенизацией стирбена или конденсацией *o*-нитробензальдегида с фенилуксусной к-той. Производные Ф. обычно получают *Пишорра синтезом*.

Ф. – стабилизатор ВВ (напр., на основе нитроглицерина и нитроцеллюлозы), компонент дымовых составов и нек-рых красителей.

Длит. контакт с Ф. приводит к снижению содержания гемоглобина в крови и вызывает лейкоцитоз; ЛД<sub>50</sub> 1,8–2,0 г/кг (мыши, перорально). ПДК 0,8 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Клар Э., Полициклические углеводороды, пер. с англ., т. 1, М., 1971, с. 220–33; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 314–455; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 14, Weinheim, 1977, S. 685–87. Г. И. Пуща.

**ФЕНАНТРЕНОИНДОЛИЗИДИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ**, выделены в осн. из растений рода *Tylophora* семейства ластовневых (Asclepiadaceae). Изредка они встречаются в отдельных видах *Antitoxicum*, *Pergularia*, *Suapanchum* семейства ластовневых, а два представителя выделены из *Ficus septica* семейства тутовых (Moraceae).



В основе скелета Ф. а. лежат сконденсированные друг с другом кольца фенантрена и индолизидина. Напр., тилофорин ф-лы I, где R<sup>1</sup> = R<sup>2</sup> = R<sup>5</sup> = R<sup>6</sup> = OCH<sub>3</sub>, R<sup>3</sup> = R<sup>4</sup> = R<sup>7</sup> = R<sup>8</sup> = H (т. пл. 273–275°, [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> = –15,8° в CHCl<sub>3</sub>); 13α-метилтилохирзутидин I, где R<sup>2</sup> = R<sup>3</sup> = R<sup>6</sup> = OCH<sub>3</sub>, R<sup>1</sup> = R<sup>3</sup> = R<sup>4</sup> = H, R<sup>8</sup> = OH, R<sup>7</sup> = CH<sub>3</sub>; тилокребрин I, где R<sup>1</sup> = R<sup>2</sup> = R<sup>4</sup> = R<sup>5</sup> = OCH<sub>3</sub>, R<sup>3</sup> = R<sup>6</sup> = R<sup>7</sup> = R<sup>8</sup> = H.

К Ф. а. близки по строению фенантренохинолизидиновые алкалоиды – криптоплеурин ф-лы II, где R<sup>1</sup> = R<sup>2</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>3</sup> = H, и криптоплеуридин, где R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = CH<sub>2</sub>,

R<sup>3</sup> = OH. Они выделены из *Scurrularia pleurosperma* семейства лавровых (Lauraceae) и двух видов *Boehmeria* семейства крапивных (Urticaceae).

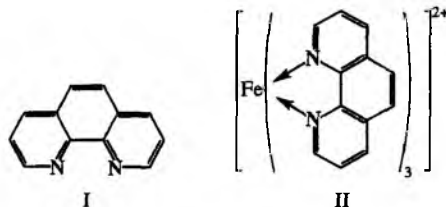
Другую группу близких к Ф. а. в-в составляют секофенантренохинолизидиновые алкалоиды ф-лы III, где n = 2, R = H (яландин), и секофенантреноиндолизидиновые алкалоиды III, где n = 1, R = OCH<sub>3</sub> (септидин). Предполагают, что эти представители являются биогенетич. предшественниками Ф. а. Облучение УФ светом септидина приводит к образованию смеси тилофорина и тилокребрина.

Почти все Ф. а. синтезированы искусственно. Анализируют их методами масс-спектрометрии и УФ спектроскопии.

Ф. а. обладают сильным наркотич. действием, нек-рые – антилейкемической (тилокребрин), противоопухолевой, антиамебной и противогрибковой (*Candida*) активностью.

Лит.: Manske R., The alkaloids, N. Y., 1981, p. 193; Ali M., Bhatani K., «Phytochemistry», 1989, v. 28, № 12, p. 3513–17. В. И. Виноградова.

**1,10-ФЕНАНТРОЛИН** (*o*-фенантролин), ф-ла I, мол. м. 180,2; бесцв. кристаллы; т. пл. 117 °С (т. пл. моногидрата 100–103 °С); раств. в этаноле, хлороформе, ацетоне и к-тах, плохо раств. в воде (в 100 г H<sub>2</sub>O раств. 0,3 г Ф.) и диэтиловом эфире.



Получают Ф. взаимод. *o*-фенилендиамина с глицерином в присут. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Ф. – аналит. реагент. Его используют для фотометрич. определения Fe(II) (предел обнаружения 0,13–0,15 мкг/мл), с к-рым он образует раств. в воде соед. красного цвета ф-лы II [при действии в р-ре на этот комплекс солей Ce(IV) красное окрашивание переходит в голубое]. Интенсивность окраски р-ра комплекса прямо пропорциональна концентрации Fe(II) и не зависит от величины pH в интервале от 2 до 9 (при λ 490 нм ε<sub>λ</sub> 1,06 · 10<sup>4</sup>, при λ 505 нм ε<sub>λ</sub> 1,1 · 10<sup>4</sup>). При определении Fe(III) его предварительно восстанавливают солями гидроксилламина или гидрохиноном.

Комплекс Fe(II) с Ф. применяют как окислит.-восстановит. индикатор (ферроин) со стандартным потенциалом 1,06 В. Восстановленная форма индикатора темно-красная, окисленная – бледно-голубая.

Ф. используют также для определения Mo(III и IV), Co(II), Ru(II), Ag(I), а также V(V) и Hg(II); два последних элемента определяют косвенными методами.

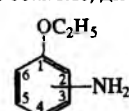
Лит.: Марченко З., Фотометрическое определение элементов, пер. с польск., М., 1971, с. 166–68.

**ФЕНЕТИДИНЫ** (этоксанилины, аминафенетолы), мол. м. 137,18. Различают *o*-, *m*- и *n*-Ф. (табл.) – маслянистые бесцв. жидкости с острым ароматич. запахом, быстро темнеющие на воздухе и свету; не раств. в воде, хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, разб. к-тах. Ф. – основания, основность *n*-Ф. немного выше, чем у анилина; с к-тами легко образуют соли. Наиб. практич. значение имеют *o*- и *n*-Ф.

Обладают св-вами *ароматических соединений*. При действии V<sub>2</sub> *o*- и *n*-Ф. образуют соответствующие 3,5-дибромпроизводные. Нитрование *n*-Ф. приводит к 4-амино-2-нитрофенетолу, сульфирование – к 5-амино-2-этоксibenзолсульфонокислоте.

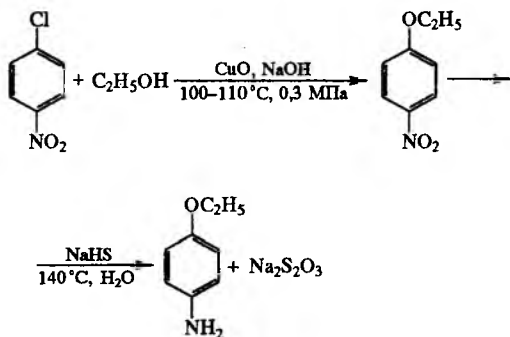
**СВОЙСТВА ФЕНЕТИДИНОВ**

Соединение	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>
<i>o</i> -Ф.	–21	232,5	—	1,5560
<i>m</i> -Ф.	—	248	—	—
<i>n</i> -Ф.	2,4	254	1,0652	1,5528





В пром-сти *п*-Ф. получают этоксилированием 4-хлорнитробензола с послед. восстановлением образующегося нитросоединения NaHS:



Другие способы получения – взаимодей. фенилгидроксилами на с этанолом в присут.  $H_2SO_4$  или гидрирование *п*-нитрофенетола над Ni-катализатором. *о*- и *м*-Ф. получают восстановлением соответствующих нитрофенетолов полисульфидами Na.

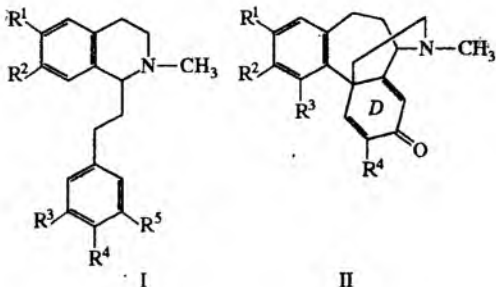
*о*- и *п*-Ф. применяют в произ-ве азотолов; *п*-Ф. также в синтезе лек. ср-в (напр., фенацетина, риванола). Производное *п*-Ф. и мочевины – дульцин  $C_7H_5O_5N_4NHCONH_2$  (иглы с т. пл. 173 °C) обладает очень сладким вкусом (в 200 раз слаще сахара).

Ф. вызывают отравление при попадании на кожу и вдыхании паров, поражают печень и почки; ПДК в воздухе рабочей зоны для *п*-Ф. 0,2 мг/м<sup>3</sup>, для гидрохлорида *п*-Ф. – 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Г. И. Пуча.

**ФЕНЕТИЛИЗОХИНОЛИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ**, выделяют в осн. из растений рода *Colchicum*, *Androsymbium*, *Merendera*, *Vulbosodium* семейства лилейных (*Liliaceae*). Представляют собой разнообразную по строению группу алкалоидов, объединенных общим предшественником – 1-фенетилизохинолином.

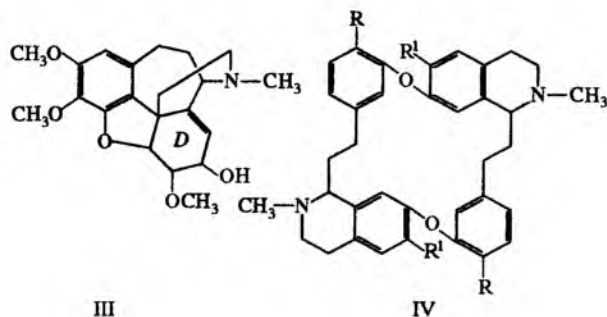
Ф. а. в зависимости от строения делят на 7 групп: первая – простые 1-фенетилизохинолины ф-лы I, напр. аугумалин, где  $R^1 = R^3 = R^4 = OCH_3$ ,  $R^2 = R^5 = OH$ . При окислении из этих алкалоидов в зависимости от условий м. б. получены производные всех групп Ф. а. Все алкалоиды этого типа получены синтетически. Из синтетич. аналогов метофолин (I,  $R^1 = R^2 = OCH_3$ ,  $R^4 = Cl$ ,  $R^3 = R^5 = H$ ) обладает выраженной анальгетич. активностью, равной активности кодеина.



Вторая группа – гомоморфиндиеноновые алкалоиды. Они различаются наличием диеновой (напр., андродимбин ф-лы II, где  $R^1 = R^3 = R^4 = OCH_3$ ,  $R^2 = OH$ ), эновой, диенольной или энольной (напр., креузигинин ф-лы III) системы в кольце D. Строение в-в этой группы определяют с помощью р-дий окисления и рентгеноструктурного анализа.

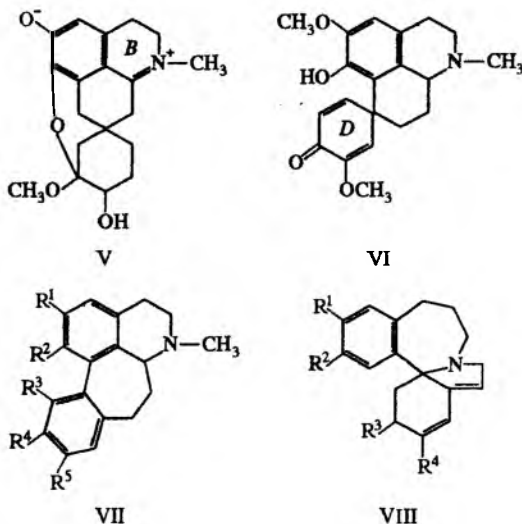
Соед. первых двух групп являются ключевыми промежуточ. соед. в биосинтезе *колхициновых алкалоидов*.

Третья группа Ф. а. – бисфенетилизохинолины ф-лы IV (напр., мелантиофин, где  $R = OH$ ,  $R^1 = OCH_3$ ), различающиеся кол-вом эфирных дифенильных мостиковых свя-



зей и расположением заместителей. Строение в-в доказывают расщеплением алкалоидов натрием и спектральным анализом.

Четвертая многочисленная группа – гомопроропориновые алкалоиды, содержащие в молекуле спироклоексановое кольцо D. Различаются степенью насыщенности кольца B (напр., регеколиин V) или кольца D (напр., креузигенон VI, содержит диеноновую систему) и наличием кислородсодержащих заместителей в последнем кольце. Анализируют эти алкалоиды методом масс-спектрометрии. Алкалоиды этой группы оказывают вредное действие на центральную нервную систему.



Пятая группа – гомоапорфиновые алкалоиды ф-лы VII. Различаются местоположением заместителей; пример – мультифлорамин, где  $R^1 = R^3 = R^5 = OCH_3$ ,  $R^2 = R^4 = OH$ . Строение этих в-в определяют с помощью УФ и ПМР спектров.

Шестая группа – гомоэритриновые алкалоиды ф-лы VIII, напр. шельхаммеридин, где  $R^1, R^2 = OCH_2O$ ,  $R^3 = OCH_3$ . См. также *Эритриновые алкалоиды*.

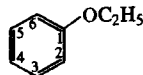
Седьмая группа – колхициновые алкалоиды.

Лит.: Shamma M., Moniot J., *Isoguinoline alkaloids research*, 1972-1977, N. Y. - L., 1978.

В. И. Виноградова.

**ФЕНЕТОЛ** (этоксibenзол, этилфениловый эфир), мол. м. 122,2; бесцв. жидкость с приятным запахом; т. пл. –30,7 °C, т. кип. 170 °C, 62 °C/15 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  1,0114;  $n_D^{20}$  1,5171;  $\Delta H_{\text{гор}}^0$  – 4419,6 кДж/моль;  $\eta$  6,87 Па·с (15 °C);  $\gamma$  32,8 мН/м;  $\mu$   $4,67 \cdot 10^{-30}$  Кл·м,  $\epsilon$  4,130 (30 °C). Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, соляной к-те, плохо раств. в воде (1,21 г в 1 л); легко перегоняется с водяным паром; образует азеотроп с водой (т. кип. 97,3 °C, 43% Ф. по массе).

Ф. обладает св-вами *ароматических соединений*. При взаимодей. с  $Cl_2$  образует смесь 4-хлор-, 2,4-дихлор- и 2,4,6-трихлор-



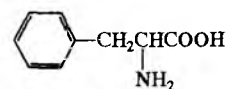
лорфенетолов. Действие Br<sub>2</sub> в CH<sub>3</sub>COOH при охлаждении или нагревание с PBr<sub>5</sub> на паровой бане приводит к 4-бромфенетолу; бромирование Br<sub>2</sub> при 25 °С в нитробензоле или CCl<sub>4</sub> – к смеси 2-бром- и 4-бромфенетолов. При нагр. Ф. с I<sub>2</sub> в присут. конц. HNO<sub>3</sub> и пиридина при 180 °С образуется 2-иодфенетол с примесью 4-производного. Нитрование оксидами азота в зависимости от условий проведения протекает по положениям 2 и 4. Взаимод. с SO<sub>3</sub> в паровой фазе приводит к бис-(4-этоксифенил)сульфону, кипячение с бензилхлоридом в присут. порошка церия – к 4-бензилфенетолу, кипячение с (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O в 85%-ной H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – к 4-этоксиацетофенону. При пропускании над Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при 200–240 °С Ф. разлагается на фенол, 2-этилфенол, 2,6-диэтилфенол и др. соед., при нагр. с 48%-ной HBr – на фенол и этилбромид. В кислом р-ре при нагр. выше 45 °С или при УФ облучении образует пероксиды.

Ф. получают взаимод. фенолята Na с этилсульфатом Na при 180 °С, алкилированием фенола этилхлоридом, взаимод. фенолята Na с этиловым эфиром *n*-толуолсульфокислоты в водно-щелочном р-ре.

Ф. – р-ритель, промежут. продукт в произ-ве красителей, лек. и душистых в-в.

С. И. Диденко.

**ФЕНИЛАЛАНИН** (2-амино-3-фенилпропионовая к-та, β-фенил-α-аланин, Phe, F), мол. м. 165,19; бесцв. кристаллы, т. пл. D, L-, D- и L-Ф. соотв. 271–273, 285 и 283 °С (все плавятся с разложением); сублимируется в вакууме; для D-Ф. [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> +7,1° (концентрация 3,8 г в 100 мл 18% HCl), для L-Ф. [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> –35,1° (концентрация 1,94 г в 100 мл воды); ограничено



раств. в воде, плохо – в этаноле. При 25 °С pK<sub>a</sub> 2,58 (COOH) и 9,24 (NH<sub>2</sub>); pI 5,91. D-Ф. имеет сладкий вкус, L-Ф. – слегка горьковатый.

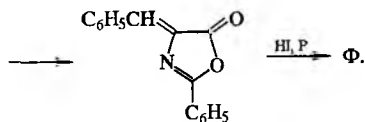
Ф. – ароматич. α-аминокислота, дает *ксантопротеиновую реакцию*, м. б. осажден из водного р-ра 2,5-дибромбензолсульфокислотой. При нагревании Ф. декарбоксилируется с образованием 2-фенилэтиламина; нитрованием Ф. может быть получен 4-нитрофенилаланин.

L-Ф. – кодируемая, незаменимая аминокислота, встречается во всех организмах в составе молекул белков, напр. в овальбумине, зеине, фибрине, инсулине, гемоглобине; входит в состав пептидов-подсладителей (см. *Аспартам*), соматостатина и энкефалина. Остаток D-Ф. входит в грамицидин S и нек-рые др. пептиды.

Биосинтез L-Ф. осуществляется из эритрозо-4-фосфата и фосфоенолпирувата через шикимовую, префеновую (см. *Обмен веществ*) и фенилпировиноградную к-ты.

В организме под действием фермента фенилаланин – 4-монооксигеназы Ф. превращается в *тирозин*. При отсутствии или резком снижении активности фермента возникает заболевание фенилкетонурия, к-рое проявляется гл. обр. выраженной олигофренией.

Синтезируют Ф. из малонового эфира и бензилхлорида, а также из гиппуровой к-ты и бензальдегида через азлактон:



В УФ спектре Ф. λ<sub>макс</sub> 257,4 нм, ε 1,97·10<sup>2</sup>, в спектре флуоресценции Ф. λ испускания 282 нм. В спектре ПМР L-Ф. в D<sub>2</sub>O величины хим. сдвигов протонов (в м. д.) у α- и β-атомов С цепи соотв. 3,993 и 3,292, 3,127.

L-Ф. впервые выделили из ростков люпина Э. Шульце и Й. Барбиери в 1881.

Мировое произ-во L-Ф. ок. 150 т в год (1982). В. В. Беев.

**ФЕНИЛАЦЕТАЛЬДЕГИД** (фенилуксусный альдегид, α-толуилловый альдегид), C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>2</sub>CHO, мол. м. 120,15; бесцв. или слегка желтоватая жидкость с сильным запахом гиацинта; т. кип. 193–194 °С, 80–82 °С/10 мм рт. ст.; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,0272; n<sub>D</sub><sup>20</sup>

1,5240–1,5329; давление пара 35,9 Па (20 °С); раств. в пропиленгликоле и др. орг. р-рителях, р-римость в 80%-ном этаноле 1:2, не раств. в воде и глицерине; производные: семикарбазон, т. пл. 156 °С; оксим, т. пл. 98,5 °С; 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 121 °С.

Ф. – высокореакционноспособное соед., легко окисляется, при стоянии (на свету и в темноте) превращается в стеклообразный полимер без запаха; сохраняется в виде 50%-ных р-ров в бензиловом, фенилэтиловом и др. спиртах, либо в присут. антиоксидантов. Содержится во мн. эфирных маслах, летучий компонент ряда пищ. продуктов. В пром-сти получают каталитич. окислением или дегидрированием фенилэтилового спирта или изомеризацией стирилоксида над алюмосиликатами.

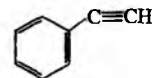
Применяют при приготовлении мн. цветочных и фантазийных парфюмерных композиций, а также как сырье для получения душистых в-в (напр., при взаимод. с глицерином образуется в-во с запахом ландыша).

Т. всп. 81 °С, т. воспл. 494 °С, КПВ 0,9–2,7% (по объему), температурные пределы воспламенения 78–99 °С.

Л. А. Хейфиц.

**ФЕНИЛАЦЕТИЛЕН** (этинилбензол), мол. м. 102,14; бесцв. жидкость; т. пл. –44,8 °С, т. кип. 141,7 °С, 44 °С/18 мм рт. ст.; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 0,9281; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,5492; γ 0,03326 Н/м; C<sub>p</sub> 179,61 Дж/(моль·К) при 25,3 °С; ΔH<sub>сгор</sub><sup>0</sup> –4282,41 кДж/моль; η 0,8829 мПа·с; ε 0,78; при нагр. до 230–240 °С разлагается.

При гидратации разб. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Ф. дает ацетофенон. Присоединяет Br<sub>2</sub> и I<sub>2</sub> с образованием соответствующих дигалогенстиролов; присоединение галогеноводородов приводит к α- и β-галогенстиролам и α,α-дигалогенэтилбензолу. Ф. легко вступает в диеновый синтез. При действии аммиачных р-ров CuCl<sub>2</sub> или AgNO<sub>3</sub> образует осадки соответствующих фенилацетиленидов, с Na в диэтиловом эфире дает фенилацетиленид Na. Последний в присут. безводной щелочи взаимод. с кетонами и др. веществами в спирты, напр. с ацетоном образуется (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C(OH)C≡CC<sub>6</sub>H<sub>5</sub>. Гидрирование Ф. в присут. Ni при 180 °С приводит к этилциклогексану (примесь – метилциклогексан), в присут. Cu при 190–250 °С – к стирилу, толуолу и 1,2-дифенилбутану.



Ф. легко полимеризуется, сополимеризуется с ацетиленом, метилметакрилатом, акрилонитрилом, стирилом, 2-винилпиридином и др. мономерами. При действии кислорода в присут. хлоридов Cu<sup>+</sup> или Cu<sup>2+</sup> в жидком пиридине димеризуется до дифенилбутадиина.

Ф. получают нагреванием α- или β-галогенстиролов с C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa, KOH или Na в жидком NH<sub>3</sub>, кипячением α,β-дибромэтилбензолов с C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa, медленной перегонкой фенилпропионовой к-ты с анилином (соотношение 1:4).

Ф. – сшивающий агент, связующее в произ-ве нек-рых композиционных материалов.

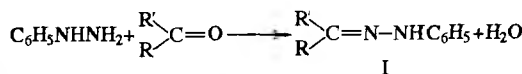
Раздражает слизистую оболочку дыхат. путей, кожу. ЛД<sub>50</sub> 5 мл/кг (крысы, перорально).

Лит.: Kirk – Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N. Y., 1978, p. 192–193.

В. Г. Липович, М. Ф. Вагин.

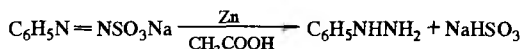
**ФЕНИЛГИДРАЗИН**, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NHNH<sub>2</sub>, мол. м. 108,2. Желтая жидкость; т. пл. 19,8 °С, т. кип. 243 °С, 115 °С/10 мм рт. ст.; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,0986; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,6084; ε 7,1 (25 °С). Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, р-рах минер. к-т, воде (в 100 г – 12,6 г при 20 °С и 23 г при 50 °С). Слабое основание, pK<sub>a</sub> 8,8. С водой образует гидрат, т. пл. 24,1 °С; с HCl – гидрохлорид, т. пл. 239–240 °С.

Ф. при нагр. выше 300 °С разлагается с образованием бензола, анилина и выделением N<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub>. Легко окисляется на воздухе; при низкой т-ре реагирует с *Фелинга реактивом*. С соед., содержащими карбонильную группу, образует фенилгидразоны (Ф-ла I) – малорастворимые кристаллы, используются для идентификации альдегидов и кетонов, а также в синтезе индола по Фишеру:



С  $\alpha$ -дикарбонильными соед. при нагр. Ф. образует трудно-растворимые кристаллы – *озазоны*, что применяют для выделения и идентификации сахаров. Ф. – мягкий восстанавливающий агент азо- и нитросоединений.

В пром-сти Ф. получают восстановлением диазотированного анилина при 80 °С смесью сульфита и гидросульфита Na (выход 80–84%). Препаративные способы – восстановление солей диазония р-ром SnCl<sub>2</sub> в HCl или диазосульфонов Zn в CH<sub>3</sub>COOH, нагр.:



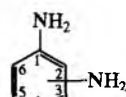
Ф. – исходный продукт в произ-ве азокрасителей, лек. препаратов (напр., антипирина, амидопирина).

Ф. – сильный яд, вызывающий распад эритроцитов и лейкоцитов крови, а также превращение гемоглобина в метгемоглобин. ЛД<sub>50</sub> 175 мг/кг (мышь, перорально). При попадании на кожу вызывает экзему; ПДК в воздухе рабочей зоны 22 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 4, М., 1971, с. 31; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 13, Weinheim, 1977, S. 101. Н. Н. Артамонова.

**ФЕНИЛЕНДИАМИНЫ** (диаминобензолы), мол. м. 108,14; бесцв. кристаллы (табл.), темнеющие на свету и на воздухе. Существуют в виде трех изомеров: 1,2-, 1,3- и 1,4-Ф. (соотв. *о*-, *м*- и *п*-Ф.). Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, СНСl<sub>3</sub>, горячей воде.

По хим. св-вам Ф. – типичные представители ароматич. аминов. Сильные орг. основания; *м*- и *п*-Ф. с минер. к-тами образуют водорастворимые соли (за исключением сульфата *п*-Ф.), с карбоновыми к-тами, их ангидридами и хлорангидридами – замещенные амиды соответствующих к-т, с дикарбонными к-тами, диангидридами и дихлорангидридами – полиамиды и полиимиды. При взаимодействии с бензальдегидом Ф. дают моно- и

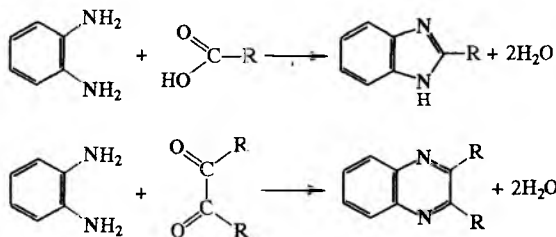


#### СВОЙСТВА ФЕНИЛЕНДИАМИНОВ

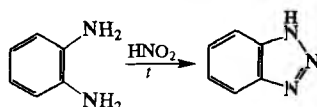
Изомер	Т. пл., °С	Т. кип., °С/мм рт. ст.	$K_B$	Потенциал ионизации, эВ
1,2-Ф.	105,8	256–258	$3,2 \cdot 10^{-10}$	7,29
1,3-Ф.*	63–64	282–284 147/10	$7,6 \cdot 10^{-10}$	7,26
1,4-Ф.	147	267(возг.)	$1,1 \cdot 10^{-8}$	6,52

\*  $d_{20}^{20}$  1,1421,  $n_D^{20}$  1,6339.

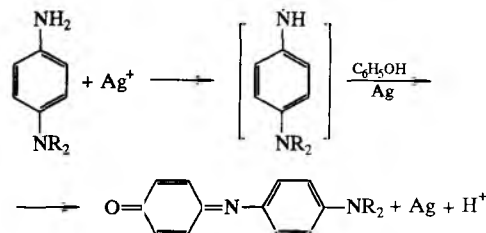
дибензилденпроизводные. *о*-Ф. легко образует гетероциклич. соед.: взаимодейств. с к-тами, ангидридами, амидами и эфирами приводит к бензимидазолам, с 1,2-дикарбонильными соед. – к хиноксалинам:



*м*- и *п*-Ф. легко диазотируются HNO<sub>2</sub> по одной или двум аминогруппам, образуя диазо- и тетраазопроизводные – промежуточные продукты в произ-ве азокрасителей; *о*-Ф. в аналогичных условиях дает бензотриазол:



При окислении действием Ag<sub>2</sub>O в эфирном р-ре *о*- и *м*-Ф. превращается в соответствующие бензохинондиимины; MnO<sub>2</sub> или K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> окисляют *п*-Ф. в *п*-бензохинон; при окислении *о*-Ф. FeCl<sub>3</sub> в CH<sub>3</sub>COOH образуется 2,3-диаминофеназин. Окисление *п*-Ф. окислителями в присут. соед. с активной метиленовой группой приводит к азометиновым красителям. В цветной фотографии используют одноэлектронное окисление N,N-диалкилпроизводных *п*-Ф. светочувствит. солями AgHal; образующиеся радикалы с разл. агентами, напр. фенолами, дают индоанолиновые красители:



В присут. своб. радикалов или соед., являющихся источниками своб. радикалов (Br<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>), *п*-Ф. и его производные способны превращаться в окрашенные катион-радикалы (соли Вюрстера, ф-ла I), применяемые в качестве антиоксидантов, ингибиторов полимеризации, красителей в цветной фотографии.

При действии Cl<sub>2</sub> в CH<sub>3</sub>COOH или KClO<sub>4</sub> в HCl *п*-Ф. превращается в тетрахлор-*п*-бензохинон (хлоранил); *м*-Ф. при нагр. с 10%-ным р-ром HCl образует резорцин. *м*- и *п*-Ф. легко сополимеризуются с разл. орг. соед.; напр., с диизоцианатами образуют полиуретаны, с диальдегидами – полиимиды, с эпоксидами – сетчатые полимеры.

В пром-сти *о*-Ф. получают восстановлением *о*-нитроанилина NaHS (реже – Zn-пылью в водно-спиртовом р-ре NaOH) или его каталитич. гидрированием в присут. Pd/C (70–90 °С, 3 МПа, выход 85–90%) или Ni/Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; *м*-Ф. – восстановлением *м*-динитробензола порошком Fe в HCl (выход 74%) или его каталитич. гидрированием в присут. Ni; *п*-Ф. – восстановлением *п*-нитроанилина Na<sub>2</sub>S, порошком Fe в HCl или Zn в КОН. Другие способы получения: взаимодейств. соответствующих дибромбензолов с водным NH<sub>3</sub> в присут. CuSO<sub>4</sub> при 175–180 °С (*о*-Ф.) и 180–190 °С (*п*-Ф.); восстановление *п*-нитроанилина на Cu–Mo-катализаторе в присут. небольших кол-в NH<sub>4</sub>Cl или CH<sub>3</sub>COOH.

Ф. – реагенты в произ-ве кубовых красителей (*о*-Ф.), азокрасителей (*м*-Ф.), сернистых, прямых и дисперсных красителей (*п*-Ф.); соли Ф. – проявляющие в-ва в черно-белой и цветной фотографии. *м*- и *п*-Ф. используют в произ-ве полиамидов, полиуретанов, в качестве антиоксидантов и антиозонантов пластмасс и эластомеров, отвердителей эпоксидных смол (*м*-Ф.), для окрашивания волос и меха (*п*-Ф.), как реагенты для обнаружения моносахаридов (*м*-Ф.), хлора, брома, озона (*п*-Ф.).

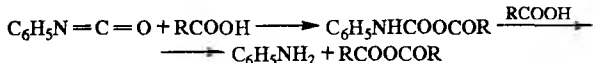
Ф. – токсичны; неблагоприятно действуют на почки, печень, изменяют состав крови, вызывают респираторные заболевания и дерматиты. ПДК в воздухе рабочей зоны для *о*-, *м*- и *п*-Ф. соотв. 0,5, 0,1 и 0,05 мг/м<sup>3</sup>; для *п*-Ф. ЛД<sub>50</sub> 133,4 мг/кг (крысы, перорально). Ниж. КПВ для *о*-Ф. 10,4 г/м<sup>3</sup>. Т. всп. для *п*-Ф. 155,5 °С.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 183, 220–24; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 2, N. Y., 1978, p. 348–54.

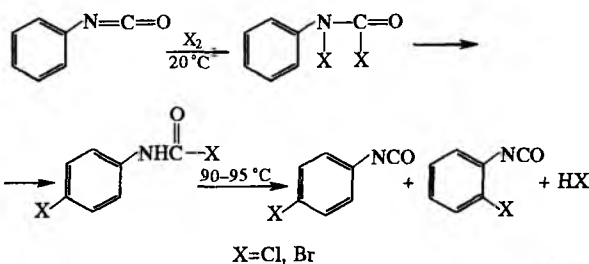
С. И. Диденко.

**ФЕНИЛИЗОЦИАНАТ**, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>N=C=O, мол. м. 119,12; бесцв. жидкость с резким запахом; т. пл. –32,3 °С, т. кип. 161,7 °С, 48 °С/10 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  1,0956;  $n_D^{20}$  1,5368; давление пара  $4,5 \cdot 10^2$  Па (30 °С);  $\Delta H_{пл}$  105 кДж/кг;  $\Delta H_{исп}$  323 кДж/кг (165 °С);  $C_p$  1,51 кДж/(кг·К) (200 °С);  $\mu$   $7,52 \cdot 10^{-30}$  Кл·м. Хорошо раств. в большинстве апротонных р-рителей.

Ф. обладает св-вами ароматич. *изоцианатов*. При взаимодействии со спиртами образует соответствующие кристаллич. фенилуретаны  $C_6H_5NCOOR$ , под действием воды разлагается:  $C_6H_5NCO + H_2O \rightarrow [C_6H_5NHCOOH] \rightarrow C_6H_5NH_2 + CO_2$ . С аммиаком Ф. образует *N*-фенилмочевину, с анилином – *N,N*-дифенилмочевину, с диметиламином – *N,N*-диметил-*N'*-фенилмочевину (гербицид фенурон):  $C_6H_5N=C=O + NH(CH_3)_2 \rightarrow C_6H_5NHCON(CH_3)_2$ . При взаимодействии с карбонильными к-тами превращается в смешанный ангидрид, к-рый может распадаться до симметричного ангидрида и анилина:



При действии  $H_2SO_4$  Ф. превращается в сульфаниловую к-ту:  $C_6H_5NCO + H_2SO_4 \rightarrow [C_6H_5NHCO_2SO_3H] \rightarrow n-NH_2C_6H_4SO_3H$ . С галогенами дает дигалогенпроизводные, к-рые при нагревании перегруппировываются в смесь *орто*- и *пара*-замещенных Ф.:



Гидрирование Ф. в присут. Ni при 190 °C приводит к смеси анилина, *N*-метиланилина, дифенилмочевины,  $CH_4$  и  $CO_2$ ;  $LiAlH_4$  восстанавливает Ф. до *N*-метиланилина (выход 70–90%). В присут. триалкилфосфинов при 10 °C Ф. образует димер, в присут. оснований ( $CH_3COOK$ ,  $CH_3ONa$ ,  $Na_2CO_3$  и др.) – тример.

Ф. в бензоле при 20–25 °C катализирует дегидратацию и декарбоксилирование гидроксиминокислот в нитрилы (выход более 90%):  $HON=CHC_6H_4COOH \rightarrow C_6H_5CN + CO_2 + H_2O$ ; в присут. следов триэтиламина – дегидратацию нитроалканов до нитрилоксидов.

В промышленности Ф. получают фосгенированием анилина. Препаративно синтезируют обработкой фенилдиазонийхлорида  $KOClN$  в присут. Су или взаимодействием дифенилмочевины с фосгеном в хлорнафталине (150 °C, выход 70–80%).

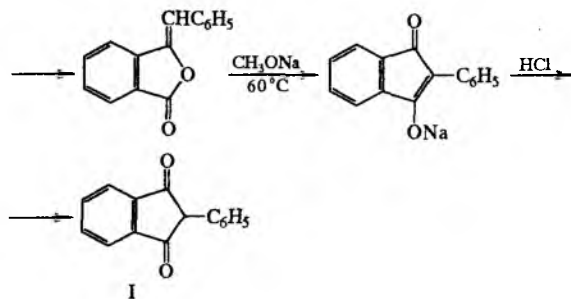
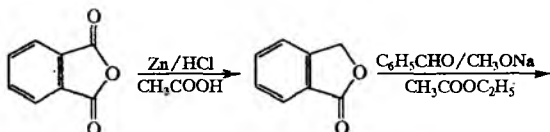
Ф. применяют в синтезе уретанов, дисперсных красителей, гербицида фенурона, используют для идентификации спиртов, фенолов и др. гидроксисоединений.

Т. всп. 51 °C, т. воспл. 645 °C. Раздражает слизистые оболочки дыхат. путей и глаз.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 654, 694; Горбатенко В.И., Журавлев Е.З., Самарай Л.И., *Изоцианаты. Методы синтеза и физико-химические свойства алкил-, арил- и гетерилизоцианатов*, К., 1987; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 13, Weinheim, 1977, S. 348.

С. И. Диденко.

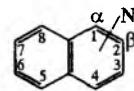
**ФЕНИЛИН** (2-фенил-1,3-индандион, ф-ла I), мол. м. 222,24; бесцв. или кремовые кристаллы; т. пл. 148–151 °C; практически не раств. в воде, плохо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, хорошо – в бензоле, хлороформе,  $CCl_4$ . При стоянии на свету темнеет, под действием щелочных агентов приобретает красноватую окраску вследствие енолизации. Ф. получают по схеме:



Ф. – активный непрямой антикоагулянт крови, приводит к нарушению образования протромбина в печени и уменьшает содержание разл. факторов свертывания крови, является антагонистом витамина К. Действует медленно и продолжительно. Применяют Ф. при лечении тромбозов, тромбоблебитов и др.

Л. Н. Койков.

**N-ФЕНИЛНАФТИЛАМИНЫ** (анилинонафталины), мол. м. 219,26. Различают *N*-фенил-1-нафтиламин ( $\alpha$ -Ф., неозон А, нонокс А) и *N*-фенил-2-нафтиламин ( $\beta$ -Ф., неозон Д, нонокс Д). Бесцв. кристаллы, для  $\alpha$ - и  $\beta$ -Ф. соотв. т. пл. 62–63 °C и 108 °C, т. кип. 224 °C/12 мм рт. ст. и 236 °C/15 мм рт. ст.;  $\Delta H_{\text{гор}}$  –8389,22 и –8325,53 кДж/моль. Хорошо раств. в диэтиловом эфире, этаноле, бензоле,  $CHCl_3$  (с голубой флуоресценцией);  $\alpha$ -Ф. раств. в воде (1,44 г в 100 мл при 25 °C),  $\beta$ -Ф. не растворяется.



По хим. св-вам Ф. – типичные представители ароматич. аминов. Бромирование Ф. избытком  $Br_2$  в  $CH_3COOH$ , нитрование  $HNO_3$  в  $CH_3COOH$  при 95–100 °C идет по нафталиновому ядру с образованием смеси соответствующих ди- и тетразамещенных производных; при сульфировании конц.  $H_2SO_4$  при 240 °C  $\beta$ -Ф. разлагается на 2-нафтол и анилин.

В промышленности  $\alpha$ -Ф. получают взаимодействием анилина с 1-нафтиламином в жидкой фазе при 230–250 °C (кат.  $I_2$  или *n*-толуолсульфокислота) или в паровой фазе при нагревании смеси в-в до 800 °C над гелем  $Al_2O_3$ .  $\beta$ -Ф. получают нагреванием анилина с 2-нафтолом при 180–200 °C (кат.  $I_2$ ,  $SO_2$  или  $H_2SO_4$ ). Лаб. способ получения  $\beta$ -Ф. – кипячение 2-бромнафталина с ацетанилидом в нитробензоле в присут.  $K_2CO_3$ , KI и сплавов Cu (гл. обр. бронзы).

Ф. – антиоксиданты для синтетич. каучуков, полиэтилена и полиизобутилена ( $\beta$ -Ф.); применяются в произ-ве арилметановых красителей ( $\alpha$ -Ф.) и азокрасителей для ацетатного шелка ( $\beta$ -Ф.);  $\beta$ -Ф. – реагент для определения атм. озона. Ф. – умеренно токсичны; вызывают дерматиты, способствуют повреждению в организме гемоглобина в метгемоглобин ( $\alpha$ -Ф.), вредно действуют на печень ( $\beta$ -Ф.). ПДК  $\beta$ -Ф. в атм. воздухе 0,03 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Дональдсон Н., *Химия и технология соединений нафталинового ряда*, пер. с англ., М., 1963; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 17, Weinheim – N. Y., 1979, S. 107; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N. Y., 1981, p. 726–27.

Н. Н. Артамонова.

**У-ФЕНИЛПРОПИЛОВЫЙ СПИРТ** (3-фенилпропанол, гидрокориичный спирт),  $C_6H_5CH_2CH_2CH_2OH$ , мол. м. 136,19; бесцв. жидкость со слабым запахом, напоминающим запах глицерина; т. пл. –18 °C, т. кип. 237,5 °C;  $d_4^{20}$  1,007;  $n_D^{20}$  1,5278; давление пара 1,99 Па (20 °C); р-римость в 70%-ном этаноле 1:1, не раств. в воде; производное: фенилуретан, т. пл. 48–49 °C. Содержится в своб. виде и в виде эфиров в нек-рых прир. смолах и бальзамах, в корице, фруктах и эфирных маслах. Получают каталитич. гидрированием коричного альдегида или конденсацией стирола с  $CH_2O$  и послед. гидрированием образующегося 4-фенил-1,3-диоксана. Применяется (гл. обр. в виде эфиров) при составлении парфюмерных композиций (запах розы и глицерина) и как промежуточный продукт в синтезе нек-рых фармацевтич. препаратов. Т. всп. 109 °C.

Л. А. Хейфиц.

## 68 ФЕНИЛУКСУСНАЯ

**ФЕНИЛУКСУСНАЯ КИСЛОТА** ( $\alpha$ -толуиловая к-та),  $C_6H_5CH_2COOH$ , мол. м. 136,15; блестящие иглы с запахом меда (в больших разведениях запах приобретает цветочный оттенок); т. пл. 77–78,5 °С, т. кип. 265,5 °С, 144,2–144,8 °С/12 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  1,228;  $n_D^{20}$  1,450–1,454;  $pK_a$  4,31 (вода, 25 °С); хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире и др. орг. р-рителях, плохо – в воде (1,66 г в 100 г воды при 20 °С). Содержится в нек-рых эфирных маслах и табаке. В организме животных образуется из фенилаланина, после окислит. разложения выводится из организма в виде солей фенилпировиноградной к-ты с аминокислотами.

Получают Ф.к. гидролизом  $C_6H_5CH_2CN$  или каталитич. превращением  $C_6H_5CH_2Cl$  в  $C_6H_5CH_2COOR$  под действием СО и спиртов в присут. алколюлятов щелочных металлов с послед. гидролизом.

Ф.к. и ее эфиры применяют при составлении парфюм. композиций и пищ. эссенций. Ф.к. – исходный продукт для синтеза *фенамина*; используется в синтезе бензилпенициллина (Ф.к. вводят в качестве предшественника в питат. среду при культивировании плесени *Penicillium chrisogenum* или *P. notatum*), а также в синтезе фенантрена по методу Пшорра (см. *Пиорра синтез*).

Т. всп. 190 °С, т. воспл. 543 °С. ЛД<sub>50</sub> 5 г/кг (кролики, перорально).

Л. А. Хейфци.

**ФЕНИЛФЕНОЛЫ** (гидроксибифенилы), мол. м. 170,2; бесцв. кристаллы (см. табл.); раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде; перегоняются с водяным паром.

Ф. по хим. св-вам подобны фенолам. 2-Ф. при бромировании в присут.  $CH_3COOH$  превращается в смесь 3,5-дибром- и 3,4,5-трибром-2-гидроксибифенилов, при нитровании в среде  $CH_3COOH$  – в 3,5-динитропроизводное. 4-Ф. бромируется одним эквивалентом

$Br_2$  по положению 3, двумя эквивалентами – по положениям 3 и 5; при нитровании  $NaNO_2$  и  $H_2O_2$  в среде  $CH_3COOH$  образует 3-нитропроизводное.

### СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФЕНИЛФЕНОЛОВ

Положение фенильной группы	Т. пл., °С	Т. вып., °С
2	59–60	287
3	77	300
4*	165	305–308 (с возг.)

\*  $\mu$  7,37 · 10<sup>-30</sup> Кл · м.

В промышленности смесь 2- и 4-Ф. – побочный продукт в произ-ве фенола; выделяют их перегонкой с водяным паром из смолы, остающейся после отгонки фенола. Синтезируют 2-Ф. нагреванием циклогексанона в присут. кислотных катализаторов при 120 °С с послед. парофазным каталитич. дегидрированием (400 °С, Ni–Cr, Pt или Pd–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) образующегося циклогексенилциклогексанона, а также каталитич. изомеризацией дифенилового эфира (Na, 200 °С), 4-Ф. получают кипячением 4-фторфенола с бензолом в присут. AlCl<sub>3</sub> или щелочной плавкой дифенил-4-сульфоуксусной кислоты.

2-Ф. – антисептик для натуральной кожи, текстиля, древесины и бумаги, вспомогат. в-во при крашении дисперсными красителями; 4-Ф. – промежут. продукт при синтезе неионогенных ПАВ.

Т. всп. для 2-Ф. 132 °С.

Лит.: Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 18, Weinheim, 1979, S. 218.

Н. Н. Артамонова.

**ФЕНИЛФЛУОРОН** (2,6,7-тригидрокси-9-фенил-3(3Н)-ксантенон; ф-ла I, R – фенил), мол. м. 320,30; красно-оранжевые кристаллы, не раств. в воде, раств. в водно-спиртовых р-рах к-т и щелочей, ДМФА.

Амфотерен;  $pK_a^1$  6,3,  $pK_a^2$  10,2,  $pK_a^3$  11,7; при pH ≤ 1,2 протонирован по карбонильной группе ( $pK_a$  2,1). В спектрах поглощения наблюдаются максимумы

при следующих длинах волн  $\lambda$  (в нм): 462–465 (pH 1,2); 462 и 490–492 (pH 4,8–5,2); 512–514 (pH 8,4–9,0); 532–538 (pH 11,4–12,0); 556–558 (pH ≥ 13,0). Получают Ф. конденсацией триацетоксибисфенона (пирогаллола А) с бензальдегидом в водно-этанольной среде в присут. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Ф. – реагент для фотометрич. определения в водно-этанольных р-рах Ge(IV) (1М HCl,  $\lambda$  530 нм,  $\epsilon$  4,0 · 10<sup>4</sup>), Sn(IV) (0,1М HCl,  $\lambda$  530 нм,  $\epsilon$  3,5 · 10<sup>4</sup>), Ti(IV) (pH 2–2,3,  $\lambda$  540 нм,  $\epsilon$  7,4 · 10<sup>4</sup>), Sb(III) (0,05М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,  $\lambda$  560 нм,  $\epsilon$  3,4 · 10<sup>4</sup>), Nb(V) (0,3М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,  $\lambda$  510 нм,  $\epsilon$  3,1 · 10<sup>4</sup>), Mo(VI) (pH 1,  $\lambda$  578 нм,  $\epsilon$  4,9 · 10<sup>4</sup>). С ионами перечисленных металлов Ф. образует труднорастворимые в воде окрашенные комплексные соединения. Водно-этанольные р-ры последних стабилизируют защитными коллоидами (желатин, гуммиарабик, поливиниловый спирт). Чувствительность определения увеличивается ( $\epsilon$  достигает 10<sup>5</sup> и выше) при введении в эти р-ры ПАВ. Ф. – неселективный реагент, поэтому обычно либо предварительно отделяют определяемый элемент, либо применяют маскирующие агенты.

Ф. – типичный представитель тригидроксифлуоронов (оксиксантеновых красителей) – соединений общей ф-лы I. Они представляют собой красные кристаллы, плавятся с разложением; не раств. в воде, этаноле, раств. в водно-спиртовых р-рах к-т и щелочей. Слабые к-ты; в водно-спиртовых р-рах в зависимости от pH образуют 5 различно окрашенных форм. Аналоги Ф.: салицилфлуорон (I, R – 2-гидроксифенил), пропиленфлуорон (I, R – пропилен), 2-нитрофенилфлуорон (I, R – 2-нитрофенил), 2,4-дисульфобензилфлуорон (I, R – 2,4-дисульфобензил). Применяются для фотометрич. определения Ti(IV), Zr(IV), Hf(IV), Sn(IV), V(IV), Nb(V), Ta(V), Bi(III), Mo(VI), W(VI), с к-рыми образуют комплексные соединения, стабилизированные в водных р-рах защитными коллоидами и ПАВ. Часто перечисленные металлы определяют в виде экстрагированных хлороформом разнолигандных комплексных соед., лигандами в к-рых кроме тригидроксифлуорона являются антипирин, диантипирилметан, N-бензоил-N-фенилгидроксиламин и его аналоги. Тригидроксифлуороны используют также для отделения, концентрирования (соосаждением) и последующего атомно-эмиссионного и рентгенофлуоресцентного определения микроколичеств Ge, PЗЭ, Ta, Nb, Zr, Hf, Bi, W и др.

К тригидроксифлуоронам относят также соед. общей ф-лы II, обладающие аналогичными св-вами. Важнейшие представители: галлеин (II, X = H, R – 2-карбоксифенил), пирогалловый красный (II, X = H, R – 2-сульфофенил) и бромтирогалловый красный (II, X = Br, R – 2-сульфофенил). Они применяются в качестве комплексометрич. индикаторов и для фотометрич. определения Ag(I), PЗЭ, Zr(IV), Sn(IV), Mo(VI) и др.

Лит.: Назаренко В. А., Антонович В. П., Триоксифлуороны, М., 1973; Антонович В. П. [и др.], «Ж. аналит. химии», 1984, т. 39, в. 7, с. 1157–76; Антонович В. П. [и др.], «Ж. неорг. химии», 1986, т. 31, в. 6, с. 1422–26.

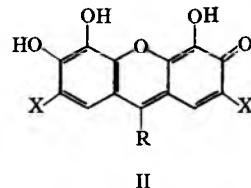
В. П. Антонович.

**ФЕНИЛХЛОРСИЛАНЫ**, соединения общей формулы  $(C_6H_5)_nSiCl_{m-n}H_{4-m-n}$  где  $m$  и  $n = 1–3$ ,  $m + n = 4$ . Бесцв. жидкости, за исключением трифенилхлорсилана (табл.).

По хим. св-вам – типичные *органогалогенсиланы*. В отличие от алкилхлорсиланов, Ф. более устойчивы к нагреванию (напр., PhSiCl<sub>3</sub> не разлагается до 400 °С), связи Si–C менее стойки к воздействию электроф. реагентов, гидролитич. конденсация протекает с меньшей скоростью.

Методы получения Ф. аналогичны методам получения органогалогенсиланов.

Ф. – базовое исходное сырье для произ-ва олигомерных, полимерных и особенно сополимерных (алкилфенилхлорсилановых) продуктов. Фенилтрихлорсилан, фенилдихлорсилан и дифенилдихлорсилан применяют в произ-ве полиалкилфенилхлорсилановых связующих для термостойких конструкционных пластмасс и защитных антикоррозионных лакокрасоч-



СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФЕНИЛХЛОРСИЛАНОВ

Соединение	Мол. м.	Т. кип., °С/мм рт. ст.	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
Фенилтрихлорсилан PhSiCl <sub>3</sub>	211,69	201,5/760	1,324	1,524
Фенилдихлорсилан PhSiHCl <sub>2</sub>	177,19	181,5/750	1,212	1,524
Фенилхлорсилан PhSiH <sub>2</sub> Cl	142,70	92,5/65	—	1,520
Дифенилди-хлорсилан Ph <sub>2</sub> SiCl <sub>2</sub>	253,29	305,2/760	1,222	1,582
Дифенилхлорсилан Ph <sub>2</sub> SiHCl	218,80	99–101/1	1,137	1,584
Трифенилхлорсилан Ph <sub>3</sub> SiCl	294,90	378/760*	—	—

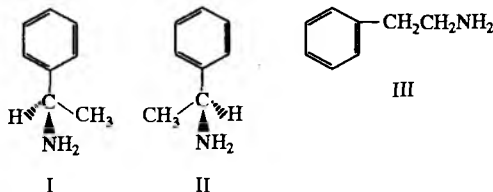
\* Т. пл. 110–111 °С.

ных покрытий, дифенилди-хлорсилан – в произ-ве эластеров и техн. жидкостей, трифенилхлорсилан – в произ-ве техн. жидкостей.

Все жидкие Ф. вызывают раздражение слизистых оболочек глаз, дышат, путей, нарушают нормальное функционирование нервной системы, при попадании на кожу могут вызвать ожоги. Ф.– горючие в-ва; Ф., содержащие гидридсилильные группы SiH, образуют с воздухом взрывоопасные смеси (предел взрываемости 0,8–77,5% по объему). Для Ф. ПДК 0,001 мг/м<sup>3</sup>.

Лит. см. при ст. Кремнийорганические соединения. В. Н. Емельянов.

**ФЕНИЛЭТИЛАМИНЫ.** В статье рассмотрены незамещенные первичные Ф. Различают α-Ф (1-фенилэтиламин), существующий в виде (R)- (ф-ла I), (S)-энантимеров (II) и рацемата, а также β-Ф. (2-фенилэтиламин) (III).



α-Ф.– бесцв. кристаллы, β-Ф.– жидкость (табл.); β-Ф. хорошо раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире, р-римость рацемич. α-Ф.– 4,167 г в 100 г воды при 20 °С.

По хим. св-вам Ф.– типичные первичные амины. С минер. и орг. к-тами образуют соли, с альдегидами – основания Шиффа, с цианатами и тиоцианатами – замещенные мочевины и тиомочевины; с сульфохлоридами – соответствующие амиды сульфокислот. Ф. ацилируются по Шоттена–Баумана реакцией с образованием N-замещенных амидов; N-алкилирование галогенопроизводными низших углеводов приводит

СВОЙСТВА ФЕНИЛЭТИЛАМИНОВ

Показатель	(R)-α-Ф.	(S)-α-Ф.	(RS)-α-Ф.*	β-Ф.
Т. пл., °С (гидрохлорид)	160 <sup>б</sup>	171	158	—
Т. кип., °С	187	187	187,5	195
$d_4^{20}$	0,9561 <sup>15</sup>	0,952 <sup>20</sup>	0,953 <sup>25</sup>	0,964 <sup>25</sup>
$n_D^{20}$	1,5269	1,5281	1,5269	1,5315 <sup>9</sup>
[α] <sub>D</sub> <sup>20</sup> , град (этанол)	+31,0	-31,5	—	—
Ур-ние температурной зависимости давления пара: lg p (мм рт. ст.) = A – B/T температурный диапазон, К	От 340,65 до 460,55	От 327,15 до 460,55	От 331,65 до 460,90	От 329,15 до 470,65
A	8,4188	8,8889	8,24268	8,72693
B	2543,67	2735,35	2461,51	2735,95
K <sub>в</sub> (вода, 25 °С)	—	—	2,46 · 10 <sup>-5</sup>	7,09 · 10 <sup>-5</sup>

<sup>а</sup> ΔH<sub>исп.</sub> 36,795 кДж/моль (33 °С); η 1,66 мПа · с (25 °С). <sup>б</sup> Т. пл. 32,5 °С. \* При 25 °С.

дит к образованию аминов и четвертичных аммониевых оснований; под действием HNO<sub>2</sub> Ф. превращаются в соответствующие спирты с выделением N<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O.

Рацемич. Ф. получают взаимод. ацетофенона с формиатом аммония в присут. ледяной CH<sub>3</sub>COOH при 150 °С; восстановлением щелочного р-ра (1-нитроэтил)бензола Zn-пылью; гидрированием ацетофеноноксима на Ni-Ренея в этаноле при 85 °С и давлении 7 МПа либо ацетофенона на Ni в метанольном р-ре NH<sub>3</sub> при 105 °С и давлении 7 МПа.

(R)- и (S)-α-Ф. получают расщеплением рацемата при взаимод. его с оптически активными производными разл. природных соед. (винной, камфорной, хинной, яблочной к-тами и др.); (S)-α-Ф. образуется также при нагр. амида (S)-2-фенилпропионовой к-ты в водно-щелочном р-ре гипобромита натрия.

β-Ф. получают восстановлением бензилцианида LiAlH<sub>4</sub> в присут. AlCl<sub>3</sub> либо его каталитич. гидрированием в присут. Ni-Ренея в жидком NH<sub>3</sub> или щелочном р-ре CH<sub>3</sub>OH при 90–130 °С и давлении 0,8–12 МПа; гидрированием 1,2-дибром-1-нитро-2-фенилэтана на Pd катализаторах в метаноле, взаимод. амида гидрокоричной к-ты с щелочным р-ром гипобромита К и др.

Ф.– важные полупродукты тонкого орг. синтеза и синтеза физиологически активных в-в. β-Ф.– бактерицид, репеллент против грызунов.

Для α-Ф. ЛД<sub>50</sub> 400 мг/кг, для β-Ф.– 940 мг/кг (мыши, перорально).

Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N. Y., 1981, p. 775–76.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

β-ФЕНИЛЭТИЛОВЫЙ СПИРТ (2-фенилэтанол), C<sub>8</sub>H<sub>9</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH, мол. м. 122,17; бесцв. жидкость с нежным

запахом розы; т. пл. –27 °С, т. кип. 220–222 °С, 99–99,5 °С/10 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  1,0202;  $n_D^{20}$  1,5325; давление пара 4,39 Па (20 °С); раств. в пропиленгликоле, р-римость в 50%-ном этаноле 1:2, в воде 1:60; производные: фенилуретан, т. пл. 80 °С, нафтилуретан, т. пл. 119 °С, 3,5-динитробензоат, т. пл. 108 °С. При перегонке Ф. с над безводным КОН образуется стирол (используют как качественную р-цию), при окислении – смесь фенилацетальдегида и фенилуксусной к-ты.

Содержится Ф. с. в розовом (25–65%), гвоздичном, гераниевом, неролиевом и др. эфирных маслах; в виде эфира коричной к-ты найден в смолах и бальзамах.

В пром-сти Ф. с. получают взаимод. C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> с этиленоксидом в присут. AlCl<sub>3</sub> или гидрированием стиролаксида.

Используют Ф. с. при приготовлении мн. цветочных и фантазийных парфюм. композиций, отдушек для мыла и косметич. изделий, искусств. розового масла, пищ. эссенций, а также как сырье для получения душистых в-в – фенилацетальдегида и разл. эфиров (табл.).

СВОЙСТВА ЭФИРОВ β-ФЕНИЛЭТИЛОВОГО СПИРТА C<sub>8</sub>H<sub>9</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OC(O)R

Эфир (R)	Мол. м.	Т. кип., °С	$d_4^{25}$	$n_D^{20}$	Запах
Формиат (H)	150,18	221	1,037–1,038	1,5103–1,5105	Хризантемы, розы
Ацетат (CH <sub>3</sub> )	164,21	232	1,030–1,033	1,4970–1,5010	Фруктов, зелени
Пропионат (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )	178,23	244	1,010–1,013	1,4924–1,4956	Фруктов, розы, лилии
Изобутират [CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	192,25	256–260	0,987–0,990	1,4893–1,4900	Розы и фруктов
Изовалерат [CH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ]	206,28	265–266	0,9810	1,484–1,486	Абрикоса и розы
Фенилацетат (CH <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> )	240,31	330*	1,090	1,5498	Гиацинта и меда
Цинамат (CH=CHC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> )	252,32	Т. пл. 52 °С	—	—	Бальзамич. с нотой розы

\* Т. пл. 27–28 °С.



Из эфиров Ф. с. наиб. применение находит фенилэтил-ацетат, бесцв. жидкость, раств. в пропиленгликоле и др. орг. р-рителях, р-римость в 70%-ном этаноле 1:2, плохо раств. в воде. Получают взаимодей. фенилэтилового спирта с  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в присут.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

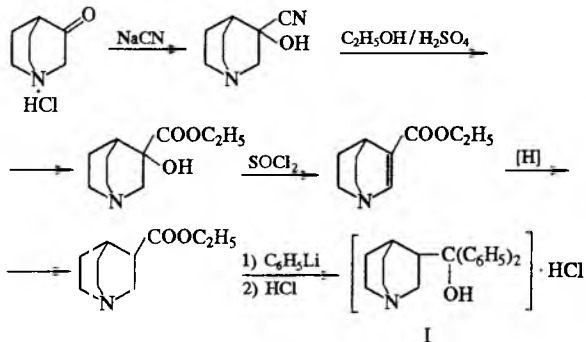
Используют при приготовлении парфюм. композиций и пищ. эссенций. Т. исп.  $100^\circ\text{C}$ , т. воспл.  $540^\circ\text{C}$ . ЛД<sub>50</sub>  $> 5$  г/кг (крысы, перорально), 6,2 г/кг (кролики, подкожно).

В организме Ф. с. полностью окисляется в фенилуксусную к-ту.

Т. исп.  $101^\circ\text{C}$ , т. воспл.  $460^\circ\text{C}$ , КПВ 0,8–4,2% (по объему), температурные пределы воспламенения 88–122  $^\circ\text{C}$ . ЛД<sub>50</sub> 1,79 г/кг (крысы, перорально).

Л. А. Хейфиц.

**ФЕНКАРОЛ** [гидрохлорид (3-хинуклидил)дифенилметанола; ф-ла I], мол. м. 329,87; бесцв. кристаллы горького вкуса, т. пл. 291–293  $^\circ\text{C}$  (с разл.); раств. в воде (1:500), этаноле, метаноле (1:350). В водных р-рах  $\text{pK}_a$  10,14. Из водных р-ров низших спиртов кристаллизуется в виде дигидрата. При рН 7,4 коэф. распределения в системе октанол – вода составляет 7,2. Получают Ф. по схеме:



Ф.– препарат с антигистаминной и слабой антисеротониновой активностью. Он не только блокирует  $\text{H}_1$ -рецепторы, но и активизирует диаминоксидазу. Не обладает выраженным седативным действием. Применяется при разл. аллергич. заболеваниях.

Лит.: Каминка М. Э. [и др.], «Химико-фармацевт. журнал», 1976, № 6, с. 48–53; Яхонтов Л. Н., Глушков Р. Г., Синтетические лекарственные средства, М., 1983, с. 192–95; Турчин К. Ф. [и др.], «Химико-фармацевт. журнал», 1986, № 1, с. 65–72; «Progress in drug research», 1983, v. 27, p. 9–61.

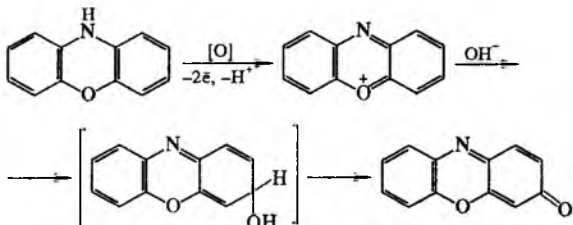
Л. Н. Койков.

**ФЕНОКСАЗИН** (дибензо-1,4-оксазин), мол. м. 183,2; бесцв. кристаллы; т. пл. 156–159  $^\circ\text{C}$ ;  $\mu$  6,1  $\cdot 10^{-30}$  Кл·м. Хорошо раств. в ацетоне, диэтиловом эфире, хлороформе, не раств. в воде. Р-ры Ф. в орг. р-рителях имеют фиолетово-красную флуоресценцию. Молекула слегка непланарна.

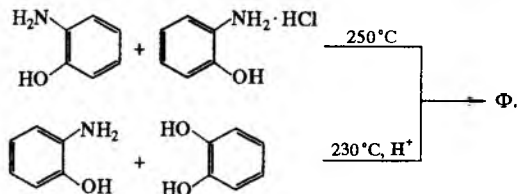
Ф. обладает св-вами *ароматических соединений*. Электроф. замещение протекает легко и направляется в первую очередь в положения 3 и 7 (нитрование, бромирование) или 2 и 8 (р-ция Фриделя – Крафтса); легко также идет N-ацилирование и N-дианоэтирование.

Алкилирование происходит только в присут.  $\text{NaNH}_2$ .

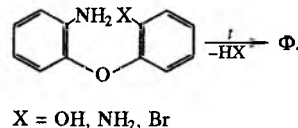
Ф. при действии окислителей ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) в кислой среде ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$ ) дает соли, окрашенные в оранжевый цвет, к-рые при обработке щелочами превращаются в 3(3Н)-феноксазинон:



Получают Ф. нагреванием *o*-аминофенола с его гидрохлоридом или пирокатахином в присут. кислых катализаторов, а также нагреванием ( $270^\circ\text{C}$ ) *o*-аминофенола с  $\text{I}_2$  (выход 30–35%):



Другой способ получения – внутримол. циклизация 2,2'-дизамещенных дифенилового эфира при нагре с разл. конденсирующими агентами:



Ф.– структурный фрагмент антибиотиков группы актиномицина; производные Ф.– синтетич. красители (см. *Оксазиновые красители*).

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 551–68; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 580–95.

Г. А. Швейгерт, В. И. Келарев.

**ФЕНОЛ** (гидроксибензол, карболовая к-та), мол. м. 94,11; бесцв., розовеющие на воздухе кристаллы с характерным запахом; т. пл. 40,8  $^\circ\text{C}$ , т. кип. 181,84  $^\circ\text{C}$ , 70,9  $^\circ\text{C}/10$  мм рт. ст.;  $d_4^{25}$  1,132,  $d_4^{41}$  (жидкость) 1,0576;  $n_D^{25}$  1,5509;  $\rho_{\text{крист}}$  6,11 МПа;  $t_{\text{крист}}$  419  $^\circ\text{C}$ ;  $\eta$   $2,47 \cdot 10^{-6}$  (60  $^\circ\text{C}$ ) и  $1,56 \cdot 10^{-6}$  М<sup>2</sup>/с (80  $^\circ\text{C}$ );  $\gamma$  0,03766 Н/м (50  $^\circ\text{C}$ );  $\mu$   $4,736 \cdot 10^{-30}$  Кл·м;  $S_p^0$  132,7 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  11,5 кДж/моль;  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  45,923 кДж/моль;  $\Delta H_{\text{возг}}^0$  68,594 кДж/моль (25  $^\circ\text{C}$ );

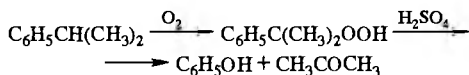
$\Delta H_{\text{отр}}^0$  –3051,8 кДж/моль;  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  –162,944 кДж/моль;  $\epsilon$  11,60 (жидкость, 40  $^\circ\text{C}$ ), 2,83 (кристаллы, 20  $^\circ\text{C}$ ). Ф.– слабая к-та,  $\text{pK}_a$  9,98 (вода, 25  $^\circ\text{C}$ ). Хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, ацетоне,  $\text{CHCl}_3$  и др. орг. р-рителях, умеренно – в воде (6,7 г в 100 мл при 16  $^\circ\text{C}$ ), при т-ре выше 66  $^\circ\text{C}$  раств. в воде в любом соотношении. Образует двухкомпонентные азеотропные смеси, напр. с  $\text{H}_2\text{O}$  (т. кип. 99,6  $^\circ\text{C}$ , 9,2% по массе Ф.), кумолом (т. кип. 170,5  $^\circ\text{C}$ , 37% Ф.), анилином (т. кип. 186,22  $^\circ\text{C}$ , 42% Ф.) и трехкомпонентные азеотропные смеси, напр. с  $\text{H}_2\text{O}$  и кумолом (т. кип. 134,3  $^\circ\text{C}$ , 79,5% Ф., 20,33%  $\text{H}_2\text{O}$  и 0,17% кумола).

По хим. св-вам Ф.– типичный представитель *фенолов*; первый член ряда. При взаимодей. с щелочами МОН Ф. образует соли – феноляты ф-лы  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OM}$ . Взаимод.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$  с диметилсульфатом приводит к простому эфиру Ф.– *анизолу*. Сложные эфиры образуются при нагре Ф. с хлорангидридами к-т в присут. третичных аминов или с р-ром  $\text{NaOH}$  (р-ция Шоттена – Баумана). По *Кольбе – Шмитта реакции* Ф. при действии  $\text{NaOH}$  и  $\text{CO}_2$  превращается в салициловую к-ту, при действии  $\text{KOH}$  и  $\text{CO}_2$  – в *n*-гидроксибензойную. Аммонолиз Ф. при 300–600  $^\circ\text{C}$  и давлении выше 1,5 МПа (кат.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  или алумосиликат) приводит к анилину.

Р-ции электроф. замещения протекают по *орто*- и *пара*-положениям. Так, нитрование Ф. конц.  $\text{HNO}_3$  приводит к 2,4,6-тринитрофенолу (пикриновой к-те), бромирование  $\text{Br}_2$  – к 2,4,6-трибромфенолу, сульфирование – к смеси *o*- и *n*-фенолсульфокислот, алкилирование алкилгалогенидами, олефинами или спиртами в присут. кислых катализаторов – к смеси *o*- и *n*-алкилфенолов. Ф. легко конденсируется с карбонильными соед., образуя, напр., с формальдегидом феноло-формальдегидные смолы, с ацетоном – бисфенол А [2,2-*bis*-(4-гидроксифенил)пропан], с фталевым ангидридом – фенолфталеин. Окисление Ф.  $\text{O}_2$  воздуха или персульфатом К в щелочной среде приводит к гидрохинону. При

действии  $\text{LiAlH}_4$  при  $350^\circ\text{C}$  Ф. превращается в бензол, в условиях жидкофазного гидрирования в присут. Ni- и Pd-катализаторов – в циклогексанол. Последний (с примесью циклогексанона) образуется также при газофазном гидрировании Ф. в присут. металлов VIII гр. (напр., Pd/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $120\text{--}140^\circ\text{C}$ ,  $1\text{--}1,5$  МПа; Ni-Ренея,  $150^\circ\text{C}$ ,  $1\text{--}2$  МПа; Fe-Cr,  $100\text{--}120^\circ\text{C}$ ,  $1\text{--}2$  МПа).

В промышленности Ф. синтезируют преим. окислением кумола  $\text{O}_2$  воздуха при  $90\text{--}130^\circ\text{C}$  в присут. щелочных добавок с послед. разложением образующегося гидропероксида кумола (т. наз. кумольный метод, или метод Удриса – Сергеева) по р-ции:



Выход Ф. ок. 96% в расчете на кумол; выделяют Ф. и ацетон ректификацией. Побочные продукты –  $\alpha$ -метилстирол и ацетофенон, от примесей к-рых (окись мезитила, 2-метилбензофуран и др.) Ф. очищают на катионитах или обработкой  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Другие пром. способы синтеза Ф.:

1) Окисление толуола  $\text{O}_2$  воздуха в бензойную к-ту ( $150\text{--}170^\circ\text{C}$ ,  $1,5$  МПа, кат.– Со) с послед. окислит. декарбоксилированием ( $230\text{--}240^\circ\text{C}$ , кат.– Cu) до Ф. (толуольный метод, выход 82%). 2) Окислит. гидрохлорирование бензола ( $270^\circ\text{C}$ , кат.– оксиды Fe и Cu) с послед. гидролизом образующегося хлорбензола водяным паром при  $450\text{--}550^\circ\text{C}$ , кат.–  $\text{SiO}_2$  (хлорбензоольный метод Хутера – Рашига, выход 90–95%). 3) Сульфирование бензола  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $120\text{--}150^\circ\text{C}$ ,  $0,25$  МПа) с послед. щелочным плавлением образующейся бензолсульфокислоты с NaOH при  $320^\circ\text{C}$  (сульфурационный метод, выход 92%). 4) Окисление циклогексана  $\text{O}_2$  воздуха ( $130\text{--}160^\circ\text{C}$ ,  $3\text{--}4$  МПа, кат.– соли Со) в смесь циклогексанола и циклогексанона с послед. дегидрированием при  $250\text{--}420^\circ\text{C}$ , кат.– Со, Pt или Ni (циклогексанный метод, выход 95%).

Для обнаружения Ф. используют цветные р-ции, напр., с р-ром  $\text{FeCl}_3$  (фиолетовое окрашивание, исчезающее при подкислении), бромной водой (появление белого осадка); для идентификации Ф. – кристаллы, производные Ф., напр. феноксиуксусную к-ту (т. пл.  $98\text{--}99^\circ\text{C}$ ). Количественно Ф. определяют иодометрией, бромометрией или ГЖХ.

Ф. – антисептич. и дезинфицирующее ср-во (карболка черная). Применяют Ф. для произ-ва разл. фенольных смол (феноло-альдегидных, резольных),  $\epsilon$ -капролактама, адипиновой к-ты, анилина, бисфенола А, алкилфенолов, пестицидов, пластификаторов; Ф. используется в синтезе многих лек. ср-в, напр. аспирина, салата, фенолфталеина.

Т. всп.  $79^\circ\text{C}$  (в закрытом тигле),  $85^\circ\text{C}$  (в открытом); т. самовоспл.  $595^\circ\text{C}$ ; КПВ  $0,3\text{--}2,4\%$ .

Ф. вызывает нарушение функций нервной системы, дыхания и кровообращения, раздражает слизистые оболочки дыхат. путей и глаз, вызывает ожоги при попадании на кожу. ПДК в атм. воздухе  $0,003$  мг/ $\text{м}^3$ , в воздухе рабочей зоны  $0,3$  мг/ $\text{м}^3$ , в воде водоемов рыбохозяйственного и хозяйств. бытового пользования  $0,001$  мг/л. ЛД<sub>50</sub>  $427$  мг/кг (мыши, внутривенно).

Мировой объем произ-ва  $4,7$  млн. т в год (1985); объем произ-ва в США  $1,59$  млн. т в год (1990).

Лит. см. при ст. Фенолы.

И. Д. Синович, Г. П. Павлов.

**ФЕНОЛО-АЛЬДЕГИДНЫЕ СМОЛЫ** (фенольные смолы), жидкие или твердые аморфные олиго- и полимерные продукты конденсации фенолов с альдегидами. В качестве фенольных компонентов используют собственно фенол и его алкил- или арилпроизводные (напр., крезолы, ксиленолы, 4-трет-бутилфенол, 4-кумилфенол), бисфенолы, а также фенолсодержащие продукты перегонки каменного угля, сланцев, нефти, сложные смеси растит. происхождения и др.

В качестве альдегидного компонента в подавляющем большинстве случаев применяют водные р-ры формальдегида (формалин) и выделяющие его твердые производные – гекса-

метилентетрамин, параформальдегид, триоксан (см. Феноло-формальдегидные смолы), а также фулфурол (см. Фурановые смолы). Высшие альдегиды – ацетальдегид, пропионовый альдегид, масляный и изомасляный альдегиды, глиоксаль – иногда используют для синтеза термопластичных (новолачных) Ф.-а. с., к-рые обычно служат антиоксидантами полимеров.

Образование Ф.-а. с. протекает в две стадии. Р-цию обычно проводят в безводной среде в расплаве фенола в присут. кислотных катализаторов при соотношениях фенол : альдегид от  $0,8:1$  до  $1,3:1$ .

Лит. см. при ст. Феноло-формальдегидные смолы.

П. Г. Бабаевский.

**ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ КЛЕИ**, см. Клеи синтетические.

**ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ ЛАКИ**, р-ры феноло-формальдегидных олигомеров (пленкообразователей) в орг. р-рителях. В качестве пленкообразователя используют немодифицир. и модифицир. резольные и новолачные феноло-формальдегидные смолы.

Для немодифицир. смол, содержащих три активных атома Н в фенольном ядре, в качестве р-рителей применяют спирты и др. полярные р-рители; для немодифицир. смол, содержащих в ядре два активных атома Н, и для смол, модифицированных растит. маслами, – неполярные р-рители. Р-римость смол в маслах увеличивается с повышением мол. м. заместителей в фенольном ядре.

Наиб. употребление находят резольные, или бакелитовые лаки, представляющие собой  $50\text{--}70\%$ -ные спиртовые р-ры немодифицир. резольных смол. Наносят лаки на специально подготовленную пов-сть в неск. слоев. Отверждение каждого слоя осуществляют ступенчатым подъемом т-ры до  $160\text{--}170^\circ\text{C}$  или введением кислых катализаторов отверждения, имеющих в водных р-рах  $\text{pH} \leq 4$ , напр. *n*-толуолсульфокислота или сульфонафтоновые к-ты (реактив «контакт Петрова»). Полученные покрытия имеют относительно высокую термостойкость, обладают высокой твердостью, стойкостью к действию р-ров минеральных к-т, солей и орг. р-рителей. Осн. недостатки – слабая адгезия к металлу, хрупкость и нестойкость к действию щелочей и окислителей. Св-ва покрытий обычно улучшают введением в лак наполнителей (графит, каолин, андзитовая мука), пигментов (алюминиевая пудра, цинковый крон и др.), пластификаторов (поливинил-ацетаты, бутадие-нитрильный карбоксилатный каучук и др.). Используют такие лаки гл. обр. для получения стойких покрытий по черным металлам и электроизоляц. покрытий. Кроме того, их применяют для склеивания и пропитки в произ-ве текстолита, прессовочных материалов, бумажно-слоистых пластиков, разл. фильтров и др.

Для создания стойких покрытий с высокой адгезией к металлу смолы подвергают модификации высыхающими растит. маслами (гл. обр. тунговым), нагревая смолу и масло в течение неск. часов при  $160\text{--}180^\circ\text{C}$ . При этом происходит хим. связывание метилольных групп смолы с двойными связями растит. масел. Соотношение смолы и масла в таких Ф.-ф. л., наз. феноло-масляными, составляет  $1:(0,5\text{--}4)$ . Р-рители – уайт-спирит, сольвент-нафта, скипидар; концентрация пленкообразователя в лаке  $\sim 40\%$ .

Для совмещения с растит. маслами используют обычно след. смолы: феноло- и крезоло-формальдегидные, модифицированные сначала канифолью или ее эфирами, а затем глицерином или пентаэритритом, – т. наз. искусство. копалы; резольные или новолачные алкил(арил)феноло-формальдегидные смолы (гл. обр. бутилфеноло-формальдегидные) – т. наз. стопроцентные смолы; резольные смолы, модифицированные бутанолом (бутанолизированные). Последние обычно применяют в композициях с эпоксидами смолами (эпоксифенольные лаки).

Лаки на основе искусств. копалов используют для приготовления консервных лаков и модификации алкидных смол, входящих в состав нитролаков, на основе стопроцентных смол – гл. обр. для приготовления грунтовок с хорошей адгезией к металлу и стойкостью в тропич. климате; бутанолизированные лаки – основа консервных лаков, а также бензо- и маслястойких грунтовок и эмалей.

Новолачные Ф.-ф.л., представляющие собой 30-35%-ные спиртовые р-ры новолачных смол; применяют при отделке изделий из дерева. Широкого распространения такие лаки не получили, т. к. они высыхают медленно, склонны к «проседанию» в поры подложки, образуют покрытия, темнеющие под действием света.

Лит.: Гольдберг М. М., Материалы для лакокрасочных покрытий, М., 1972; Кноп А., Шейб В., Фенольные смолы и материалы на их основе, пер. с англ., М., 1983; см. также лит. при ст. Феноло-формальдегидные смолы. Б. А. Уваров.

**ФЕНОЛО-ФОРМАЛЬДЕГИДНЫЕ СМОЛЫ**, жидкие или твердые аморфные олиго- и полимерные продукты поликонденсации фенолов с формальдегидом или его производными.

Состав, структура и св-ва Ф.-ф. с. определяются природой и соотношением исходных компонентов, а также условиями синтеза (среда, тип и кол-во катализатора, т-ра и т. п.).

Исходными фенолами обычно служат собственно фенол и его алифатич. производные – алкилфенолы (крезолы, ксилолы, 4-трет-бутилфенол и др.; см. *Алкил(арил)феноло-формальдегидные смолы*), имеющие два или три активных атома водорода в *о*- или *п*-положениях к гидроксильной группе. Иногда применяют также дигидроксибензолы (в частности, резорцин; см. *Резорцино-альдегидные смолы*), бисфенолы и фенолфталеины, производные фенолов, содержащие ненасыщенные и др. реакционноспособные группы (винилфенолы, 4-аминофенол и др.), сложные фенолосодержащие смеси продуктов растит. происхождения (напр., танины, продукты гидролиза лигнина), продукты пиролиза каменного угля и сланцев.

Формальдегид  $\text{CH}_2\text{O}$  вводят в р-цию чаще всего в виде водного р-ра разл. концентрации, стабилизированного метанолом (формалина). Реже используют соед., выделяющие  $\text{CH}_2\text{O}$  при термич. разложении или при воздействии др. реагентов, – гексаметилентетрамин (уротропин), параформальдегид, триоксан, диоксолан.

Поликонденсация фенолов с  $\text{CH}_2\text{O}$  – сложный многостадийный экзотермич. процесс, сопровождающийся выделением в качестве побочных продуктов воды и(или) формальдегида.

Основные стадии образования Ф.-ф. с.:

1) Взаимод.  $\text{CH}_2\text{O}$  с фенольными ядрами по активным атомам водорода с образованием фенолов, содержащих гидроксиметильные (метилольные) группы. 2) Конденсация этих групп между собой или с активными атомами водорода фенольных ядер с образованием метиленовых или диметиленоксидных мостиков (см. схему).

Кислотные катализаторы резко ускоряют обе стадии процесса, а основные (щелочные) – только первую стадию, замедляя р-цию конденсации. Повышение т-ры увеличивает скорость всех р-ций, протекающих при образовании Ф.-ф. с.

В зависимости от числа активных атомов водорода в фенольном ядре, молярных соотношений исходных реагентов, скорости и глубины прохождения р-ций могут образовываться многообразные промежут. и конечные продукты, раз-

личающиеся хим. составом и степенью полимеризации  $x$  – от мономерных метилфенолов ( $x = 1$ ) до густосетчатых полиметилен- или полидиметиленоксидфенолов ( $x \rightarrow \infty$ ).

Промежут. мономерные или олигомерные (линейные, разветвленные и циклические) продукты конденсации фенолов с  $\text{CH}_2\text{O}$ , образующиеся на начальных стадиях р-ции при избытке  $\text{CH}_2\text{O}$  ( $n \geq 1$ ) или на любых стадиях при его недостатке ( $n < 1$ ), называются исходными (неотвержденными) Ф.-ф. с. Конечные продукты поликонденсации, образующиеся при избытке  $\text{CH}_2\text{O}$  ( $n \geq 1$ ), являются неплавкими и нерастворимыми густосетчатыми полимерами и называются отвержденными Ф.-ф. с.

Технология получения и переработки Ф.-ф. с. всегда двух- или многостадийная. На первых стадиях осуществляется синтез исходных смол, их хим. модификация или сочетание с др. материалами, а на последних стадиях – превращение их в отвержденные густосетчатые полимеры. При этом возможны (и практически реализуются) два пути синтеза Ф.-ф. с.: 1) при молярном избытке  $\text{CH}_2\text{O}$  ( $n \geq 1$ ) с образованием реакционноспособных (термореактивных) метилфенолов (ф-ла I) и(или) олигомерных метилольных производных ф-л II и III; 2) при недостатке  $\text{CH}_2\text{O}$  ( $n < 1$ ) образуются аналогичные производные, не содержащие метилольные группы и не способные к дальнейшим р-циям поликонденсации без введения дополнит. кол-ва  $\text{CH}_2\text{O}$  или др. реакционноспособных в-в.

Ф.-ф. с., полученные первым путем, называются *резольными смолами*. Их синтез осуществляют в водной среде при т-ре ок. 100 °C в присут. основных катализаторов (гидроксидов Na или Ba, аммиака, реже карбоната Na или аминов), позволяющих прекращать р-цию на промежут. стадиях. Выпускают резольные Ф.-ф. с. в виде водных р-ров или эмульсий (фенолоспиртов), а также в виде твердых продуктов или р-ров в неводных р-рителях (*феноло-формальдегидных лаков*). Отверждение резольных Ф.-ф. с. – продолжение р-ции конденсации метилольных групп при нагр. до 130–200 °C или в присут. кислотных катализаторов –  $4\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{SO}_3\text{H}$  и  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

Ф.-ф. с., полученные вторым путем, называют новолачными или термопластичными. Их обычно синтезируют в водных р-рах  $\text{CH}_2\text{O}$  и фенолов, но (в отличие от резольных смол) в присут. кислотных катализаторов – соляной, серной, фосфорной, толуол- или фенилсульфоновой к-т, реже – к-т Льюиса. Новолачные Ф.-ф. с. синтезируют и в расплавах фенолов, используя вместо  $\text{CH}_2\text{O}$  его производные – параформ, гексаметилентетрамин и др. В пром-сти новолачные Ф.-ф. с. выпускают в виде твердых, плавких продуктов с т-рой каплепадения 70–120 °C. Отверждают их обычно с помощью гексаметилентетрамина, реже параформа (в кол-ве 6–14% по массе) при 150–180 °C, а также изоцианатов, реагирующих с гидроксильными группами. При этом часто используют реакционноспособные (активные) р-рители (напр., фурфурол, фурфуроловый спирт), к-рые участвуют в процессах отверждения.

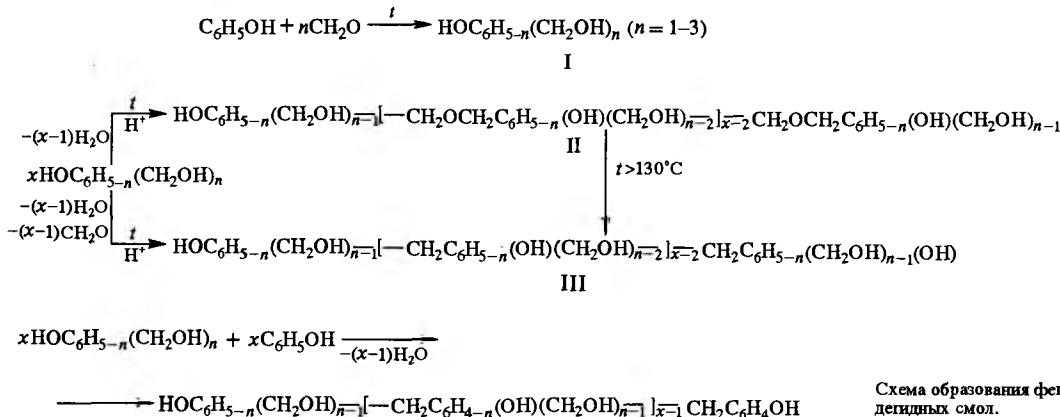


Схема образования феноло-формальдегидных смол.

Специфич. типом новолачных Ф.-ф.с. являются т. наз. ортоноволаки (см. *Новолачные смолы*), обладающие повышенной скоростью отверждения. Ортоноволаки синтезируют обычным путем, но в присут. ацетатов Zn, Mg или Ca в качестве катализаторов.

Резольные и новолачные Ф.-ф.с. в исходном состоянии разнообразны по составу и мол. строению, физ. и хим. св-вам. Обычно они окрашены от светло-желтого до темно-коричневого цвета; их плотность варьирует от 1,14 до 1,27 г/см<sup>3</sup>. Они хорошо растворяются в водных р-рах щелочей, фенолах, спиртах, кетонах и др. полярных р-рителях. В отвержденном состоянии резольные и новолачные Ф.-ф.с. обладают близкой мол. и надмол. структурой и представляют собой густосетчатые стеклообразные полиметилфенолы с аморфной микрогетерогенной структурой. Они относятся к жестким хрупким тепло- и термостойким полярным полимерам. Ниже приведены нек-рые типичные характеристики отвержденных Ф.-ф.с.:

Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,25-1,38
Модуль упругости, ГПа	3-5
Удельная энергия роста трещин, Дж/м <sup>2</sup>	50-100
Относит. удлинение при разрыве, %	0,4-0,5
Деформационная теплостойкость, °С	140-180
Т-ра начала деструкции, °С	250-300
Температурный коэф. линейного расширения, К <sup>-1</sup>	(6-9) · 10 <sup>-5</sup>
Удельная теплоемкость, кДж/(кг К)	1,2-2,0
Коэф. теплопроводности, Вт/(м·К)	0,12-0,25
Удельное электрич. сопротивление, Ом·см	10 <sup>11</sup> -10 <sup>12</sup>
Диэлектрич. проницаемость	3,0-5,0
Водопоглощение за 24 ч, %	0,3-0,4

Структура и св-ва отвержденных Ф.-ф.с. зависят от т-ры, скорости и степени отверждения, типа и кол-ва выделяющихся летучих продуктов.

При термич. отверждении новолачных и резольных Ф.-ф.с. возможны образование и превращение *n*-хинонметидных групп —СН=С<sub>6</sub>H<sub>4</sub>=О, присутствием к-рых объясняется темный цвет этих смол. При использовании аммиака (в качестве катализатора при синтезе резольных смол) и гексаметилентетрамина (в качестве отвердителя новолачных смол) Ф.-ф.с. могут содержать также аминотетилольные (NHCH<sub>2</sub>OH), аминотетиленовые (CH<sub>2</sub>NHCH<sub>2</sub>) и азометино-вые (СН=N) группы.

Для направленного изменения св-в Ф.-ф.с. на разл. стадиях их получения применяют хим. модификацию и введение модифицирующих, в т. ч. реакционноспособных добавок. Основной способ хим. модификации Ф.-ф.с.— этерификация гидроксильных, фенольных или метилольных групп к-тами и их производными. Напр., в результате этерификации новолачных Ф.-ф.с. эпихлоргидрином получают полифункциональные *эпоксидные смолы*, часто называемые эпоксиноволачными. Ф.-ф.с. этерифицируют также с помощью галогенпроизводных углеводородов и хлорцианом.

Большое значение для применения Ф.-ф.с. имеет способность гидроксильных и др. ионогенных групп образовывать комплексные соед. с ионами металлов или др. катионами или анионами (см. *Иономеры, Ионообменные смолы*).

Мономерными модифицирующими добавками при синтезе Ф.-ф.с. служат амины и амиды, в первую очередь анилин, меламин, мочевины, дициандиазид, капролактамы, а также активные р-рители, серо-, фосфор-, кремний- и борсодержащие мономеры или олигомеры. В качестве полимерных модифицирующих компонентов используют каучуки, поливинилацетат, полиамиды, поливинилхлорид и др. Для повышения термич. устойчивости отвержденных Ф.-ф.с. применяют спец. добавки (см. *Стабилизация полимеров*) или проводят термообработку при 200–250 °С, в результате чего происходит дополнит. сшивание звеньев смолы. Высокотемпературный пиролиз Ф.-ф.с. (до 1000 °С) приводит к их карбонизации с образованием прочного кокса, обычно не способного к графитизации, а образующего аморфные материалы типа стеклоуглерода при термообработке до 2000 °С.

Ф.-ф.с. используют в качестве связующих и клеев в произ-ве композиционных материалов на основе древесины и

бумаги (древесно-волоконистых и древесно-стружечных плит, фанеры, гетинаксов), тканей и др. (см. *Композиционные материалы, Клеи синтетические*), связующих литевых и прессовочных материалов конструкционного и функционального назначения (см. *Фенопласты*), теплозвукоизолирующих пенопластов, материалов на основе минер. ваты, формовочных материалов для литейного произ-ва, абразивных и фрикционных материалов, защитных и спец. покрытий, лаков, эмалей, заливочных и пропиточных составов, наполнителей для полимерных материалов (волокон, микросфер), углерод-углеродных композиционных материалов, ионообменных смол, светочувствит. материалов (фоторезистов). Ф.-ф.с. используют в качестве вулканизирующих и упрочняющих добавок в каучуках и резинах, стабилизаторов полимерных материалов, синтетич. дубителей кожи. В последних случаях часто применяют индивидуальные линейные или циклич. олигометилфенолы, к-рые служат также моделями Ф.-ф.с. и основой для матричного синтеза стереорегулярных, пл. обр. биологически активных соединений.

Важнейшие достоинства Ф.-ф.с.: низкая стоимость, доступность исходного сырья, простота технол. процессов синтеза смол и их модификации, высокая смачивающая и пропитывающая способность и р-римость, обеспечивающие возможность сочетания в исходном состоянии практически со всеми материалами, хим. инертность, тепло- и огнестойкость в отвержденном состоянии. Недостатки Ф.-ф.с.: токсичность основных компонентов, используемых при синтезе, и большое кол-во отходов произ-ва, оказывающих вредное воздействие на окружающую среду.

Ф.-ф.с.— первые искусственно полученные форполимеры (1907–1909). Объем их мирового произ-ва 2,5–3,0 млн. т (1989).

Лит.: Силинг М.И., в сб.: *Итоги науки и техники, сер. Химия и технологии высокомолекулярных соединений*, т. 11, М., 1977, с. 119–62; Балмаи А., Мюллер К., *Фенопласты*, пер. с нем., М., 1978; Клоп А., Шейб В., *Фенольные смолы и материалы на их основе*, пер. с англ., М., 1983.

П. Г. Бабаевский.

**ФЕНОЛСУЛЬФОКИСЛОТЫ** (гидроксibenзолсульфокислоты), соед. общей ф-лы НОС<sub>6</sub>H<sub>5-n</sub>(SO<sub>3</sub>)<sub>n</sub>. Бесцв. кристаллы, расплывающиеся на воздухе (табл.); содержат, как правило, кристаллизационную воду. Раств. в воде, этаноле, не раств. в орг. р-рителях. Моносульфокислоты (n = 1) окрашивают р-р FeCl<sub>3</sub> в фиолетовый цвет, ди- и трисульфокислоты – в синевато-красный разл. интенсивности. Наиб. практич. значение имеет фенол-4-сульфокислота (4-гидроксibenзолсульфокислота).

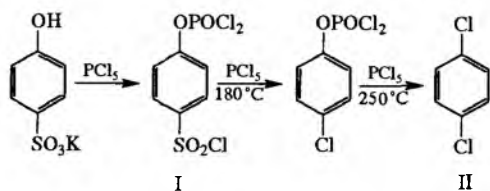
**СВОЙСТВА ФЕНОЛСУЛЬФОКИСЛОТ**

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. пл. нек-рых производных, °С
2-Гидроксibenзол-сульфокислота (фенол-2-сульфокислота)	174,2	145*	165 (анилиновая соль), 235-245 (К-соль, дигидрат)
3-Гидроксibenзол-сульфокислота (фенол-3-сульфокислота)	174,2	—	200-210 (К-соль, моногидрат), 314 (Na-соль)
4-Гидроксibenзол-сульфокислота (фенол-4-сульфокислота)	174,2	138-142	170 (анилиновая соль)
6-Гидроксibenзол-1,3-дисульфокислота (фенол-2,4-дисульфокислота)	254,24	100 (с разл.)**	205 (анилид)
6-Гидроксibenзол-1,3,5-трисульфокислота (фенол-2,4,6-трисульфокислота)	334,3	105 (с разл.)	247 (анилид)

\* Т. пл. моногидрата. \*\* Т. пл. тригидрата.

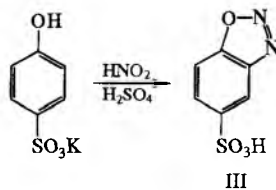
Ф. обладают св-вами *фенолов* и *бензолсульфокислот*. Сильные к-ты: для фенол-3-сульфокислоты pK<sub>a1</sub> ~ 0,38, pK<sub>a2</sub> 9,07, для фенол-4-сульфокислоты pK<sub>a1</sub> 0,58, pK<sub>a2</sub> 8,70. Легко обра- 138

зуют соли с щелочными, щел.-зем. и тяжелыми металлами. С  $\text{HOSO}_2\text{Cl}$  или  $\text{PCl}_5$  фенол-3-сульфо-кислота образует сульфохлорид; в случае фенол-2- или фенол-4-сульфо-кислот р-ция идет сначала с образованием фосфата (напр., ф-лы I), а затем дихлорбензола (II):



Фенол-2,4-дисульфо-кислота и фенол-2,4,6-трисульфо-кислота с  $\text{PCl}_5$  при 140–150 °С образуют соотв. 4-хлорбензол-1,3-дисульфо-кислоту и 4-хлорбензол-1,3,5-трисульфо-кислоту.

Под действием минеральных к-т ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) фенол-2- и фенол-4-сульфо-кислоты легко десульфированы. Сплавление Ф. с щелочами приводит к замене сульфогруппы на гидроксил: фенол-2-сульфо-кислота образует смесь 1,2-, 1,3- и 1,4-дигидроксибензолов (соотв. пирокатехина, резорцина и гидрохинона), фенол-2,4-дисульфо-кислота – 3,4-дигидроксибензолсульфо-кислоту, фенол-2,4,6-трисульфо-кислота – 4,5-дигидроксибензол-1,3-дисульфо-кислоту, к-рая при кислотном гидролизе превращается в пирокатехин. При действии алкилирующих агентов Ф. образуют соответствующие алкоксибензолсульфо-кислоты. Действие  $\text{Cl}_2$  на Ф. сопровождается замещением сульфогруппы: напр., взаимод. фенол-2-сульфо-кислоты с избытком  $\text{Cl}_2$  приводит к 2,4,6-трихлорфенолу. Избежать десульфирования удастся лишь при осторожном хлорировании в безводных р-телях, напр. нитробензоле: фенол-4-сульфо-кислота в этих условиях превращается в 4-гидрокси-2,6-дихлорбензолсульфо-кислоту. Нитрование фенол-4-сульфо-кислоты нитрующей смесью при 5–8 °С приводит к 4-гидрокси-2-нитробензолсульфо-кислоте, в более жестких условиях – к 2,6-динитрофенолу. Фенол-2,4-дисульфо-кислота нитруется до пикриновой к-ты. При действии  $\text{HNO}_2$  в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  Ф. превращаются в диазосоединения, напр. ф-лы III:



В пром-сти Ф. получают сульфированием фенола: его взаимод. с эквивалентным кол-вом  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (моногидрата) при т-ре ниже 100 °С приводит к смеси фенол-2- и фенол-4-сульфо-кислот (соотношение 2:3), с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при 110 °С в течение 5–6 ч – к фенол-4-сульфо-кислоте (выход 95%), с олеумом – к фенол-2,4-ди- и фенол-2,4,6-трисульфо-кислотам. Фенол-3-сульфо-кислоту получают сплавлением бензол-1,3-дисульфо-кислоты с  $\text{NaOH}$  при 250 °С в автоклаве (выход 78%); др. методы получения – диазотирование 3-аминобензолсульфо-кислоты с послед. нагреванием диазониевой соли с разб.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

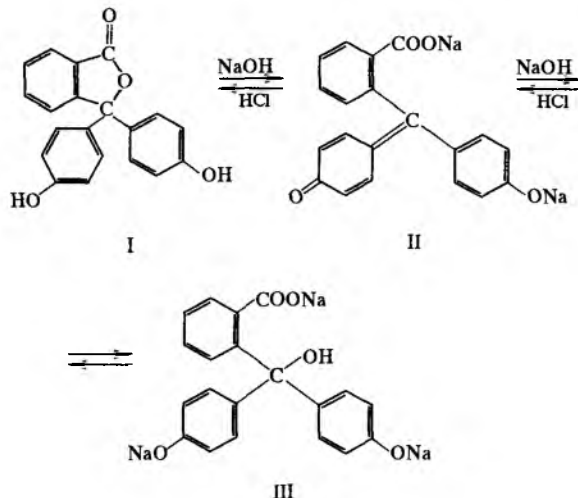
Ф.– промежут. продукты в произ-ве разл. красителей для ткани и кожи, компоненты резиновых клеев, лек. ср-в. Раздражают слизистые оболочки дышат. путей и глаз.

Лит.: Ворождов Н.Н., Основы синтеза промежуточных продуктов и красителей, 4 изд., М., 1955; Снгеру О., Химия органических соединений серы, пер. с япон., М., 1975; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 18, Weinheim, 1979, S. 235–37. С. И. Диденко.

**ФЕНОЛФТАЛЕИН** [3,3-бис-(4-гидроксифенил)фталид], ф-ла I, мол. м. 318,3; бесцв. кристаллы, т. пл. 277–279 °С (с разл.); раств. в этаноле и диэтиловом эфире, плохо раств. в во-

де. При сплавлении Ф. с  $\text{NaOH}$  образуется 4,4'-дигидроксибензофенон, при нагр. с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – фенол и 2-гидроксиантрахинон. Получают Ф. сплавлением фенола с фталевым ангидридом при 105–110 °С в присут.  $\text{ZnCl}_2$ .

Ф.– кислотно-основной индикатор (интервал перехода окраски при рН 8,2–9,8). При растворении Ф. в разб. р-рах щелочей он приобретает пурпурный цвет (соед. II) и обесцвечивается при прибавлении к-ты, а также в сильно щелочном р-ре (соед. III):



Под назв. «пурген» Ф. применяют в медицине в качестве слабительного ср-ва (обладает кумулятивными св-вами, может оказывать раздражающее действие на почки).

Лит.: Бейтс Р., Определение рН. Теория и практика, пер. с англ., 2 изд., Л., 1972, с. 126.

**ФЕНОЛЫ**, ароматич. соед., содержащие в молекуле одну или неск. гидроксильных групп, связанных с атомами углерода ядра. По кол-ву ароматич. ядер различают собственно Ф., *нафтолы* (2 конденсированных ядра), *антролы* (3 ядра), *фенантролы* (4), *бензотетролы* (5), по числу гидроксильных групп в молекуле – одно-, двух-, трех- и многоатомные Ф. Простейший Ф.– гидроксibenзол ф-лы  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  наз. *фенолом*, 1,2-, 1,3- и 1,4-гидроксибензолы наз. соотв. *пирокатехином*, *резорцином* и *гидрохиноном*; 1,2,3-, 1,2,4- и 1,3,5-тригидроксибензолы – соотв. *пирогаллолом*, *гидроксигидрохиноном* и *флороглюцином*.

Св-вами Ф. обладают также гетероароматич. соед., содержащие гидроксильные группы, напр. гидроксипиридины.

Ф. и их производные содержатся в древесине, торфе, буре и кам. углях, нефтяных остатках. В живой природе Ф., гл. обр. в виде производных, присутствуют в клетках растений (флавоноиды, танины, антоцианы, лигнин, меланины, гуминовые к-ты и др.); в своб. состоянии встречаются редко: фенол – в иглах и шишках сосны, лишайниках; пирокатехин – в чешуе лука, плодах грейфрута; флороглюцин – в шишках секвойи, коре яблонь и слив; гидрохинон – в листьях и семенах груши; тимол (3-гидрокси-4-изопропилтолуол) – в листьях тимьяна.

Ф.– бесцв. или окрашенные кристаллы либо аморфные в-ва; часто имеют сильный характерный запах. Нек-рые св-ва незамещенных Ф. приведены в табл.

Ф.– слабые к-ты, причем их кислые св-ва усиливаются при введении в молекулу электроотриц. заместителей. Ф. хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, ацетоне, ограниченно – в бензоле, воде. Перегоняются с водяным паром.

В ИК спектрах Ф. характеристич. полосы поглощения валентных колебаний группы  $\text{OH}$  ( $\nu_{\text{OH}}$ ) лежат в области частот 3390–3600  $\text{cm}^{-1}$ ; при сопряжении с карбонильной группой  $\nu_{\text{OH}}$  снижается на 350–500  $\text{cm}^{-1}$ . В УФ спектрах области поглощения 210 ( $\epsilon$  6200) и 270 ( $\epsilon$  1450) нм.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФЕНОЛОВ

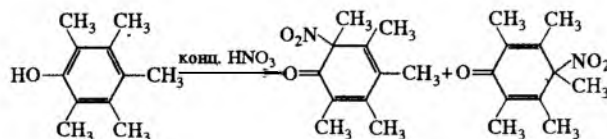
Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	$rK_a$ (25 °С, вода)	Р-римость в воде, % по массе
Фенол	94,11	40,8	181,8	9,98	8, 2 (20 °С)
Пирокатехин	110,11	105	240	9,25	31,1 (20 °С)
Резорцин	110,11	110	280,8	9,20	63,7 (20 °С)
Гидрохинон	110,11	173,8	286,5	9,91	6,7 (20 °С)
Пирогаллол	126,11	132,5	309	—	38,5 (25 °С)
Гидроксигидро- хинон	126,11	140,5	—	—	—
Флороглюцин	126,11	223	возг.	—	1,12 (20 °С)
1-Нафтол	144,17	96,1	288	1,4	0,07 (21 °С)
2-Нафтол	144,17	122	295	—	—
2,7-Дигидро- ксинафталин	160,11	194	—	—	—
2-Гидроксиби- фенил	170,21	50	285,7	—	—
4-Гидроксиби- фенил	170,21	63	319	—	—
2,2'-Дигидро- ксибифенил	186,21	109	324,6	—	—
2,2'-бис-(4-Гид- роксифенил)- пропан	228,3	157	252/13 мм рт. ст.	—	—
1-Антранол	194,2	152	разл.	—	Трудно раств.
1-Фенантрол	194,2	105-106	—	—	—

Ф. вступают в р-ции как по гидроксильной группе, так и по ароматич. кольцу. Легко раств. в р-рах щелочей МОН с образованием солей – фенолятов ф-лы АгОМ; исключение составляют т. наз. пространственно-затрудненные алкилфенолы. Как и спирты, Ф. образуют эфиры: простые – с алкилгалогенидами или диалкилсульфатами и сложные – с хлорангидридами к-т; мн. эфиры обладают приятным запахом и используются в парфюмерии, напр. *анизол*. Замена группы ОН на NH<sub>2</sub> происходит при действии на Ф. при повышенной т-ре NH<sub>3</sub> и солей аммония, а также NH<sub>3</sub> в водных р-рах гидросульфитов щелочных металлов (р-ции Бухерера).

Замещение гидроксила на водород в Ф. происходит под действием LiAlH<sub>4</sub>, а также при гидрировании при 325–400 °С и повышенном давлении в присут. Al-, Со- и Мо-катализаторов. Гидрирование при т-рах 150–250 °С в присут. Ni- и Pd-катализаторов в жидкой фазе приводит гл. обр. к алициклич. спиртам.

С наличием в молекуле Ф. группы ОН – сильного орто-пара-ориентанта – связана легкость электроф. замещения атомов Н ядра при галогенировании, нитровании, сульфировании и алкилировании. Галогенирование Ф. осуществляют как действием своб. галогенов (за исключением F<sub>2</sub>), так и с использованием др. реагентов (напр., SiCl<sub>4</sub> в ДМФА или SnCl<sub>4</sub>, трет-бутилгипохлорита, N-бромсукцинимид). Фторфенолы обычно получают из диазониевых солей гидроксиаренов обработкой фтороборной к-той с послед. термич. разложением образовавшегося продукта (*Шимана реакция*). В пром-сти монохлорфенолы получают хлорированием Ф. Cl<sub>2</sub> или SOCl<sub>2</sub>, ди-, три- и пентахлорзамещенные – прямым хлорированием в присут. AlCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub> или SbCl<sub>5</sub> (см. *Хлорфенолы*).

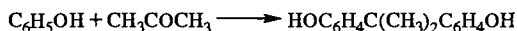
Нитрование Ф. разб. HNO<sub>3</sub> идет с образованием смеси орто- и пара-мононитропроизводных; катализатор р-ции – нитрит щелочного металла. Другие нитрующие агенты – ацетилнитрат, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и его комплекс с BF<sub>3</sub>. Нитрование Ф. конц. HNO<sub>3</sub> или нитрующей смесью приводит обычно к смеси ди- и тринитропроизводных (см. *Нитрофенолы*). Полиалкил- или полигалогенфенолы в аналогичных условиях часто превращаются в смесь нитроциклогексадиенов, напр.:



Сульфирование Ф. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при низкой т-ре протекает с образованием орто- и пара-сульфопроизводных, сульфирование олеумом при повышенной т-ре – с образованием смеси ди- и трисульфопроизводных (см. *Нафтолсульфокислоты, Фенолсульфокислоты*). Ф. легко алкилируются алкилгалогенидами, спиртами или олефинами по *Фриделя – Крафтса реакции* в присут. к-т Льюиса (AlCl<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, BF<sub>3</sub>, SnCl<sub>4</sub>); при алкилировании олефинами в качестве катализатора часто используют конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и катионообменные смолы. Др. катализаторы алкилирования Ф. – оксиды металлов (напр., Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), металлы (Cu, Zn, Cr, Fe, Pb, Mo, W, Al), иногда – алифатич. эфиры бензолсульфокислот.

При действии CO<sub>2</sub> на феноляты происходит карбоксилирование Ф. по *Кольбе – Шмитта реакции* с образованием ароматич. гидроксикислот. Формилирование осуществляют действием на Ф. в щелочной среде CHNa<sub>3</sub> по *Раймера – Тимана реакции*; продукты р-ции – ароматич. орто-гидроксиальдегиды. Многоатомные Ф. или их эфиры обычно ацилируют действием нитрилов или HCN в присут. HCl и катализатора (ZnCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, CoCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub> и др.) по *Хейса реакции*.

Ф. легко конденсируются с карбонильными соед. в присут. кислотных или основных катализаторов, напр.:



Конденсация Ф. с альдегидами приводит к *феноло-альдегидным смолам* (см. также *Резольные смолы, Резорцино-альдегидные смолы, Феноло-формальдегидные смолы*).

Окисление Ф. окислителями может осуществляться по разл. механизмам с образованием разнообразных соединений. Окисление Ф. в бескислородной среде под действием K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>], PbO<sub>2</sub>, Ag<sub>2</sub>O и др. приводит к образованию *ароксильных радикалов*, стабильность к-рых зависит от кол-ва и строения алкильных заместителей в ароматич. ядре. Одноатомные Ф. под действием O<sub>2</sub> воздуха или K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> (по *Эльбса реакции*) превращаются в двухатомные, к-рые в свою очередь под действием I<sub>2</sub>, Ag<sub>2</sub>O и др. легко превращаются в орто- и пара-хиноны. При этом первой стадией окисления является образование орто- или пара-семихинонных радикалов (см. *Семихиноны*).

В биол. объектах Ф. участвуют в окислит.-восстановит. р-циях обмена в-в, включая фотосинтез у растений. Являются регуляторами процессов жизнедеятельности, оказывая как ингибирующее, так и стимулирующее действие.

Ф. выделяют из продуктов переработки твердых топлив или из растит. сырья. Существуют также многочисленные пром. синтетич. методы получения Ф.: окисление ароматич. углеводородов и циклоалканов, гидролиз арилгалогенидов, щелочное плавление ароматич. сульфокислот. Лаб. способы получения – гидролиз ароматич. аминов и простых алкилариловых эфиров, а также из солей диазония.

Для качеств. определения Ф. используют цветные р-ции с солями тяжелых металлов, напр. с FeCl<sub>3</sub> фенол, резорцин и α-нафтол дают интенсивное фиолетовое окрашивание; крезолы, 2,4-ксиленол, гидрохинон – синее, β-нафтол и пирокатехин – зеленое. В качестве реагентов для обнаружения Ф. используют диазосоединения, 4-аминоантипирин, NaNO<sub>2</sub>, молибдат и ванадат аммония.

Ф. применяют в произ-ве разл. феноло-альдегидных смол, полиамидов, полиарилатов, полиариленсульфонов, эпоксидных смол, антиоксидантов, бактерицидов и пестицидов (напр., нитрафен). Алкилфенолы используют в произ-ве ПАВ, стабилизаторов и присадок к топливам. Двухатомные Ф. и их производ-



ные входят в состав дубителей для кожи и меха, модификаторов и стабилизаторов резин и каучуков, применяются для обработки кино- и фотоматериалов. В медицине Ф. и их производные используют в качестве антимикробных (фенол, резорцин), противовоспалительных (салол, осарсол), спазмолитических (адреналин, папаверин), жаропонижающих (аспирин, салициловая к-та), слабительных (фенолфталеин), адренолитических (мезатон), вяжущих (таннины) и др. лек. ср-в, а также витаминов В и Р.

Мировой объем произ-ва Ф. ок. 5 млн. т в год (1985), в наиб. кол-вах производят фенол, двухатомные фенолы, нафтолы, бисфенол А.

Лит.: Бюлер К., Пирсон Д., *Органические синтезы*, пер. с англ., т. 1, М., 1973, с. 281–324; Харлампович Г. Д., Чурки Ю. В., *Фенолы*, М., 1974; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 2, М., 1982, с. 175–289; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 17, N. Y., 1984, p. 373–83.

И. Д. Синовиц, Г. П. Павлов.

**ФЕНОЛЬНЫЕ СМОЛЫ**, то же, что *феноло-альдегидные смолы*.

**ФЕНОПЛАСТЫ** (фенольные пластики, ФП), реактопласты на основе *феноло-формальдегидных смол*. По типу смолы различают новолачные и резольные Ф. Получаются отверждением при повышенных т-рах смол, содержащих наполнители, отвердители (для новолачных Ф.), катализаторы отверждения (для резольных Ф.), пластификаторы, смазывающие в-ва (напр., олеиновая или стеариновая к-та, стеараты Са, Ва или Сd, стеарин), аппретирующие добавки, красители. По типу наполнителя подразделяются на дисперсно-наполненные и армированные Ф.

Физ.-мех. и др. эксплуатац. св-ва Ф. колеблются в широких пределах в зависимости от типа связующего и наполнителя; напр., ударная вязкость изменяется от 2–6 кДж/м<sup>2</sup> (для дисперсно-наполненных Ф.) до 50–100 кДж/м<sup>2</sup> (для армированных). Плотн. 1,1–3 г/см<sup>3</sup>, теплостойкость по Мартенсу 100–300 °С.

Дисперсно-наполненные Ф. в качестве наполнителей содержат древесную, кварцевую или слюдяную муку, микроасбест, измельченный графит, кокс, каолин, стекловолокно, металлич. порошки, стеклянные и металлич. микросферы и др. Новолачные Ф. чаще всего имеют след. состав (% по массе): смола 42–50, наполнитель 35–45 (в т. ч. каолин 4–5), отвердитель (гл. обр. гексаметилентетрамин) 6–9, СаО или MgO 1,0, стеарин или стеарат кальция 1–2, краситель 1–2. В состав резольных Ф. обычно входят: смола 35–50, наполнитель 40–60, отвердитель гексаметилентетрамин 1–2,5, катализатор отверждения [NaOH, Ва(OH)<sub>2</sub>, MgO], олеиновая к-та, краситель по 1–2. Безаммиачные Ф. гексаметилентетрамин не содержат.

Высоконаполненные Ф. содержат свыше 80% наполнителя, напр. графита (т. наз. антегмит – см. *Графитопласты*), кварцевого песка, зернистого абразива (электрокорунд, алмаз и др.).

Получают дисперсно-наполненные Ф. совмещением связующего с наполнителем в разл. смесителях с послед. отверждением. Наиб. распространены сушальцовый, шнековый и эмульсионный методы получения. Если расплав смолы хорошо смачивает наполнитель и совмещается с остальными компонентами, то применяют сушальцовый и шнековый методы. В этом случае все компоненты предварительно смешивают в шаровых мельницах, лопастных или шнековых смесителях; полученную смесь вальцуют или обрабатывают на шнековых машинах при повышенных т-рах.

При эмульсионном методе получения Ф. связующее применяют в виде р-ра или эмульсии, что обеспечивает лучшую пропитку наполнителя. Компоненты смешивают в двухлопастных вакуумных смесителях, смесь сушат в полочных вакуумных сушильках или в ленточных сушильках непрерывного действия; после охлаждения массу измельчают в пресспорошок.

Армированные Ф. в качестве наполнителей содержат волокна растит. происхождения, асбестовое волокно, стекловолокно, синтетические (гл. обр. полиамидные и полиэфирные) и углеродные волокна (см. *Волокниты*), бумагу (см. *Гетинакс*), тканые и нетканые волокнистые полотна (см. *Текстолиты*), древесный шпон (см. *Древесные слоистые пластики*). Получают армированные Ф. гл. обр. путем пропитки связующим волокнистых наполнителей. Т. наз. спутанно-волокнистые Ф. (волокнит, стекловолокнит, органоволокнит) получают пропиткой отрезков волокон длиной 40–70 мм р-ром связующего в лопастных смесителях; распушивают их на раздирочной машине до получения однородного материала и сушат для удаления р-рителя. Армированные Ф. могут быть получены и в т. наз. гранулированном виде; осн. стадии процесса – пропитка непрерывных волокон или жгутов р-рами связующих, сушка и разрезка на гранулы длиной приблизительно 5–6, 10, 20 и 30 мм; диаметр гранул в зависимости от числа в них нитей 0,5–8,0 мм. Такие Ф. отличаются хорошей сыпучестью; полученные из них изделия характеризуются большей стабильностью мех. св-в, чем из спутанно-волокнистых Ф. Получение гетинакса, текстолита, стеклотекстолита и асботекстолита обычно совмещают с прессованием изделий в виде слоистых пластиков. Процесс получения включает пропитку бумаги, тканей или нетканых волокнистых полотен р-ром или эмульсией связующего, удаление р-рителя (сушка полотна), разрезку пропитанного полотна на заготовки, сборку пакета из неск. слоев материала и прессование. Пропитку наполнителя и удаление р-рителя обычно производят в пропиточной машине, соединенной с вертикальной сушильной шахтой. Прессование листов производят на гидравлич. этажных прессах под давлением 8–15 МПа при 150–160 °С.

Осн. методы переработки Ф. – прессование и литье под давлением (см. *Полимерных материалов переработка*); др. способы – контактный метод, намотка, напыление и т. п.\* с послед. отверждением изделий при постепенном повышении т-ры.

Дисперсно-наполненные Ф. выпускают под торговыми назв.: антегмит и фенопласт (СНГ), кемопласт (США), баскодур, тролитан и пластодур (Германия), бакелит и флуосит (Италия), формолит и моулденсит (Великобритания); армированные – под торговыми назв.: волокнит, АГ-4В, АГ-4С, ДСВ, ГСП, гетинакс, текстолит, асботекстолит и стеклотекстолит (СНГ), хейвег, фэбрикон и текстолит (США), пресскотон, тролитакс и дуротон (Германия), фарболит и пэксолит (Великобритания), геделит и турнерон (Франция), кобелиит и ришелит (Япония) и др.

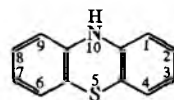
Применяют Ф. во всех отраслях промышленности в качестве материалов конструкц., электротехн., фрикц. и антифрикц. назначения. Мировое произ-во более 6 млн. т (1989).

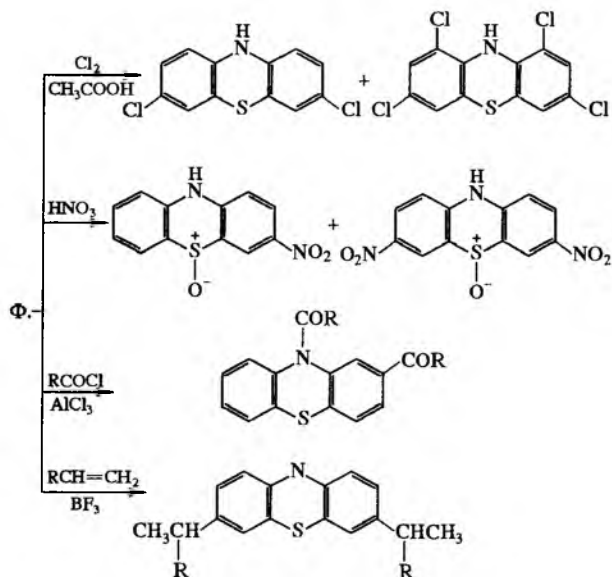
Лит.: Пластики конструкционного назначения. (Реактопласты), под ред. Е. Б. Тростянской, М., 1974; *Энциклопедия полимеров*, т. 3, М., 1977; *Машины для автоматизированного производства деталей из реактопластов*, М., 1990.

А. Д. Соколов.

**ФЕНОТИАЗИН** (дибензо-1,4-тиазин), мол. м. 199,3; желтые кристаллы; т. пл. 185,5–189 °С, т. кип. 371 °С (с разл.), 290 °С/40 мм рт. ст.; возгоняется, летуч с водяным паром. Хорошо раств. при нагр. в этаноле, ук. сухой к-те, плохо – в диэтиловом эфире и бензоле. В холодной Н<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> раств. с выделением SO<sub>2</sub>; при нагр. с металлич. Су отщепляет серу, образует карбазол.

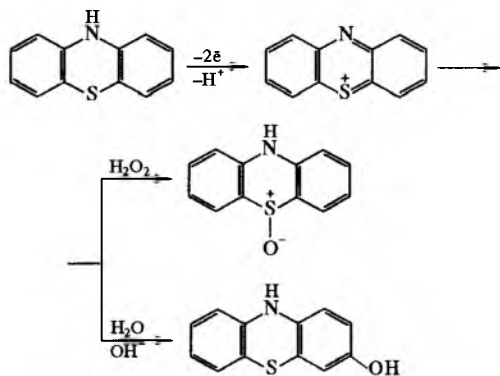
Ф. обладает св-вами *ароматических соединений*. Является хорошим донором электронов и с разл. акцепторами образует комплексы с переносом заряда. Легко вступает в электроф. замещение, к-рое направляется в первую очередь в положения 3 и 7 и часто сопровождается окислением; ацилирование направляется в положения 2 и 10, напр.:





Бромирование Ф. в нитробензоле протекает с образованием 1,2,3,7,8,9-гексабромпроизводного, аналогичное хлорирование – с образованием продукта глубокого (до 11 атомов Cl) хлорирования и потерей ароматичности одного из колец.

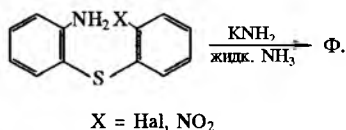
Окисление Ф. действием H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> или KMnO<sub>4</sub> приводит к фенотиазин-5-оксиду или фенотиазин-5,5-диоксиду. Р-ции протекают в виде последоват. стадий с промежут. образованием катиона, в к-ром положение 3 чувствительно к атаке нуклеоф. реагентов, напр.:



Окисление Ф. FeCl<sub>3</sub> в присут. NaNO<sub>2</sub> приводит к 3-нитрофенотиазину.

Ф. обнаруживают с помощью цветных р-ций с окислителями – он дает зеленую окраску с FeCl<sub>3</sub> и красную – с H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в кислой среде.

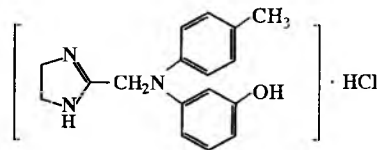
Ф. получают нагреванием дифениламина с S при 180–250 °С в высококипящих р-рителях в присут. I<sub>2</sub> или AlCl<sub>3</sub>. Общий метод получения Ф. и его производных – циклизация 2'-замещенных производных 2-аминодифенилсульфида в присут. сильных оснований:



Ф. используется в качестве инсектицида, антигельминта, антиоксиданта смазочных масел; производные Ф. – красители (см. Азидовые красители, Метиленовый голубой), лек. ср-ва (аминазин, диэтазин, прометазин, этопропазин и др.), ингибиторы полимеризации.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 568–91; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 627–35. Г. А. Швахеймер, В. И. Келарев.

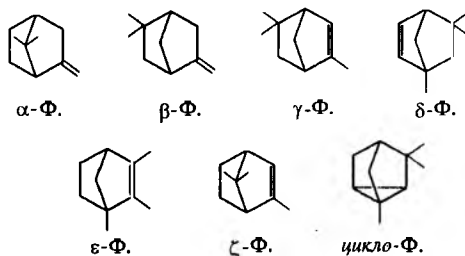
**ФЕНТОЛАМИН** (гидрохлорид 2-[N-(4-толил)-N-(3-гидроксифенил)аминометил]имидазолина, регитин), мол. м. 317,81; бесцв. кристаллы; т. пл. 238–242 °С; плохо раств. в воде и этаноле, хорошо – в хлороформе и диэтиловом эфире. Получают р-цией *п*-толуидина с резорцином с последующим взаимодей. образовавшегося 3-(4-толуидино)фенола с 2-хлорметил-Δ<sup>2</sup>-имидазолином.



Ф. относится к α-адреноблокаторам. Блокирует постсинаптит. α<sub>1</sub>- и пресинаптит. α<sub>2</sub>-адренорецепторы и следовательно – передачу адренергич. сосудосуживающих импульсов, что приводит к устранению спазмов периферич. сосудов, снижению артериального давления. Применяют Ф. как сосудорасширяющее ср-во при расстройствах периферич. кровообращения, а также при феохромоцитоме.

Г. Я. Шварц.

**ФЕНХЕНЫ**, бициклич. терпены состава C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>, мол. м. 136,23. Существуют 7 структурных изомеров, каждый из к-рых может иметь оптич. изомеры (см. ф-лы, одной черточкой обозначены группы CH<sub>3</sub>, двумя – CH<sub>2</sub>). Ф. – бесцв. летучие



жидкости с камфорным запахом; хорошо раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде (св-ва см. в табл.). Содержатся в малых кол-вах (1–2%) во мн. эфирных маслах, в масле Citrus ladaniferus – 10–12%, в качестве примеси в техн. камфене. Ф. легко окисляются на воздухе; при нагр. в присут. кислотных катализаторов изомеризуются и частично полимеризуются; присоединяют по двойной связи галогены, галогеноводороды, NOCl,

СВОЙСТВА ФЕНХЕНОВ

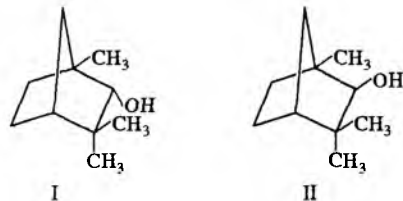
Соединение	Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	[α] <sub>D</sub> <sup>20</sup>
α-Ф. (7,7-диметил-2-метиленилбицикло[2.2.1]гептан)	156–158	0,869	1,4724 <sup>a</sup>	± 32,1°
β-Ф. (2,2-диметил-5-метиленилбицикло[2.2.1]гептан)	150–153	0,8591	1,4645 <sup>a</sup>	± 62,9°
γ-Ф. (2,5,5-триметилбицикло[2.2.1]гепт-2-ен)	145–147	0,8547	1,4607	± 45,6°
δ-Ф. (1,5,5-триметилбицикло[2.2.1]гепт-2-ен)	139–140	0,8381	1,4494	± 68,8°
ε-Ф. (1,2,3-триметилбицикло[2.2.1]гепт-2-ен)	152,7–153,3	0,8567	1,4635	± 0,0°
ζ-Ф. (2,7,7-триметилбицикло[2.2.1]гепт-2-ен)	146–146,8 <sup>b</sup>	0,8626	1,4685	± 24,1°
цикло-Ф. (1,3,3-триметилтрицикло[2.2.1.0 <sup>2,6</sup> ]гептан)	143–143,5 <sup>c</sup>	0,8603	1,4515	± 0,9°

<sup>a</sup> При 19 °С; <sup>b</sup> при 752 мм рт. ст.; <sup>c</sup> при 748 мм рт. ст.

$N_2O_5$ ; гидратируются с образованием *фенхола* и его изомера – изофенхола.

Последние используют для получения Ф. Л. А. Хейфиц.

**ФЕНХОЛ** (фенхильовый спирт, 1,3,3-триметилбицикло[2.2.1]гептан-2-ол), мол. м. 154,25. Известны  $\alpha$ -Ф. (эндо-форма, ф-ла I) и  $\beta$ -Ф. (экзо-форма, II), каждый из к-рых существует в виде оптич. изомеров.  $\alpha$ -Ф. – бесцв. или желтова-

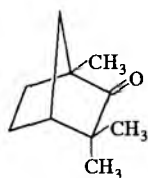


тые кристаллы с запахом камфоры с цитрусовой нотой; т. пл. 48 °С, т. кип. 200–201 °С;  $d_4^{20}$  0,9641;  $[\alpha]_D^{20} \pm 11,5^\circ$  (в этаноле); производные: гидрофталат, т. пл. 146 °С, *n*-нитробензоат, т. пл. 108 °С; фенилуретан, т. пл. 82 °С.  $\beta$ -Ф. – жидкость с неприятным произв. гнилостным запахом; т. пл. 5–6 °С, т. кип. 200–201 °С;  $d_4^{20}$  0,9630;  $[\alpha]_D^{20} + 24,0^\circ$  (в этаноле); производные: гидрофталат, т. пл. 154 °С, *n*-нитробензоат, т. пл. 82 °С; фенилуретан, т. пл. 90 °С. Ф. раств. в этаноле и др. орг. р-рителях, слегка раств. в воде. Содержится в нек-рых эфирных маслах и скипидаре. Окисление  $\alpha$ - и  $\beta$ -Ф. приводит к фенхону, дегидратация – к фенхенам. Образуется Ф. при гидратации пиненов, в виде примеси присутствует в техн. изоборнеоле (в произв.-ве камфоры). Ф. в виде смеси  $\alpha$ - и  $\beta$ -форм м. б. получен восстановлением фенхона или выделен фракционированием из экстракт. скипидара. Ф. подавляет активность мн. микроорганизмов, ограниченно применяется как р-ритель и компонент нек-рых искусств. эфирных масел.

Для  $\alpha$ -Ф. т. исп. 73 °С; ЛД<sub>50</sub> 5 г/кг (крысы или кролики, перорально).

Существует также структурный изомер Ф. – изофенхол (изофенхильовый спирт, 1,3,3-триметилбицикло[2.2.1]гептан-6-ол), т. кип. 89 °С/15 мм рт. ст. Л. А. Хейфиц.

**ФЕНХОН** (1,3,3-триметилбицикло[2.2.1]гептан-2-он), мол. м. 152,24; маслянистая жидкость с камфорным запахом и горьким вкусом; т. пл. 5–6 °С, т. кип. 193,5 °С, 82 °С/3 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,9448–0,9465;  $n_D^{20}$  1,4623;  $[\alpha]_D \pm 66,9^\circ$  (без р-рителя),  $\pm 72^\circ$  (в этаноле); раств. в этаноле и диэтиловом эфире, не раств. в воде. Производные: оксим, т. пл. 164–165 °С [для (+) и (–)-Ф.], 158–160 °С (для рацемата); семикарбон, т. пл. 186–187 °С [для (+)-Ф.], 172–173 °С (для рацемата); гидразон, т. пл. 56–57 °С [для (+) и (–)-Ф.]. Ф. содержится в анисовом, фенхельном, укропном, туйевом и др. эфирных маслах. Устойчив к окислению; восстановление Na в спирте приводит к смеси  $\alpha$ - и  $\beta$ -фенхолов; с  $Br_2$  образует б-бромфенхон. Не реагирует с  $NaHSO_3$  и фенилгидразином. Выделяют Ф. из эфирных масел. Сильный антисептик; компонент нек-рых искусств. эфирных масел; м. б. использован как пластификатор при получении пластмасс из нитроцеллюлозы.



Т. исп. 52 °С, ЛД<sub>50</sub> 6,16 г/кг (крысы, перорально). Л. А. Хейфиц.

**ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**, основаны на использовании хим. р-ций с участием ферментов. О содержании определяемого компонента судят либо по кол-ву конечного продукта ферментативной р-ции, либо, чаще, по начальной скорости процесса, положенного в основу методики определения (см. *Кинетические методы анализа*). Для наблюдения за скоростью ферментативной р-ции применяют обычно инструментальные методы, чаще других – люминесцентные, спектрофотометрич., электрохимические. Достоинства Ф. м. а.: высокая чувствительность, обусловленная активностью ферментов, природой индикаторных р-ций (с помощью к-рых определяют в-во) и способами детекции аналит. сигнала;

высокая селективность и мягкие условия проведения анализа.

Определяемым компонентом в Ф. м. а. могут быть субстраты (в-ва, превращение к-рых катализирует фермент), сами ферменты, коферменты (в-ва, необходимые для осуществления каталитич. действия фермента) и эффекторы (соед., изменяющие каталитич. активность фермента – активаторы, ингибиторы). Среди коферментов – НАД и НАДН (соотв. никотинамидадениндинуклеотид и его восстановленная форма), НАДФ и НАДФН (соотв. никотинамидадениндинуклеотидфосфат и его восстановленная форма), АТФ (аденозинтрифосфат) и др.

Предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний компонентов зависят от кинетич. характеристик используемой индикаторной ферментативной р-ции и, прежде всего, каталитич. активности фермента.

Фермент катализирует р-цию, в к-рых участвуют, как правило, один или два субстрата. В односубстратной р-ции концентрация субстрата  $[S]_0$  пропорциональна скорости процесса  $v_0$  только при условии  $[S]_0 \ll K_M$ , где  $K_M$  – константа Михаэлиса. Следовательно, верхняя граница определяемых содержаний лимитируется, как правило, величиной  $K_M$ . Предел обнаружения и ниж. граница анализируемых содержаний субстрата определяются обычно той величиной  $v_0$ , к-рая м. б. зафиксирована выбранным инструментальным методом. Чем меньше величина  $v_0$  и чем выше каталитич. константа скорости  $k_{кат}$  и концентрация  $[E]_0$  фермента, тем ниже предел обнаружения и нижняя граница определяемых содержаний субстрата. Для двусубстратных р-ций при определении субстрата  $S_1$  субстрат  $S_2$  берется в насыщенных концентрациях и двусубстратная р-ция сводится к односубстратной.

В случае обратимого неконкурентного ингибирования фермента ингибиторы I, взаимодействуя с ферментом, образуют каталитически неактивные комплексы EI. Для ингибиторов этого типа верхняя граница определяемых содержаний лимитируется величиной  $K_I = \frac{[E]}{[E][I]}$ ; предел обнаружения и нижняя граница определяемых содержаний зависят также и от концентрации фермента. Такие же зависимости сохраняются и при определении обратимых активаторов ферментов.

В случае необратимого ингибирования ферментативных р-ций ниж. граница определяемых содержаний ингибитора зависит от времени ингибирования. Если значение константы скорости этого процесса  $k_{ин}$  невелико, относительное уменьшение активности фермента зависит от длительности процесса ингибирования. При достаточно больших  $k_{ин}$  временной зависимостью можно пренебречь, тогда относит. уменьшение активности фермента пропорционально концентрации ингибитора:  $\Delta[E] = n[I]$ , где  $n$  – число молекул ингибитора, взаимодействующего с одной молекулой фермента.

В Ф. м. а. часто используют системы, состоящие из сопряженных р-ций, катализируемых разл. ферментами. Так, напр., в случае системы из двух р-ций продукты первой ферментативной р-ции являются субстратами для второй ферментативной р-ции (индикаторной), что позволяет повысить чувствительность определения того или иного соед. и при необходимости изменить способ детекции. Так, напр., для определения глюкозы применяют р-цию ее окисления кислородом воздуха до глюконовой к-ты и  $H_2O_2$ , катализируемую глюкозооксидазой. Для контроля за скоростью процесса используют электрохим. методы, наблюдая за уменьшением кол-ва кислорода в р-ре с помощью  $O_2$ -чувствительного электрода Кларка или измеряя рН р-ра. Миним. содержание глюкозы, к-рое можно определять этими способами детекции, 0,01–0,03 мМ. Применяя биферментативные сопряженные р-ции для определения глюкозы, контролируют кол-во образовавшегося  $H_2O_2$ , напр. по р-ции окисления пероксидом водорода в присут. пероксидазы *o*-дианизидина (3,3'-диметоксибензидина) с образованием окрашенного в-ва или лимитирула с образованием люминесцирующего соединения. Спектро-

фотометрич. или люминесцентный методы контроля позволяют определять содержание глюкозы соотв. 2 мкМ и 20 нМ.

Как правило, чувствительность определения ферментов, кофакторов и эффекторов выше, чем чувствительность определения субстратов. Напр., возможно определение 0,001 пМ содержания АТФ, 0,1 нМ ионов  $Hg^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ , 0,1 мкМ тиомочевины и меркаптоэтанола. Однако ряд субстратов определяют также при очень малых содержаниях, особенно при хеми- или биолюминесцентной (см. ниже) регистрации аналит. сигнала: 0,1 нМ  $H_2O_2$ , 0,01 нМ мочевины. Чувствительность определения мн. в-в Ф. м. а. часто более высока, чем чувствительность определения этих же компонентов любыми др. методами.

Высокая селективность Ф. м. а. обусловлена образованием фермент-субстратного комплекса в процессе катализа, акта, требующим структурного соответствия активного центра фермента и субстрата. Поэтому большинство ферментов активно только в р-циях с субстратом одного определенного типа или с группой субстратов, имеющих общие структурные группы. Напр., фермент глюкозооксидаза катализирует окисление практически только одного вида глюкозы —  $\beta$ -D-глюкозу, к-рую можно определять без разделения сложной смеси моно- и олигосахаридов. В данном случае проявляется субстратная специфичность фермента.

Групповую специфичность можно наблюдать в случае действия альдегидоксидазы в р-циях превращения алифатич. альдегидов. Значительно менее селективны методы определения эффекторов, т. к. обычно имеется группа разл. соед., в той или иной степени меняющих каталитич. активность данного фермента. Однако селективность определения эффекторов м. б. и очень высокой. Так, очень малые кол-ва ртути (10 пМ) можно определять по ее ингибирующему действию на пероксидазу хрена на фоне тысячкратных кол-в Вi и Сd и значительно больших кол-в мн. неорг. и орг. в-в.

**Использование иммобилизованных ферментов.** Недостатки Ф. м. а. обусловлены рядом особенностей ферментов: потерей функциональной активности и стабильности ферментов под воздействием разл. факторов; высокой стоимостью из-за невозможности многократного использования растворимых ферментов и трудности их выделения и очистки. Применение *иммобилизованных ферментов* расширило возможности Ф. м. а. Более высокая стабильность и возможность многократного использования иммобилизованных ферментов позволили снизить стоимость анализов, повысить экспрессность, проводить хим. анализ в потоке и автоматизировать ферментативные методы. Впервые иммобилизованные ферменты в хим. анализе применили в сер. 60-х гг. 20 в. Для обнаружения фосфорорг. пестицидов в воздухе использовали холинэстеразу, включенную в крахмальный гель, нанесенный на полиуретановую пластинку. С помощью глюкозооксидазы или лактатдегидрогеназы, включенных в полиакриламидный гель, определяли соотв. глюкозу или молочную к-ту.

Помимо единичных иммобилизованных ферментов, в хим. анализе используют соимобилизованные ферментные системы, позволяющие повышать чувствительность и селективность определения. При этом все чаще применяют иммобилизованные клетки микроорганизмов, содержащие естественный набор ферментов. Преимущество такой иммобилизации состоит в том, что исключаются стадии выделения, очистки и иммобилизации ферментов, увеличивается их стабильность. Иммобилизацию используют не только для ферментов, но и для субстратов, кофакторов и эффекторов.

Предложены разнообразные реакторы с иммобилизованными ферментами — колонки, трубки, полые нити. Для заполнения колонок применяют обычно ферменты, ковалентно связанные с аминированным стеклом, акриловыми полимерами, агарозой, сефарозой, нейлоновым порошком, силикагелем и т. д. Один из лучших носителей для колоночных реакторов — сефароза, активированная бромцианом. На ней успешно иммобилизовали и полиферментные системы. Так, для определения 2–20 мкМ триптофана анализируемую смесь пропускали через колонку, содержащую со-

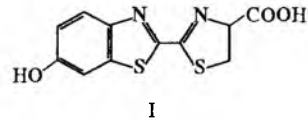
иммобилизованные на бромциан-сефаразе триптофаназу и лактатдегидрогеназу.

В трубчатых реакторах фермент ковалентно иммобилизуется на внутр. пов-сти нейлоновой трубки, длина к-рой варьирует от 1 до 3 м. С помощью таких реакторов, прокачивая через них анализируемый р-р, определяют, напр., в сыворотке крови мочевины, мочевую к-ту, аминокислоты, глюкозу, лактозу, мальтозу, пенициллин.

Разработан метод включения ферментов внутрь полых волокон триацетатцеллюлозы в момент их формирования. Фермент оказывается включенным во внутр. полость, куда могут проникать только низкомол. субстраты. Эти нити накручивают в виде катушек, заключают в стеклянную оболочку и через такой бобинный ферментный реактор пропускают анализируемую смесь, напр., при определении пенициллина, мочевины или глюкозы.

Скорость пропускания потока смеси р-ров, содержащих анализируемую пробу и реагенты, через реакторы устанавливают такой, что после прохождения через ферментный реактор р-ция либо заканчивается (при анализе по конечному продукту), либо протекает до определенной глубины (скорость обычно определяют способом фиксированного времени).

**Разновидности Ф. м. а.** Среди наиб. чувствительных Ф. м. а. особое место занимают биологические люминесцентные методы (см. *Люминесцентный анализ*). Чаще других используют процессы, катализируемые ферментом люциферазой светляков. Система включает люциферин (ф-ла I, люциферин светляка), к-рый в присут. АТФ подвергается катализируемому люциферазой окислению кислородом с образованием люминесцирующего в-ва. Высокий квантовый выход биоломинесценции, применение полиферментных сопряженных р-ций позволяет определять нек-рые соед. при концентрации 0,001–0,1 пМ.



Один из важных Ф. м. а. — анализ с использованием ферментных электродов, к-рые сочетают высокую селективность биокатализа и совершенную технику электрохим. методов. В простейшем варианте растворимый фермент помещают между двумя полупроницаемыми мембранами; одна отделяет р-р фермента от электродного датчика, другая — от анализируемого р-ра. Однако чаще ферменты иммобилизуют, включая их в полимерные или гелевые пленки альбумина, желатин, агар-агара, коллагена, гидроксида Al или ковалентно присоединяя к пов-сти стеклянных дисков, полупроницаемых мембран (целлюлозных, поликарбонатных). Пленки прикрепляют к пов-сти электрода. Часто такую пленку (мембрану) готовят непосредственно на пов-сти электрода. Субстрат диффундирует через слой, содержащий фермент, образуя электроактивное в-во, детектируемое при помощи потенциометрич. или амперометрич. датчика.

Преимущества потенциометрич. детектирования — легкость изготовления ферментного электрода и более низкая его стоимость. Однако время отклика таких электродов весьма значительно. В качестве электрохим. датчиков при создании ферментных электродов этого типа часто используют стеклянный рН-электрод,  $NH_4^+$ -специфичный электрод, газовые электроды для  $CO_2$  и  $NH_3$ . Потенциометрич. ферментные электроды были предложены для определения аминокислот, мочевины, глюкозы, пенициллина, нитрит- и нитрат-ионов; применяемые ферменты — оксидазы и декарбоксилазы аминокислот, уреазы, глюкозооксидазы, нитрит- и нитратредуктазы и др.

Амперометрич. ферментные электроды обычно применяют в случае ферментативных р-ций, протекающих с выделением или потреблением  $O_2$  или  $H_2O_2$ . Используют при этом  $O_2$ - или  $H_2O_2$ -чувствительные электроды. Амперометрич. детекторы отличаются от потенциометрических более широким диапа-

зоном линейности. В амперометрич. ферментных датчиках применяют чаще всего ФАД(флавинадениндинуклеотид)-зависимые оксидазы для определения глюкозы, холестерина, аминокислот.

В ферментных электродах м.б. использованы не только одноферментные и полиферментные системы, но и клетки микроорганизмов («бактериальные» электроды). Созданы ферментные электроды с ферментным реактором. В таком электроде иммобилизованный (напр., на стеклянных шариках) фермент помещен в небольшой реактор, через к-рый пропускают анализируемую пробу. Продукты р-ции – электроактивные в-ва, их детектируют с помощью проточных измерительных электродов. Ферментные электроды такого типа применяют для определения мочевины и аминокислот.

Ферментные электроды представляют собой биосенсоры (см. *Сенсоры химические*), к-рые позволяют быстро и селективно проводить определение целого ряда компонентов в сложных по составу объектах.

На основе использования ферментов созданы разл. экспресс-тесты. Многие из них чрезвычайно просты. Напр., тест-устройство для определения токсичных фосфорсодержащих пестицидов в продуктах питания представляет собой бумажную полоску, один конец к-рой пропитан р-ром хромогенного субстрата, а второй содержит иммобилизованную холинэстеразу. При анализе концы полоски совмещают и обмачивают в воду, выжатый из фруктов или овощей сок и т.д. Появление окраски бумажки свидетельствует об отсутствии пестицидов в пробе. Т.к. пестициды в больших, чем ПДК, кол-вах ингибируют холинэстеразу, то отсутствие окраски свидетельствует о превышении ПДК пестицидов. Аналогичные бумажные тесты предложены для определения глюкозы в моче и крови, ртути в воде и т.д.

Широкое распространение получают иммуноферментные методы – разновидности иммунных методов анализа (радиоактивная или флуоресцентная метка заменяется ферментом). Их используют для определения иммуноглобулинов, гормонов, стероидов, лек. ср-в, пестицидов и др. Эти методы обладают исключительно высокой чувствительностью и селективностью.

Для повышения воспроизводимости, экспрессности и производительности в Ф.м.а. применяют автоматич. анализаторы разного типа (см. *Автоматизированный анализ*). Каталитич. р-ции с участием растворимых и иммобилизованных ферментов, а также ферментных реакторов все чаще используют в проточно-инжекционном анализе.

Ф.м.а. применяют в хим. анализе, по сравнению с др. методами, недостаточно. Из более чем 1800 полученных ферментов используют ок. 50; наиб. часто – глюкозооксидазу, уреазу, уриказу, липолифуазу, пероксидазу, алкогольдегидрогеназу, холинэстеразу, лактатдегидрогеназу, разл. аминоксидазы. Ф.м.а. позволяют определять селективно, а в отдельных случаях специфично такие биологически активные субстраты, как глюкоза, мочевина и мочева к-та, разл. аминокислоты, липиды, холестерин, антибиотики, этанол,  $H_2O_2$ ,  $NO_2^-$  и  $NO_3^-$  и мн. другие. Разработаны чрезвычайно чувствительные методы определения мн. ферментов (пероксидазы в крови, креатинфосфокиназы в крови при диагностике инсульта и инфаркта миокарда и др.) и коферментов (НАД, флавиномононуклеотид, АТФ и т.д.). Предложены методики чувствительного определения большого числа эффекторов ферментов (фосфорсодержащие пестициды, ионы Hg, Cu, Zn и др.). Чрезвычайно чувствительны и селективны методы определения нек-рых ионов металлов (Zn, Cu) и анионов ( $CN^-$ ) на основе реактивации апоферментов. Цинк, напр., определяют практически специфически и в пикограммовых кол-вах по реактивации иммобилизованной пируватоксидазы, дезактивированной рядом комплексонной.

Осн. области применения Ф.м.а. – клинич. медицина и биохимия. С помощью ферментов в крови, моче, тканях и др. биол. объектах определяют малые кол-ва физиологически активных в-в, метаболитов, ферментов, мутагенов, канцерогенов, лек. препаратов. Высокочувствительный и специфический биоломинесцентный метод определения АТФ позволяет

разрабатывать методики измерения кол-ва клеток микроорганизмов, обнаружения микробных заражений, определения антибиотиков в биол. тканях и жидкостях по степени ингибирования микробных клеток. Поскольку содержание АТФ пропорционально кол-ву клеток или биомассы, то эти методики чрезвычайно чувствительны и предел обнаружения может достигать 100 клеток. Ферментативные методы используют также в пищ. и фармакологич. пром-сти, при контроле загрязнений окружающей среды. Так, напр., разработаны и применяются ферментативные методы определения фосфорсодержащих пестицидов, фенолов, аминов, ионов тяжелых металлов в природных и сточных водах.

Лит.: Долманова И.Ф., Угарова Н.Н., «Ж. аналит. химии», 1980, т. 35, в. 8, с. 1597–1639; Кулис Ю.Ю., Аналитические системы на основе иммобилизованных ферментов, Вильнюс, 1981; Угарова Н.Н., Бровка Л.Ю., Биоломинесценция и биоломинесцентный анализ, М., 1981; Bioanalytical applications of enzymes, ed. by C. Suelter, в сб.: Methods of biochemical analyses, N. Y., 1992. И.Ф. Долманова.

**ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ КАТАЛИЗ** (биокатализ), ускорение биохим. р-ций при участии белковых макромолекул, называемых ферментами (энзимами). Ф.к. – разновидность катализа, хотя термин «ферментация» (брожение) известен с давних времен, когда еще не было понятия хим. катализа.

Первое исследование Ф.к. как хим. процесса было выполнено К. Кирхгофом, к-рый в 1814 продемонстрировал ферментативную конверсию крахмала в растворимые углеводы.

Заметный вклад в представление о природе Ф.к. внесли работы И. Берцелиуса и Э. Мичерлиха, к-рые включили ферментативные р-ции в категорию хим. каталитич. процессов. В кон. 19 в. Э. Фишер высказал гипотезу о специфичности ферментативных р-ций и тесном стерич. соответствии между субстратом и активным центром фермента. Основы кинетики ферментативных р-ций были заложены в работах Л. Михаэлиса (1913).

В 20 в. происходит интенсивное изучение хим. основ Ф.к., получение ферментов в кристаллич. состоянии, изучение структуры белковых молекул и их активных центров, исследование большого числа конкретных ферментативных р-ций и ферментов.

В простейшем случае ур-ние р-ции с участием фермента имеет вид:



где E – фермент, S – субстрат, ES – фермент-субстратный комплекс (т. наз. комплекс Михаэлиса), P – продукт р-ции.

Превращение субстрата в продукт происходит в комплексе Михаэлиса. Часто субстрат образует ковалентные связи с функц. группами активного центра, в т.ч. и с группами кофермента (см. *Коферменты*). Большое значение в механизмах ферментативных р-ций имеет основной и кислотный катализ, реализуемый благодаря наличию имидазольных групп остатков гистидина и карбоксильных групп дикарбоновых аминокислот.

Важнейшие особенности Ф.к. – эффективность, специфичность и чувствительность к регуляторным воздействиям. Ферменты увеличивают скорость хим. превращения субстрата по сравнению с неферментативной р-цией в  $10^9$ – $10^{12}$  раз. Столь высокая эффективность обусловлена особенностями строения активного центра. Принято считать, что активный центр комплементарен (см. *Комплементарность*) переходному состоянию субстрата при превращении его в продукт. Благодаря этому стабилизируется переходное состояние и понижается активационный барьер р-ции.

Большинство ферментов обладает высокой субстратной специфичностью, т.е. способностью катализировать превращение только одного или неск. близких по структуре в-в. Специфичность определяется топографией связывающего субстрат участка активного центра.

Активность ферментов регулируется в процессе их биосинтеза (в т.ч. благодаря образованию *изоферментов*, к-рые катализируют идентичные р-ции, но отличаются строением и каталитич. св-вами), а также условиями среды (рН, т-ра,

ионная сила р-ра) и многочисленными ингибиторами и активаторами, присутствующими в организме. Ингибиторами и активаторами могут служить сами субстраты (в определенных концентрациях), продукты р-ции, а также конечные продукты в цепи последоват. превращений в-ва (см. *Регуляторы ферментов*).

Ферментативные р-ции чувствительны к внеш. условиям, в частности к ионной силе р-ра и рН среды. Влияние т-ры на скорость ферментативной р-ции описывается кривой с максимумом, восходящая ветвь к-рой отражает обычную для хим. р-ций зависимость, выраженную ур-нием Аррениуса. Нисходящая ветвь связана с тепловой денатурацией фермента. Максимум кривой соответствует оптимальной т-ре  $T_{опт}$ , значение к-рой для большинства ферментов лежит в пределах 40–50 °С. Для нек-рых ферментов, особенно ферментов термофильных микроорганизмов,  $T_{опт}$  80–90 °С. Подробнее о кинетике ферментативных р-ций см. *Ферментативных реакций кинетика*.

Осн. направления совр. исследований Ф. к. – выяснение механизма, обуславливающего высокие скорости процессов, высокую селективность (специфичность действия ферментов), изучение механизмов контроля и регуляции активности ферментов. Оказалось, в частности, что р-ции Ф. к. включают большое число стадий с участием лабильных промежут. соед., времена жизни к-рых изменяются в нано- и миллисекундном диапазоне. На активных центрах ферментов протекают быстрые (нелимитирующие) стадии, в результате чего понижается энергетич. барьер для наиб. трудной, лимитирующей стадии.

Установлен механизм регулирования ферментативной активности путем действия ингибитора (или активатора) на специфичный центр белковой молекулы с опосредованной передачей воздействия на активный центр фермента через белок. Обнаружены эффекты кооперативного взаимод. неск. молекул субстрата на белковой матрице. Найден способ «жесткого» выведения фермента из процесса посредством индуцированной субстратом необратимой инактивации.

Ф. к. – основа мн. современных хим. технологий, в частности крупномасштабных процессов получения глюкозы и фруктозы, антибиотиков, аминокислот, витаминов и регуляторов, а также тонкого орг. синтеза. Разработаны методы, позволяющие проводить ферментативные р-ции в орг. р-рителях, обращенных мицеллах (см. *Мицеллообразование*). С Ф. к. связаны перспективы развития иммуоферментного и биолюминесцентного анализа, применения биосенсоров. Созданы методы, позволившие придать каталитич. активность антителам, обнаружена каталитич. активность у рибонуклеиновой к-ты (абзимы, рибозимы соотв.).

Лит.: Березин И. В., Исследования в области ферментативного катализа и инженерной энзимологии, М., 1990. См. также лит. к ст. *Биотехнология, Генетическая инженерия, Ферментативных реакций кинетика, Ферменты*.

С. Д. Варфоломеев.

**ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ КИНЕТИКА**, изучает закономерности протекания во времени ферментативных р-ций, а также их механизм; раздел *кинетики химической*.

Каталитич. цикл конверсии в-ва S (субстрата) в продукт P под действием фермента E протекает с образованием промежут. соед.  $X_i$ :



где  $k_i$  – константы скорости отдельных элементарных стадий,  $K_S$  – константа равновесия образования фермент-субстратного комплекса  $X_1$  (ES, комплекс Михаэлиса).

При данной т-ре скорость р-ции зависит от концентраций фермента, субстрата и состава среды. Различают стационарную, предстационарную и релаксационную кинетику ферментативных р-ций.

**Стационарная кинетика**. В стационарном состоянии по промежуточным соед. ( $dX_i/dt = 0, i = 1, \dots, n$ ) и при избытке субстрата  $[S]_0 \gg [E]_0$ , где  $[S]_0$  и  $[E]_0$  – начальные концентрации соотв. субстрата и фермента, кинетика процесса характеризуется постоянным, неизменным во времени уровнем

концентраций промежут. соед., а выражение для скорости процесса  $v_0$ , наз. начальной стационарной скоростью, имеет вид (ур-ние Михаэлиса – Ментен):

$$v_0 = \frac{k_{кат}[E]_0[S]_0}{K_M + [S]_0}, \quad (1)$$

где значения  $k_{кат}$  и  $K_M$  – ф-ции констант скорости элементарных стадий и заданы ур-нениями:

$$k_{кат} = 1 / \sum_{i=2}^{n+1} \frac{1}{k_i}$$

$$K_M = \frac{K_S}{k_1} \left( 1 / \sum_{i=2}^{n+1} \frac{1}{k_i} \right)$$

Величину  $k_{кат}$  наз. эффективной каталитич. константой скорости процесса, параметр  $K_M$  – константой Михаэлиса. Значение  $k_{кат}$  определяется величинами  $k_i$  наиб. медленных стадий каталитич. р-ций и иногда наз. числом оборотов фермента (ферментной системы);  $k_{кат}$  характеризует число каталитич. циклов, совершаемых ферментной системой в единицу времени. Наиб. распространены ферменты, имеющие значение  $k_{кат}$  для специфич. субстратов в диапазоне  $10^2$ – $10^3$  с<sup>-1</sup>. Типичные значения константы Михаэлиса лежат в интервале  $10^{-3}$ – $10^{-4}$  М.

При больших концентрациях субстрата, когда  $[S]_0 \gg K_M$ ,  $v \approx k_{кат}[E]_0 = v_{макс}$ , т. е. скорость р-ции не зависит от концентрации субстрата и достигает постоянной величины, наз. макс. скоростью. Графически ур-ние Михаэлиса – Ментен представляет собой гиперболу. Его можно линеаризовать, используя метод двойных обратных величин (метод Лайнуивера – Берка), т. е. строя зависимость  $1/v$  от  $1/[S]_0$ , или др. методы. Линейная форма ур-ния (1) имеет вид:

$$1/v = \frac{K_M}{v_{макс}[S]_0} + \frac{1}{v_{макс}}. \quad (2)$$

Она позволяет определить графически значения  $K_M$  и  $v_{макс}$  (рис. 1).

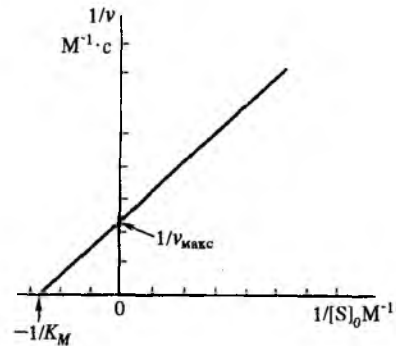


Рис. 1. График линейной трансформации ур-ния Михаэлиса – Ментен в двойных обратных величинах (по Лайнуиверу – Берку).

Величина  $K_M$  численно равна концентрации субстрата, при к-рой скорость р-ции равна  $1/2 v_{макс}$ , поэтому  $K_M$  часто служит мерой сродства субстрата и фермента, однако это справедливо лишь, если  $K_M = K_S$ .

Величины  $K_M$  и  $v_m$  изменяются в зависимости от значений рН. Это связано со способностью участвующих в катализе групп молекулы фермента изменять свое состояние ионизации и, тем самым, свою каталитич. эффективность. В простейшем случае изменение рН приводит к протонированию или депротонированию, по крайней мере, двух ионизирующихся групп фермента, участвующих в катализе. Если при этом только одна форма фермент-субстратного комплекса (напр., ESH) из трех возможных (ES, ESH и ESH<sub>2</sub>) способна



превращаться в продукт р-ции, то зависимость скорости от рН описывается ф-лой:

$$v = \frac{(k_{кат}/f')[E]_0[S]_0}{K_M f/f' + [S]_0}$$

где  $f = 1 + [H^+]/K_a + K_b/[H^+]$  и  $f' = 1 + [H^+]/K'_a + K'_b/[H^+]$  — т. наз. рН-ф-ции Михаэлиса, а  $K_a$ ,  $K_b$  и  $K'_a$ ,  $K'_b$  — константы ионизации групп  $a$  и  $b$  соотв. своб. фермента и фермент-субстратного комплекса. В координатах  $\lg k_{кат}$  — рН эта зависимость представлена на рис. 2, причем тангенсы углов наклона касательных к восходящей, независимой от рН, и нисходящей ветвям кривой должны быть равны соответственно +1, 0 и -1. Из такого графика можно определить значения  $pK_a$  групп, участвующих в катализе.

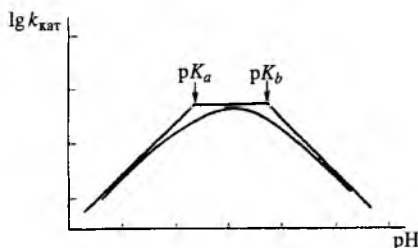


Рис. 2. Зависимость каталитич. константы от рН в логарифмич. координатах.

Скорость ферментативной р-ции не всегда подчиняется ур-нию (1). Один из часто встречающихся случаев — участие в р-ции аллостерич. ферментов (см. *Регуляторы ферментов*), для к-рых зависимость степени насыщения фермента от  $[S]_0$  имеет негиперболич. характер (рис. 3). Это явление обусловлено кооперативностью связывания субстрата, т. е. когда связывание субстрата на одном из участков макромолекулы фермента увеличивает (положит. кооперативность) или уменьшает (отрицат. кооперативность) сродство к субстрату др. участка.

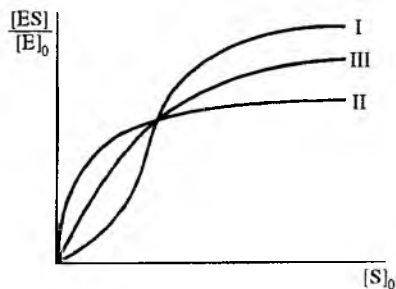


Рис. 3. Зависимость степени насыщения фермента субстратом от концентрации субстрата при положительной (I) и отрицательной (II) кооперативности, а также в ее отсутствии (III).

**Предстаационарная кинетика.** При быстром смещении р-ров фермента и субстрата в интервале времен  $10^{-6}$ – $10^{-1}$  с можно наблюдать переходные процессы, предшествующие образованию устойчивого стационарного состояния. В этом предстаационарном режиме при использовании большого избытка субстрата ( $[S]_0 \gg [E]_0$ ) система дифференц. ур-ний, описывающая кинетику процессов, линейна. Решение данного типа системы линейных дифференц. ур-ний дается суммой экспоненциальных членов. Так, для кинетич. схемы, представленной выше, кинетика накопления продукта имеет вид:

$$[P](t) = \sum_{i=1}^n k_{n+1} \frac{A_i}{\lambda_i} (e^{\lambda_i t} - 1) + \frac{k_{n+1} b}{a_n} \cdot t,$$

где  $A_i$ ,  $b$ ,  $a_n$  — ф-ции элементарных констант скорости;  $\lambda_i$  — корни соответствующего характеристич. ур-ния.

Величина, обратная  $\lambda_i$ , наз. характеристич. временем процесса:

$$\tau_i = -1/\lambda_i$$

Для р-ции, протекающей с участием  $n$  промежут. соед., можно получить  $n$  характеристич. времен.

Исследование кинетики ферментативной р-ции в предстаационарном режиме позволяет получить представление о детальном механизме каталитич. цикла и определить константы скорости элементарных стадий процесса.

Экспериментально кинетику ферментативной р-ции в предстаационарном режиме исследуют с помощью метода остановленной струи (см. *Струевые кинетические методы*), позволяющего смешивать компоненты р-ции в течение 1 мс.

**Релаксационная кинетика.** При быстром возмущающем воздействии на систему (изменение т-ры, давления, электрич. поля) время, к-рое необходимо системе для достижения нового равновесия или стационарного состояния, зависит от скорости процессов, определяющих каталитич. ферментативный цикл.

Система ур-ний, описывающая кинетику процесса, линейна, если смещение от положения равновесия невелико. Решение системы приводит к зависимостям концентраций компонентов разл. стадий процесса в виде суммы экспоненциальных членов, показатели экспонент к-рых имеют характер времен релаксаций. Результатом исследования является спектр времен релаксации, соответствующий числу промежут. соед., участвующих в процессе. Величины времен релаксаций зависят от констант скорости элементарных стадий процессов.

**Релаксационные методы кинетики** позволяют определить константы скорости отдельных элементарных стадий трансформации интермедиатов. Методы изучения релаксационной кинетики имеют разл. разрешающую способность: поглощение ультразвука —  $10^{-6}$ – $10^{-10}$  с, температурный скачок —  $10^{-4}$ – $10^{-6}$  с, метод электрич. импульса —  $10^{-4}$ – $10^{-6}$  с, скачок давления —  $10^{-2}$  с. При исследовании кинетики ферментативных р-ций наиб. применение нашел метод температурного скачка.

**Макрокинетика ферментативных процессов.** Развитие методов получения гетерогенных катализаторов путем иммобилизации ферментов на разл. носителях (см. *Иммобилизованные ферменты*) обусловило необходимость анализа кинетики процессов с учетом массопереноса субстрата. Теоретически и экспериментально исследованы закономерности кинетики р-ций с учетом эффектов диффузионного слоя и для систем с внутридиффузионными затруднениями при распределении фермента внутри носителя.

В условиях, когда на кинетику процесса влияет диффузионный перенос субстрата, каталитич. эффективность системы уменьшается. Фактор эффективности  $\eta$  равен отношению плотности потока продукта в условиях протекания ферментативной р-ции с диффузионно пониженной концентрацией субстрата к потоку, к-рый мог бы реализоваться в отсутствие диффузионных ограничений. В чисто диффузионной области, когда скорость процесса определяется массопереносом субстрата, фактор эффективности для систем с внешедиффузионным торможением обратно пропорционален диффузионному модулю  $\theta$ :

$$\eta = \frac{1}{\theta}; \quad \theta = \frac{k_{кат} [E] l_d}{K_M D},$$

где  $l_d$  — толщина диффузионного слоя,  $D$  — коэф. диффузии субстрата.

Для систем с внутридиффузионным торможением в р-циях первого порядка

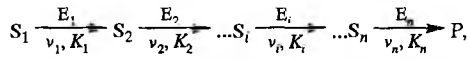
$$\eta = \frac{\text{th } \Phi_m}{\Phi_m}; \quad \Phi_m = l \sqrt{\frac{k_{кат} [E]}{D K_M}},$$

где  $\Phi_m$  — безразмерный модуль (модуль Тиле).

При анализе кинетич. закономерностей в ферментативных реакторах широкого теоретич. и эксперим. развитие получили «идеальные» модели реакторов, проточный безградиентный

реактор (проточный реактор идеального перемешивания), проточный реактор с идеальным вытеснением, мембранный реактор.

**Кинетика полиферментных процессов.** В организме (клетке) ферменты действуют не изолированно, а катализируют цепи трансформации молекул. Р-ции в полиферментных системах с кинетич. точки зрения можно рассматривать как последоват. процессы, специфич. особенною к-рых является катализ ферментами каждой из стадий:



где  $v_i, K_i$  — соотв. макс. скорость процесса и константа Михаэлиса  $i$ -й стадии р-ции соответственно.

Важная особенность процесса — возможность образования устойчивого стационарного состояния. Условием его возникновения может служить неравенство  $v_i > v_0$ , где  $v_0$  — скорость лимитирующей стадии, характеризуемой наименьшей константой скорости и тем самым определяющей скорость всего последоват. процесса. В стационарном состоянии концентрации метаболитов после лимитирующей стадии меньше константы Михаэлиса соответствующего фермента.

Специфич. группу полиферментных систем составляют системы, осуществляющие окислит.-восстановит. р-ции с участием белковых переносчиков электронов. Переносчики образуют специфич. структуры, комплексы с детерминированной последовательностью переноса электрона. Кинетич. описание такого рода систем рассматривает в качестве независимой переменной состояния цепей с разл. степенью заселенности электронами.

**Применение.** Ф. р. к. широко используют в исследовательской практике для изучения механизмов действия ферментов и ферментных систем. Практически значимая область науки о ферментах — инженерная энзимология, оперирует понятиями Ф. р. к. для оптимизации биотехнол. процессов.

*Лит.: Полторац О.М., Чухрай Е.С., Физико-химические основы ферментативного катализа, М., 1971; Березия И.В., Мартынек К., Основы физической химии ферментативного катализа, М., 1977; Варфоломеев С.Д., Зайцев С.В., Кинетические методы в биохимических исследованиях, М., 1982. С.Д. Варфоломеев.*

**ФЕРМЕНТСОДЕРЖАЩИЕ ВОЛОКНА** (волокна-биокаatalизаторы), получают путем иммобилизации ферментов на разл. волокнах и материалах на их основе (тканях, нетканых материалах и др.); обладают высокой каталитич. активностью и селективностью в биохим. р-циях.

В качестве носителей используют гл. обр. гидрофильные волокна — целлюлозные, поливинилспиртовые, ацетатные, альгинатные, полиакрилонитрильные и др. При формировании Ф. р. в прядильной р-ри или полые волокна вводятся эмульсия ферментсодержащего препарата, к-рый остается в порах или центр. канале волокна. Однако химически не связанные с волокном ферменты во время эксплуатации частично удаляются и волокна имеют меньшую каталитич. активность по сравнению с исходными. Наиб. каталитич. активностью обладают Ф. в., в к-рых фермент химически связан (с помощью ковалентных, ионных или координа. связей) с полимером-носителем. Это обеспечивает возможность длит. эксплуатации Ф. в. в биотехнол. процессах, а при применении в мед. практике обеспечивает сохранение активности после стерилизации и длительный лечебный эффект.

Во всех этих методах должно быть исключено использование высоких т-р и химически агрессивных (кислых, щелочных) сред, к-рые приводят к разрушению или денатурации ферментов. Кол-во вводимых ферментов или ферментсодержащих препаратов составляет 0,5–5% от массы волокна, что незначительно сказывается на их физ.-мех. св-вах. Активность иммобилизованных ферментов составляет 30–90% от активности исходного фермента. М. б. получены волокна, содержащие одновременно два и более видов ферментов или ферментных препаратов.

Ф. в. могут применяться в виде неподвижных пористых слоев в проточных аппаратах или в виде вводимых в обрабатываемую среду дисперсий в реакторах с перемешиванием.

Волокна м. б. полностью отделены и многократно использованы практически без потерь или загрязнения получаемого продукта.

Применяют Ф. в. в биотехнологии при произ-ве пищ. продуктов и напитков, лек. ср-в, хим. реактивов, при биоочистке пром. выбросов. В медицине Ф. в. и волокнистые материалы используют для лечения нек-рых видов опухолей, заболеваний слизистых оболочек, в офтальмологии, стоматологии, в хирургии в качестве перевязочных и шовных материалов, протезов кровеносных сосудов, при проведении биохим. анализов и др.

*Лит.: Маркови В., «Успехи химии», 1976, т. 45, в. 11, с. 2077–93; Получение волокнистых материалов, содержащих иммобилизованные ферменты, М., 1985; Dinelli D. [a. o.], в кн.: Enzymology, v. 1. Immobilized Enzymes, Antigens, Antibodies and Peptides, N. Y., 1975, p. 171–243. К.Е. Перелькин.*

**ФЕРМЕНТЫ** (от лат. fermentum — закваска) (энзимы), белки, выполняющие роль катализаторов в живых организмах. Осн. ф-ции Ф. — ускорять превращение в-в, поступающих в организм и образующихся при метаболизме (для обновления клеточных структур, для обеспечения его энергией и др.), а также регулировать биохим. процессы (напр., реализацию генетич. информации), в т. ч. в ответ на изменяющиеся условия.

О механизме р-ций с участием Ф. (ферментативных р-циях) см. *Ферментативный катализ, Ферментативных реакций кинетика.*

Структуру Ф. изучают методами хим. модификации, рентгеновского структурного анализа, спектроскопии. Ценные результаты получены методом сайт-специфичного мутагенеза, основанного на направленной замене аминокислот в белковой молекуле методами *генетической инженерии*. К кон. 20 в. известно и охарактеризовано ок. 3000 Ф.

**Исторический очерк.** Начало совр. науки о Ф. (энзимологии) связывают с открытием в 1814 К. Кирхгофом превращения крахмала в сахар под действием водных вытяжек из проростков ячменя. Действующее начало из этих вытяжек было выделено в 1833 А. Пайеном и Ж. Персо. Им оказался Ф. *амилаза*. В 1836 Т. Шванн обнаружил и описал *пепсин*, в том же году И. Пуркин и И. Паппенгейм охарактеризовали *трипсин*. В 1897 братья Г. и Э. Бухнеры выделили из дрожжей р-римый препарат (т. наз. зимазу), вызывавший спиртовое брожение. Этим был положен конец спору Л. Пастера (он полагал, что процесс брожения могут вызывать только целостные живые клетки) и Ю. Либиха (считал, что брожение связано с особыми в-вами). В кон. 19 в. Э. Фишер предложил первую теорию специфичности Ф. В 1913 Л. Михаэлис сформулировал общую теорию кинетики ферментативных р-ций. В кристаллич. виде первые Ф. были получены Дж. Самнером в 1926 (уреаза) и Дж. Нортропом в 1930 (пепсин). Впервые первичная структура (аминокислотная последовательность) Ф. была установлена У. Стейном и С. Муром в 1960 для рибонуклеазы А, а в 1969 Р. Мерриффилдом осуществлен хим. синтез этого Ф. Пространственное строение (третичная структура) Ф. впервые установлено Д. Филлипсом в 1965 для лизоцима. Во 2-й пол. 20 в. каталитич. активность была открыта также у нек-рых РНК (их наз. рибозимы).

**Классификация ферментов.** Исторически многим Ф. присваивались тривиальные названия, часто не связанные с типом катализируемой р-ции. Для преодоления возникших трудностей в сер. 20 в. были разработаны классификации и номенклатура Ф. По рекомендации Международного биохим. союза, все Ф. в зависимости от типа катализируемой р-ции делят на 6 классов: 1-й — *оксидоредуктазы*, 2-й — *трансферазы*, 3-й — *гидролазы*, 4-й — *лиазы*, 5-й — *изомеразы* и 6-й — *лигазы*. Каждый класс делится на подклассы, в соответствии с природой функц. групп субстратов, подвергающихся хим. превращению. Подклассы, в свою очередь, делятся на подподклассы в зависимости от типа участвующего в превращении Ф. Каждому достаточно охарактеризованному Ф. присваивается классификационный номер из 4 цифр, обозначающих класс, подкласс, подподкласс и номер самого Ф. Напр.,  $\alpha$ -химотрипсин имеет номер 3.4.21.1.

К оксидоредуктазам относятся Ф., катализирующие окислит.-восстановит. р-ции. Ф. этого типа переносят атомы

Н или электроны. Многие оксидоредуктазы являются *Ф. дышания и окислительно-фосфорилирования*.

*Трансферазы* катализируют перенос функц. групп ( $\text{CH}_3$ ,  $\text{COOH}$ ,  $\text{NH}_2$ ,  $\text{CHO}$  и др.) от одной молекулы к другой.

*Гидролазы* катализируют гидролитич. расщепление связей (пептидной, гликозидной, эфирной, фосфоэфирной и др.).

*Лиазы* катализируют негидролитич. отщепление групп от субстрата с образованием двойной связи и обратные р-ции. Эти *Ф.* могут отщеплять  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  и др.

*Изомеразы* катализируют образование изомеров субстрата, в т. ч. *цис-*, *транс*-изомеризацию, перемещение кратных связей, а также групп атомов внутри молекулы.

*Лигазы* — *Ф.*, катализирующие присоединение двух молекул с образованием новых связей ( $\text{C}—\text{C}$ ,  $\text{C}—\text{S}$ ,  $\text{C}—\text{O}$ ,  $\text{C}—\text{N}$  и др.), как правило, сопряженное с расщеплением пиррофосфатной связи, напр. у АТФ.

**Особенности строения ферментов.** Мол. масса *Ф.* составляет от  $10^4$  до  $10^{10}$  и более. Чаще всего встречаются *Ф.* с мол. м. 20–60 тыс., более крупные обычно состоят из неск. одинаковых (гомомеры) или разных (гетеромеры) субъединиц, связанных между собой нековалентными связями. Субъединица может состоять из двух и более цепей, соединенных дисульфидными связями.

В первичной структуре однотипных *Ф.*, выделенных даже из эволюционно отдаленных организмов, часто наблюдается определенная гомология, а нек-рые участки практически остаются неизменными. Вторичная структура отличается большим разнообразием по содержанию  $\alpha$ -спиралей и  $\beta$ -структур (см. *Белки*).  $\beta$ -Структуры составляют ядро многих *Ф.*, образуя «опорную» структуру. Совокупность стандартных элементов вторичных структур и специфически уложенных участков полипептидной цепи, определенным образом расположенных в пространстве, образует третичную структуру, определяющую биол. св-ва *Ф.*

Третичная структура уникальна для каждого *Ф.*, однако у однотипных *Ф.*, даже сильно отличающихся по первичной структуре, пространственное расположение цепей м. б. сходным (напр., хитотрипсин и субтилизин). Часто в третичной структуре можно выделить отдельные компактные части (домены), соединенные участками полипептидной цепи. Организация в пространстве неск. субъединиц определяет четвертичную структуру *Ф.*

На пов-сти белковой глобулы *Ф.* или, чаще, в спец. щели, углублении и т. п. выделяют относительно небольшой участок, наз. активным центром. Он представляет собой совокупность функц. групп аминокислотных остатков, непосредственно взаимодействующих с субстратом. В активный центр *Ф.*, кроме функц. групп, могут входить небелковые составляющие — *коферменты*. Такой комплекс наз. *холоферментом*, а его белковую часть — *апоферментом*. Аминокислотные остатки, входящие в активный центр, относятся к наиб. консервативным в данной группе *Ф.* В активном центре можно выделить субстрат-связывающий участок и собственно каталитически активные группы *Ф.* К последним, напр., в подподклассе сериновых протеаз относятся функц. группы остатков серина-195, гистидина-57 и аспарагиновой к-ты-102. Кроме того, в качестве каталитически активных групп *Ф.* выступают группа SH цистеина, группа  $\text{COOH}$  глутаминовой к-ты, фенольный гидроксил тирозина и др., а также функц. группы коферментов — никотинамидное кольцо никотинамидных коферментов (см. *Ниацин*), альдегидная группа (в виде альдимиана) пиридоксальфосфата, тиазольное кольцо тиаминпиррофосфата, ионы металлов (напр.,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) и др.

**Получение ферментов.** Обычно *Ф.* выделяют из тканей животных, растений, клеток и культуральных жидкостей микроорганизмов, биол. жидкостей (кровь, лимфа и др.). Для получения нек-рых труднодоступных *Ф.* используются методы генетической инженерии. Из исходных материалов *Ф.* экстрагируют солевыми р-рами. Затем их разделяют на фракции, осаждая солями [обычно  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] или, реже, орг. р-рителями, и очищают методами гель-проникающей и ионо-

обменной хроматографии. На заключит. этапах очистки часто используют методы аффинной хроматографии. Контроль за ходом очистки *Ф.* и характеристику чистых препаратов осуществляют, измеряя каталитич. активность *Ф.* с применением специфических (обычно дающих цветные р-ции) субстратов. За единицу кол-ва *Ф.* принимают такое его кол-во, к-рое катализирует превращение 1 мкмоль субстрата в 1 мин в стандартных условиях. Число единиц *Ф.*, отнесенное к 1 мг белка, наз. удельной активностью.

**Применение ферментов.** В неочищенном состоянии *Ф.* с древнейших времен используют для получения продуктов питания и выделки изделий в хлебопечении, сыроделии, виноделии, обработке кож и т. д. Достаточно очищенные *Ф.* применяют в произ-ве аминокислот и их смесей для искусственного питания, в произ-ве сахарных сиропов из углеводсодержащего сырья, для удаления лактозы из молока и в произ-ве ряда лек. ср-в (нек-рые очищенные *Ф.* сами используются как лек. ср-ва). Особенно перспективно применение в пром-сти *иммобилизованных ферментов* на полимерных носителях (напр., для получения полусинтетич. пенициллинов применяют иммобилизованную пенициллинамидазу, см. также *Ферментосодержащие волокна*). Об использовании *Ф.* в хим. анализе см. *Ферментативные методы анализа*.

*Лит.:* Номенклатура ферментов (Рекомендация 1972), пер. с англ., М., 1979; Фершт Э., Структура и механизм действия ферментов, пер. с англ., М., 1980; Диксон М., Уэбб Э., Ферменты, пер. с англ., т. 1–3, М., 1982; Methods in enzymology, eds. S. P. Colowick, N. O. Kaplan, N. Y. — S. F. L., 1955–.

В. К. Антонов.

**ФЕРМИЙ** (Fermium), Fm, искусственный радиоактивный хим. элемент III гр. периодич. системы, ат. н. 100; относится к *актиноидам*. Стабильных изотопов не имеет. Известно 17 радиоактивных изотопов с мас. ч. 243–259. Наиб. долгоживущий нуклид  $^{257}\text{Fm}$  ( $T_{1/2}$  100,5 сут,  $\alpha$ -излучатель). Вероятная конфигурация внеш. электронных оболочек атома  $5f^{12}6s^26p^67s^2$ ; степени окисления +2 и +3 (наиб. устойчивая); ионный радиус  $\text{Fm}^{3+}$  0,0922 нм,  $\text{Fm}^{2+}$  0,194 нм.

**Свойства.** В весовых кол-вах *Ф.* не получен и исследования его св-в производились со следовыми концентрациями  $^{255}\text{Fm}$  ( $T_{1/2}$  20,07 ч) и  $^{257}\text{Fm}$ . По хим. св-вам *Ф.* во многом подобен др. трехвалентным актиноидам. Для иона  $\text{Fm}^{3+}$   $\Delta H_{\text{обр}}^0$  для бесконечно разб. водного р-ра –589,38 кДж/моль;  $\text{Fm}^{3+}$  осаждается с фторидами и гидроксидами РЗЭ; константа гидролиза  $1,6 \cdot 10^{-4}$ . С катионообменной смолы вымывается перед эйнштейнием соляной, лимонной, молочной и  $\alpha$ -гидроксизомаляновой к-тами. В конц. р-рах  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{CNS}$  *Ф.* образует анионные комплексы и сорбируется на анионитах. Константы устойчивости комплексов  $\text{Fm}^{3+}$ : с диэтилен-триаминопентауксусной к-той 22,70 (25 °С), с диаминоциклогексатетрауксусной к-той 19,56 (25 °С), с молочной к-той 6,36 и с винной к-той 6,8. Для отделения *Ф.* от др. трехвалентных актиноидов используют ионный обмен на катионитах и молочную или  $\alpha$ -гидроксизомаляную к-ты в качестве элюентов, а также метод экстракционной хроматографии, напр., с ди(2-этилгексил)фосфорной к-той, обеспечивающий высокие коэф. разделения.

Под действием сильных восстановителей  $\text{Fm}^{3+}$  переходит в  $\text{Fm}^{2+}$ . Стандартный окислит. потенциал  $\text{Fm(III)/Fm(II)}$   $1,1 \pm 0,2$  В, а для  $\text{Fm(IV)/Fm(III)}$  4,9 В (оценка).

**Получение.** Изотопы *Ф.* получают облучением мишеней из Th, U или Pu на циклотроне ускоренными ионами Ne, O или C, а также при облучении смеси изотопов Pu, Sm или Cf в ядерном реакторе нейтронами. В наиб. кол-вах (ок.  $10^9$  атомов в год) получают  $^{257}\text{Fm}$ . При оптимальных условиях из 1 г  $^{252}\text{Cf}$  можно получить неск. микрограммов  $^{257}\text{Fm}$ .

Впервые *Ф.* был выделен А. Гиорсо, С. Томпсоном и Г. Хиггинсом в 1952 из продуктов термоядерного взрыва. Нуклид  $^{255}\text{Fm}$  образовался в результате мгновенного захвата ураном нейтронов с послед.  $\beta$ -распадами по р-ции:  $^{238}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{255}\text{U} \xrightarrow{\beta^-} ^{255}\text{Fm}$ . Назван по имени Э. Ферми.

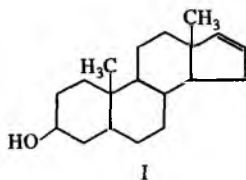
*Лит.:* Hulet E., «Radiochimica Acta», 1983, v. 32, p. 7–23; Chemistry of the actinide elements, 2 ed., v. 2, L. — N. Y., 1986. См. также лит. при ст. *Актиноиды*.

Б. Ф. Масюков.

**ФЕРОМОНЫ**, в-ва, выделяемые животными во внеш. среду и являющиеся средствами внутривидовой сигнализации. Различают Ф. половые (половые *аттрактанты*, привлекающие самцов к самкам в период спаривания), возбуждающие (афродизиаки), сбора (агрегационные), тревоги, следа, социальные (влияют на дифференциацию и развитие особей данного сообщества, напр. у пчел и муравьев).

По хим. природе Ф. относятся к разл. классам орг. соед.; наиб. часто встречаются моно- и полиненасыщ. углеводороды C<sub>6</sub>-C<sub>30</sub> и соответствующие им спирты, альдегиды, к-ты, а также эпоксисоединения. Как правило, Ф. представляют собой двух-, трех- и многокомпонентные смеси; их активность зависит от соотношения и изомерного состава компонентов.

Наиб. изучены Ф. насекомых (до 1988 Ф. идентифицированы у ~ 450 видов насекомых); выделены половые Ф. и Ф. тревоги у рыб; пахучие выделения млекопитающих (грызунов, нек-рых копытных и приматов); половой Ф. кабана (компонент к-рого представлен соед. ф-лы I). Одним из первых выделен (и установлено его хим. строение) половой Ф. самки тутового шелкопряда - (E)-10,(Z)-12-гексадекадиенол (бомбикол).



Ф. активны в чрезвычайно низких концентрациях и действуют на большие расстояния (до 3 км); обычно видоспецифичны, однако известно много примеров, когда Ф. одного вида оказывают заметное действие на представителей других родств. видов.

Нек-рые Ф. используют как эффективные средства борьбы с насекомыми-вредителями в посевах хлопчатника, в садоводстве, в лесном хозяйстве и др., они отличаются экологич. безопасностью и позволяют значительно снизить расход инсектицидов. Применяют их в виде т. наз. диспенсеров - микрокапсул. препаратов либо препаратов на основе полых полимерных волокон, слоистых пластиков и др. пористых материалов, обеспечивающих постепенное испарение Ф. Диспенсер, содержащий неск. миллиграммов Ф., помещают в ловушку вместе с инсектицидом и клейким материалом и используют для учета численности насекомых или для их массового уничтожения; более высокие дозы Ф. используют для дезориентации насекомых в период спаривания.

Лит.: Лебедева К.В., Мияяло В.А., Пятинова Ю.Б., Феромоны насекомых, М., 1984; Лебедева К.В., Пятинова Ю.Б., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1984, т. 29, № 1, с. 54-63; Лебедева К.В., там же, 1988, т. 33, № 6, с. 678-86; Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Bd 6, В.- [u. a.], 1981, S. 2-180; Insect pheromone technology, chemistry and applications, ed. by B. A. Leonhardt, M. Beroza, Wash., 1982; Pheromone biochemistry, ed. by G. D. Prestwich, G. J. Blomquist, San Diego, 1987. Г. С. Шиндлерман.

**ФЕРРЕДОКСИН**, железосодержащий белок, выполняющий ф-ции переносчика электрона во мн. биол. окислит.-восстановит. процессах. Содержится во всех фотосинтезирующих клетках и тканях, в т. ч. в хлоропластах высших растений.

Окраска Ф. определяется поглощением при 465, 420 (ε 9600), 390 и 278 нм. Ф. оптически активен и дает характерные спектры кругового дихроизма. Для восстановленной формы Ф. характерен спектр ЭПР, наблюдаемый при 77К; среднее значение g-фактора ок. 1,94.

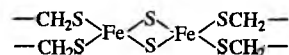
Ф.- глобулярный белок, его молекула в зависимости от источника состоит из 1, 3 или 4 полипептидных цепей, содержащих по 95-100 аминокислотных остатков, из них 4-6 приходится на цистеин; высокое содержание глутаминовой и аспарагиновой к-т определяет кислые св-ва Ф., рI ок. 4. Мол. м. (8-24) · 10<sup>3</sup>, типичное значение ок. 10<sup>4</sup>. Для мн. Ф. из высших растений и водорослей известна первичная структура и обнаружена высокая степень гомологии. Ряд Ф. присутствует в клетках в виде олигомерных структур.

Ф., как правило, мало устойчив и должен храниться при низкой т-ре. Однако в вулканич. глубоководных областях обнаружены содержащие Ф. термофильные архебактерии, напр. *Rugosoccus fuligosus*, сохраняющие св-ва после хранения 12 ч при 95 °С.

Все железо в окисленной форме Ф. имеет степень окисления +3. Ф. восстанавливается одноэлектронно, при этом один атом Fe(III) переходит в состояние Fe(II). В состоянии Fe(II) - Fe(III) Ф. - сильный восстановитель, типичное значение окислит.-восстановит. потенциала -400 мВ.

Функцион. св-ва Ф. определяются наличием активного центра (одного для «простых» Ф., двух для «сложных»), структура к-рого представляет собой кластер, содержащий атом Fe, сульфидные мостики S<sup>2-</sup> и остатки цистеина CH<sub>2</sub>S<sup>+</sup>, координированные по атому Fe. Сера из сульфидных мостиков высвобождается при действии к-т, образуя H<sub>2</sub>S.

Ф. могут содержать би-(см. ф-лу), три- и тетраядерные кластеры. В биядерном кластере Ф. из *Spirulina platensis* расстояние между атомами Fe составляет 0,272 нм. В окис-



ленной форме кластер содержит оба атома Fe(III) примерно в тетраэдрич. окружении. Структура в целом диамагнитна, т. к. между атомами Fe, находящимися в высокоспиновом состоянии, имеется антиферромагн. взаимод.; суммарный спин S = 0 при низких т-рах. При комнатной т-ре возможно заселение возбужденных уровней (S = 1), что обнаруживается как парамагнитный сдвиг сигналов ПМР протонов, находящихся вблизи металлокластера. При восстановлении одного атома Fe S = 1/2, что обуславливает спектр ЭПР.

В фотосинтезе Ф. осуществляет перенос электрона от фотосистемы I к никотинамидадениндинуфосфату, он участвует также в восстановлении сульфита, нитрита, ненасыщенных жирных к-т, поддержании активности фруктозо-1,6-дифосфатазы, пируватдекарбоксилазы и др. Ф. активен в ряде р-ций, в к-рых образуется или используется в качестве восстановителя H<sub>2</sub>; партнером Ф. во мн. случаях выступают разл. гидрогеназы.

Разработаны способы удаления кластеров из Ф., в т. ч. с сохранением их структуры, а также реконструкции Ф. как с собственными простетич. группами, так и с их синтетич. аналогами. Моделирование активных центров Ф. стимулировало синтез координац. соед. аналогичной структуры.

Лит.: Thompson A. J., в кн.: Metalloproteins, pt 1. Metal proteins with redox roles, ed. P. Harrison, Weinheim - [a. o.], 1985, p. 79-120.

М. Г. Гольдфельд.

**ФЕРРИМАГНЕТИКИ**, в-ва, в к-рых ниже определенной т-ры - Кюри точки магн. моменты соседних атомов (ионов), образующих две или неск. магн. подрешеток, антипараллельны (или более сложно ориентированы в пространстве), но не скомпенсированы, в результате чего эти в-ва обладают самопроизвольной намагниченностью. Обычно подрешетки различаются тем, что содержат обладающие магн. моментами ионы разл. элементов или ионы одного элемента, но находящиеся в разных кристаллографич. позициях - в неэквивалентных узлах кристаллич. решеток.

Ферримагнетизм - наиб. общий случай магнитоупорядоченного состояния. Ферромагнетизм, присущий ферромагнетикам, имеющим только одну подрешетку, и антиферромагнетизм, свойственный антиферромагнетикам, в к-рых все подрешетки состоят из одинаковых ионов, являются частными случаями ферримагнетизма.

Значит. часть Ф. - это диэлектрич. или полупроводниковые ионные кристаллы. Среди них наиб. обширную группу составляют ферриты (шпинели, гранаты, гексаферриты). К Ф. относятся двойные фториды, напр. RbNiF<sub>3</sub>, CsFeF<sub>3</sub>, нек-рые сульфиды, селениды, а также ряд сплавов и интерметаллидов, содержащих атомы PЗЭ и элементов группы Fe, напр. CdCo<sub>3</sub>, TbFe<sub>2</sub>.

Подобно ферромагнетикам Ф. намагничиваются во внешнем магн. поле, имеют доменную структуру, обладают оста-

точной намагниченностью, выше точки Кюри переходят в парамагн. состояние (см. *Парамагнетики*). Однако существование неск. разл. подрешеток в Ф. приводит к более сложной температурной зависимости самопроизвольной намагниченности, чем в ферромагнетике, и при определенной т-ре, наз. точкой компенсации, намагниченность обращается в нуль. При т-ре выше и ниже этой точки самопроизвольная намагниченность отлична от нуля.

Ф. используются для изготовления постоянных магнитов, в ЭВМ (при создании элементов памяти), в радиотехнике, СВЧ технике; из Ф. производят, напр., сердечники колебат. контуров, дроссели, трансформаторы, магн. антенны, фазовращатели, линии задержки и т. д.

Термин «ферримагнетизм» ввел в 1948 Л. Нельс, он же разработал основы теории Ф.

Лит.: Хандрих К., Кобе С., Аморфные ферро- и ферримагнетики, пер. с нем., М., 1982. См. также лит. при ст. *Магнитные материалы*.

**ФЕРРИТЫ**, сложные оксиды железа(III) с более основными оксидами др. металлов. Иногда Ф. наз. вообще все *ферримагнетики* независимо от их хим. природы. Практически важные Ф. относятся к след. структурным группам.

Ф. со структурой шпинели имеют общую ф-лу  $M^{II}Fe_2O_4$ , где  $M^{II}$  – Ni, Co, Mn, Mg, Cu, Fe, Zn, Cd. Они кристаллизуются в кубич. кристаллич. решетке, пространств. группа  $Fd\bar{3}m$ ,  $z = 8$ . К этой группе относится также Ф. лития  $LiFe_5O_8$  (можно считать, что в нем ионы  $M^{2+}$  замещены  $Li_{1/5}^{+} + Fe_{4/5}^{3+}$ ). В нормальных шпинелях ионы  $M^{2+}$  расположены в октаэдрич. узлах, а ионы  $Fe^{3+}$  – в тетраэдрических. В обращенных шпинелях половина ионов  $Fe^{3+}$  находится в октаэдрич. позициях, а другая половина этих ионов и ионы  $M^{2+}$  – в тетраэдрических, занимая их статистически. Большой частью существуют смешанные шпинели, в к-рых оба вида ионов располагаются и в тех и в других позициях. Ф. со структурой шпинели могут растворять значит. кол-во  $Fe_2O_3$ . Они могут образовывать непрерывные твердые р-ры друг с другом,  $Fe^{3+}$  может частично замещаться др. ионами – Al,  $Cr^{3+}$ , Ga, In, Sc, а также  $Ti^{4+}$  и т. д.

Ф. со структурой граната кристаллизуются в кубич. кристаллич. решетке, пространств. группа  $Ia\bar{3}d$ ,  $z = 8$ , имеют общую ф-лу  $R_3Fe_5O_{12}$ , где R – PЗЭ от Sm до Lu, а также Y. Важнейший из них – иттрий-железный гранат  $Y_3Fe_5O_{12}$  (см. *Гранаты синтетические*). В структуре этих Ф. ионы PЗЭ занимают додекаэдрич. позиции,  $1/5$  ионов  $Fe^{3+}$  – тетраэдрические, остальные  $4/5$  – октаэдрические. Ионы R могут частично замещаться ионами PЗЭ с большими ионными радиусами (Pr, Nd, La, но не Ce), а также V и двухвалентными ионами Ca, Sr, Mn (в этом случае часть  $Fe^{3+}$  замещается ионами с большим зарядом –  $Sn^{4+}$ ,  $Zr^{4+}$ ,  $Ge^{4+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Si^{4+}$  и даже  $V^{5+}$  и т. п.). Железо в Ф.-гранатах частично может замещаться Al, Ga,  $Cr^{3+}$ , In, Sc, причем Al и Ga преим. занимают тетраэдрические, а остальные – октаэдрич. позиции.

Гексаферриты – Ф. с гексагон. структурой типа минерала магнетопломбита  $PbFe_{12}O_{19}$  (пространств. группа  $R\bar{3}/mnc$ ) или родственной ей. Различают неск. типов этих Ф., в частности  $VaFe_{12}O_{19}$  (обозначается M, часто его называют ферроксидором),  $VaM_2Fe_{16}O_{27}$  (обозначение W, эти Ф. и последующие часто наз. ферроксипланины),  $VaM_2Fe_{12}O_{22}$  (обозначение Y),  $Va_3M_2Fe_{24}O_{41}$  (Z),  $Va_2M_2Fe_{28}O_{46}$  (X),  $Va_4M_2Fe_{36}O_{60}$  (V), где M –  $Fe^{2+}$ , Mn, Ni, Co, Zn, Mg, возможна также комбинация, напр.  $Li^{+} + Fe^{3+}$ . Кристаллич. структуры гексаферритов построены из шпинельных блоков, разделенных гексагон. блоками, в к-рых расположены ионы Va (они могут замещаться частично или полностью ионами Ca, Sr или Pb). Возможно замещение ионов Va трехзарядными ионами, напр. La, при этом равное кол-во ионов  $Fe^{3+}$  замещается на  $Fe^{2+}$ . Возможно также замещение ионов Fe ионами Al, Ga или комбинацией двух- и четырехзарядных ионов.

Ортоферриты и наз. группу Ф. с ромбич. структурой типа искаженной структуры минерала перовскита  $CaTiO_3$  (пространств. группа  $R\bar{3}m$ ,  $z = 4$ ). Их ф-ла  $RFeO_3$ , где R – PЗЭ. Структура ортоферритов, подобно другим Ф., допускает разнообразные изоморфные замещения. Если вышеописанные группы Ф. все являются ферримагнетиками, ортоферри-

ты – антиферромагнетики и только при очень низких т-рах (неск. град. К и ниже) становятся ферримагнетиками.

Ф., как правило, – кристаллич. в-ва с сравнительно высокой твердостью и высокими т-рами плавления. Они не раств. в воде и орг. р-рителях, разлагаются к-тами. Устойчивы на воздухе, но при т-рах 1000 °C и выше могут диссоциировать, а содержащие  $Fe^{2+}$  и  $Mn^{2+}$  – окисляться. Соотношение катионов и анионов в Ф. может отличаться от стехиометрического при избытке или недостатке кислорода.

Поликристаллич. Ф. производят по технологии получения керамики спеканием (при т-рах от 900 до 1500 °C на воздухе или в спец. атмосфере) смесей оксидов или карбонатов, совместно упаренных р-ров солей (нитратов, сульфатов, двойных сульфатов типа шенитов) или совместно осажденных гидроксидов, оксалатов, карбонатов. Монокристаллы Ф. выращивают методами Вернейля, Чохральского, зонной плавки (см. *Монокристаллы выращивание*) обычно под давлением  $O_2$  неск. МПа или неск. десятков МПа. Чаще используют гидротермальное выращивание в р-рах NaOH,  $Na_2CO_3$ ,  $NH_4Cl$  или смеси хлоридов под давлением от 20 до 120 МПа либо выращивание из р-ров в расплаве (смеси  $PbO + PbF_2$ ,  $PbO + V_2O_5$ ,  $BaO + V_2O_5$  или более сложные) при применении в качестве исходных в-в смеси оксидов. Пленки Ф. со структурой шпинели выращивают обычно методом хим. транспортных р-ций с галогеноводородами (HCl) в качестве носителя. Пленки Ф.-гранатов и гексаферритов выращивают методом жидкостной эпитаксии из р-ров в расплаве, а также путем разложения паров, напр. β-дикетонатов металлов.

Ф. используют в качестве магн. материалов в радиотехнике, электронике, автоматике, вычислительной технике (ферритовые антенны, сердечники, элементы памяти и т. д.). Помимо описанных, известны Ф. и др. составов и структур, напр. для щелочных металлов  $M^I FeO_2$ , для щел.-зем.  $M_2^II Fe_2O_5$  и т. д. Многие Ф. входят в состав шлаков, спец. цементов и т. п.

Лит.: Рабкин Л.И., Соскин С.А., Эпштейн Б.Ш., Ферриты. Свойства, свойства, технология производства, Л., 1968; Журавлев Г.И., Химия и технология ферритов, Л., 1970; Левин Б.Е., Третьяков Ю.Д., Летюк Л.М., Физико-химические основы получения, свойства и применение ферритов, М., 1979; Летюк Л.М., Журавлев Г.И., Химия и технология ферритов, Л., 1983.

П. И. Федоров.

**ФЕРРОМАГНЕТИКИ**, в-ва, к-рые ниже определенной т-ры – Кюри точки  $T_K$  обладают самопроизвольной намагниченностью. К Ф. относятся переходные элементы – Fe, Co, Ni, нек-рые PЗЭ (Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm); металлич. бинарные и многокомпонентные сплавы и соед. перечисленных металлов между собой и с др. ферромагн. элементами; сплавы и соед. Cr и Mn с неферромагн. элементами; аморфные сплавы, в т. ч. металлич. стекла, напр., состава 80% Fe, 20% В; магн. жидкости; нек-рые соед. актиноидов, напр.  $UO_3$ ; разб. р-ры замещения парамагн. атомов, напр. Fe или Co в матрице Pd.

Ф.– системы с открытыми электронными оболочками, т. е. их вырожденные молекулярные орбитали заполнены частично. Магн. моменты атомов и ионов Ф. благодаря существующему между этими частями общему взаимодействию направлены одинаково, поэтому Ф. всегда намагничены. Однако в отсутствие внеш. магн. поля намагниченность макроскопич. ферромагн. образцов может не проявляться. Т. к. магн. моменты малых областей Ф.– доменов направлены различно, суммарный магн. момент м. б. равен нулю. Во внеш. магн. поле намагниченность Ф. увеличивается вследствие роста числа доменов с вектором намагниченности, близким к направлению поля, и последующего поворота магн. моментов доменов по полю. Магн. момент единицы объема  $l = \chi H$ , где  $H$  – напряженность поля,  $\chi$  – магн. восприимчивость. С ростом  $H$  значение  $l$  увеличивается нелинейно, т. к.  $\chi$  зависит от  $H$ . Для Ф., как правило, характерно явление гистерезиса – кривые намагничивания и размагничивания не совпадают (см. *Магнитные материалы*). При устранении намагничивающего поля Ф. сохраняют остаточную намагниченность. Ее можно свести к нулю, напр., нагревая Ф. выше точки Кюри. В этом случае Ф. становится парамагнетиком, а нек-рые из PЗЭ – антиферромагнетиками.

Квантовомех. теория объясняет магнетизм атомов и ионов наличием орбитального и спинового магнетизма электронов

(см. *Магнитный момент*), а также раскрывает природу обменного взаимодей., ответственного за одинаковую ориентацию в Ф. соседних атомных магн. моментов.

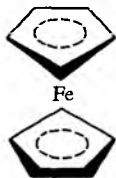
Ф. подразделяют на магнитомягкие и магнитотвердые. Первые обладают малой коэрцитивной силой и значит. магн. проницаемостью. Для вторых характерны большие значения коэрцитивной силы и остаточной намагниченности.

Магнитотвердые Ф. служат в осн. для изготовления постоянных магнитов. Магнитомягкие Ф. используют в электротехнике (трансформаторы, электромоторы, генераторы и др.), для изготовления магнитопроводов, элементов памяти ЭВМ, в устройствах преобразования электромагн. энергии в механическую и наоборот и т. д.

Лит. см. при ст. *Магнитные материалы*.

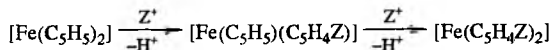
**ФЕРРОСПЛАВЫ**, см. *Железа сплавы*.

**ФЕРРОЦЕН** [бис(η-циклопентадиенил)железо], оранжевые кристаллы; т. пл. 173 °С, т. кип. 249 °С; плотн. 1,49 г/см<sup>3</sup> (25 °С); устойчив до 470 °С; возгорается при атм. давлении; раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде; устойчив к действию воздуха, горячей конц. водной HCl и 10%-ной водной NaOH.



В кристаллич. состоянии молекула Ф. находится в заторможенной антипризматич. конформации; в газовой фазе может существовать в заслоненной конформации. Молекула неполярна, диамагнитна, связи Fe—C ковалентны.

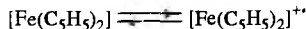
Ф. относится к небензоидным ароматич. системам. Для него характерны три типа хим. превращений: замещение водорода в C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>-кольцах без разрыва связей Fe—C, окисление по атому Fe и разрыв связи Fe—C. Р-ции электроф. замещения приводят к моно- и гетероаннулярным (содержащим заместители в разных циклах) дизамещ. Ф.:



Дизамещенные Ф., содержащие заместитель в одном цикле (гомоаннулярные) и тризамещенные Ф., образуются в незначит. кол-ве. Таким образом протекают ацилирование, формилирование, алкилирование, сульфирование, аминометилирование, арилирование, металлизирование. Р-ции электроф. замещения для Ф. протекают легче, чем для бензола. Общее влияние заместителя на реакц. способность Ф. аналогично влиянию в бензольном ряду. Ярко выраженных правил ориентации при вступлении второго заместителя в пятичленное кольцо не обнаружено. Ферроценильная группа [Fe(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)(C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>)] во мн. р-циях переходит без изменения из соединения в соединение.

При взаимодей. Ф. с аренами в присут. AlCl<sub>3</sub>/Al одно кольцо замещается на арен и образуется катион [Fe(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)(арен)]<sup>+</sup>.

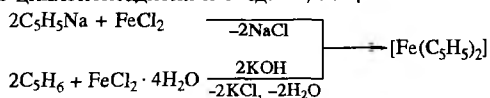
Ф. легко и обратимо окисляется до катион-радикала ферроцена (окислители: O<sub>2</sub> воздуха в кислой среде, HNO<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, I<sub>2</sub>, Ag<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, хиноны, N-бромсукцинимид, тетрацианоэтилен и др.):



Окисление протекает без заметных изменений в геометрии Ф. Разбавленные р-ры солей ферроцена окрашены в синий цвет, концентрированные — в красный. Катион ферроцена образуется также при электрохим. окислении Ф. и при действии на него галогенов и орг. пероксидов.

Связь Fe—C в Ф. мало реакционноспособна; разрывается при действии очень сильных восстановителей: H<sub>2</sub> в присут. Ni-Ренея (300 °С, 2,5 МПа) либо р-ров щелочных металлов в жидком NH<sub>3</sub> или аминах.

Синтезируют Ф. действием циклопентадиенида Na (Li, K, Tl) или циклопентадиенилмагнийбромида на галогениды Fe<sup>2+</sup> либо из циклопентадиена и соед. Fe, напр.:



Возможно прямое образование Ф. из Fe и C<sub>5</sub>H<sub>6</sub> при 300 °С.

Ф. и его производные предложено использовать в качестве добавок, улучшающих эксплуатац. св-ва моторных масел и топлив. Полимеры на основе производных Ф. высоко термически стабильны, обладают ценными электр. и магн. св-вами. Добавки Ф. оказывают ингибирующее действие при термо- и фотораспаде и окислении полимерных материалов. Нек-рые производные Ф. используются как лекарства для лечения железодефицитной анемии (напр., натриевая соль о-карбокисбензоилферроцена, или ферроцерон). Предложены светочувствит. материалы и композиции на основе Ф.

Впервые получен П. Посоном и др. (1951); его строение установлено Р. Вудвордом и Дж. Уилкинсоном, что привело к бурному развитию химии *металлоценов*.

Лит.: Несмеянов А. Н. Ферроцен и родственные соединения. *Избранные труды*, 1969–1979, М., 1982; Перевалова Э. Г., Решетова М. Д., Грайдберг К. И., *Методы элементорганической химии. Железоорганические соединения*. Ферроцен, М., 1983. Л. В. Рыбин.

**ФЕРТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ** в радиохимии и ядерной энергетике, в-ва, содержащие радионуклиды <sup>238</sup>U и <sup>232</sup>Th, к-рые сами по себе не способны к цепной р-ции деления и поэтому непосредственно не используются в ядерных реакторах. Однако в результате ядерных превращений под действием нейтронов эти нуклиды м. б. превращены в радиоизотопы, способные к цепной р-ции деления (см. *Ядерные реакции*).

Радионуклид <sup>238</sup>U доминирует в прир. смеси изотопов урана, тогда как способный к цепной р-ции деления <sup>235</sup>U относится к редким изотопам. Однако, если <sup>238</sup>U находится в ядерном реакторе в смеси, обогащенной <sup>235</sup>U, ядра <sup>238</sup>U взаимодей. с нейтронами, высвобождающимися при делении ядер <sup>235</sup>U. При этом сначала образуется <sup>239</sup>U по р-ции <sup>238</sup>U(n, γ)<sup>239</sup>U, затем наблюдаются два β-распада: <sup>239</sup>U → <sup>239</sup>Np → <sup>239</sup>Pu. Образующийся <sup>239</sup>Pu способен, как и <sup>235</sup>U, к цепной р-ции деления.

Содержание прир. нуклида <sup>232</sup>Th в земной коре выше, чем урана. В ядерный реактор его загружают вместе с урановой смесью, обогащенной <sup>235</sup>U. В результате ядерных превращений <sup>232</sup>Th(n, γ)<sup>233</sup>Th → <sup>233</sup>Pa → <sup>233</sup>U образуется <sup>233</sup>U, к-рый способен к цепной р-ции деления и м. б. использован как вторичное ядерное топливо.

Применение Ф. м. позволяет накапливать в ядерных реакторах в ходе их работы новые порции делящихся материалов. Это очень важно, т. к. <sup>235</sup>U дефицитен и возможности развития ядерной энергетики только на его использовании весьма ограничены.

Лит.: *Ядерная технология*, М., 1979.

С. С. Бердонос.

**ФИБРИЛИРОВАННЫЕ НИТИ** (пленочные нити, рафия), получают из одноосно ориентир. полимерных пленок (полиолефиновых, полиамидных, полиэфирных, фторуглеродных и др., а также пленок из смесей полимеров).

Процесс получения Ф. н. непрерывный и включает следующие осн. стадии: формирование пленок (см. *Пленки полимерные*), их разрезание на полоски, вытягивание с фибриллизацией (продольным расщеплением), термич. обработку и приемку на паковки.

Сформованная пленка разрезается на полоски шириной от 1 до 20 мм, подвергается вытягиванию в 4–10 раз, а также последующей термич. обработке под натяжением. Эти операции проводятся на тянущих вальцах при нагреве полосок (благодаря их контакту с нагретой пов-стью вальцов или при прохождении щелевой термокамеры между нагретыми плитами). На стадии термич. вытяжки происходит частичная или полная фибриллизация пленочных полосок.

Для облегчения фибриллизации пленочных полосок их обрабатывают перед вытягиванием игольчатым валиком, наносящим на пов-сть продольные царапины; применяют ложное (см. *Текстурированные нити*) или истинное кручение перед приемкой нитей на паковки; вводят в расплав полимера мелкодисперсные добавки, являющиеся центрами трещинообразования; формуют пленки из гетерогенных смесей несмешивающихся полимеров.



Продольная фибриллизация происходит вследствие возникновения на стадии вытягивания анизотропной надмолекулярной структуры, к-рая облегчает образование продольных трещин вследствие возникновения сдвиговых напряжений в местах дефектов или структурных неоднородностей.

Полученные нити и жгутики могут подвергаться заключит. обработке *текстильно-вспомогательными веществами*, после чего принимаются на раздельные пакетки с одновременным кручением или без него.

Кроме Ф. н., подобным путем м. б. получены также штапельные волокна. Для этого нити собирают в общий жгут, к-рый подвергают гофрировке и резке. Эти операции, а также упаковку осуществляют, как и при произ-ве др. видов штапельных волокон.

Элементарные нити и штапельные волокна, получаемые фибриллизацией пленок, имеют в поперечном сечении вид прямоугольников (иногда частично нарушенных или имеющих дугообразную форму) с толщиной, равной толщине пленки после вытягивания (15–35 мкм), и обладают большой полидисперсностью по поперечным размерам. Их линейная плотность колеблется от 0,8 до 8 текс.

Вследствие статистически случайного трещинообразования при фибриллизации, элементарные нити соединены друг с другом и образуют в комплексном волокне сетку; линейная плотность Ф. н. и жгутиков 100–3000 текс.

Мех. св-ва Ф. н. близки к таковым для техн. нитей из аналогичных полимеров; для нек-рых Ф. н. эти св-ва приведены в табл.

#### ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ФИБРИЛИРОВАННЫХ НИТЕЙ

Показатели	Виды нитей				
	полиэтиленовые высокой плотности	полиэтиленовые низкой плотности	полипропиленовые	поликапроамидные	полиэтилентерефталатные
Плотн., г/см <sup>3</sup>	0,95–0,96	0,91–0,93	0,91–0,92	1,13–1,14	1,38–1,39
Модуль деформации, МПа	3000–6000	1000–2000	2000–5000	3000–5000	4000–10000
Удлинение, %	15–25	35–40	35–60	40–55	20–30
Относит. прочность, сН/текс	35–60	20–30	35–60	40–55	40–50
Усадка в воде при 100 °С, %	4–8	30–40	2–5	5–10	4–7
Усадка на воздухе при 115 °С, %	3–7	—	1–3	—	—

В пром-сти Ф. н. производят гл. обр. из пленок, получаемых из полипропилена и полиэтилена высокой плотности (из-за их дешевизны).

Ф. н. используют в произ-ве канатно-веревочных изделий, упаковочного шпегата, рыболовных снастей, техн. и бытовых тканей (тарных, укрывочных, фильтровальных, мебельных и др.), вязанных сеток, нетканых материалов, основы ковров, ковровых изделий и линолеума, галантерейных и шляпных изделий, искусств. травяных покрытий и др.

Получение Ф. н. впервые начато в 1962–63 почти одновременно в США, Японии и Великобритании; их мировое произ-во превышает 1,5 млн. т в год (1991).

*Лит.*: Производство технических тканей из полиолефиновых пленочных нитей, М., 1983; Зверев М. П., Абдулхакова З. З., Волокнистые материалы из ориентированных полимерных пленок, М., 1985; Половихина Л. А. [и др.], «Химические волокна», 1989, № 1, с. 45–47.

К. Е. Перепелкин.

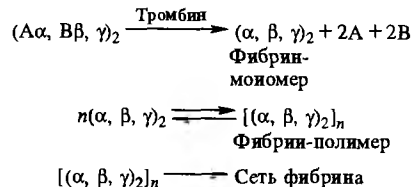
**ФИБРИН**, белок, образующийся из фибриногена под действием фермента *тромбина*; конечный продукт свертывания крови, структурная основа тромба.

Предшественник Ф. (фибриноген) – гликопротеин (мол. м. 340 тыс.), содержащий две одинаковые субъединицы,

каждая из к-рых состоит из трех разл. полипептидных цепей А $\alpha$  (мол. м. 67 тыс.), В $\beta$  (мол. м. 36 тыс.) и  $\gamma$  (47 тыс.); фла фибриногена (А $\alpha$ , В $\beta$ ,  $\gamma_2$  (А и В – N-концевые последовательности соотв.  $\alpha$ - и  $\beta$ -цепей, к-рые наз. фибринопептидами А и В).

В молекуле фибриногена находится 24 связи S—S, три из к-рых связывают 6 полипептидных цепей в N-концевых областях, формируя центральный, или E-домен. Два идентичных крайних D-домена включают S-концевые области  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -цепей (молекула имеет форму гантели).

Переход фибриногена в Ф. происходит по схеме:



Активация перехода фибриногена в Ф. происходит в E-домене, в N-концевых областях А $\alpha$ - и В $\beta$ -цепей. Она начинается с гидролиза тромбином пептидных связей, образованных Arg-15 и Gly-16 в  $\alpha$ -цепи (букв. обозначения см. в ст. *Аминокислоты*). При этом высвобождаются две молекулы фибринопептида А и формируются два участка полимеризации, к-рые спонтанно взаимодей. с комплементарными центрами полимеризации, расположенными в S-концевых областях D-доменов двух др. молекул. Нековалентное межмолекулярное взаимодействие между E- и D-доменами ведет к образованию двухнитчатого полимера.

След. этап активации – отщепление двух молекул фибринопептида В в результате гидролиза тромбином пептидной связи между остатками Arg-14 и Gly-15 в  $\beta$ -цепи, в результате чего формируются два дополнит. участка полимеризации в E-домене фибрин-мономера, комплементарных двум центрам в D-доменах. Скорость отщепления фибринопептидов В увеличивается в процессе полимеризации фибрин-мономеров. Растущие изначально только в длину протофибриллы Ф. начинают утолщаться и ветвиться. Фибриллы ассоциируются латерально, превращаясь в толстые, скрученные наподобие спирали волокна трехмерной сети фибринового сгустка.

Структура фибринового сгустка стабилизируется транспептидазой, или фактором XIIIa, к-рый в присут. Ca<sup>2+</sup> катализирует образование поперечных «сшивок» между антипараллельными  $\gamma$ -цепями путем образования ковалентных изопептидных связей между Gln-398 одной цепи и Lys-406 другой (в результате р-ции трансамидирования). В последующем образуются изопептидные связи между  $\alpha$ -цепями, в к-рых участвуют остатки Gln-328 и Lys-518, а также Gln-366 и Lys-584 с образованием  $\alpha$ - $\alpha$ -мультимеров, что обуславливает латеральный рост фибриновых волокон.

От структуры фибринового сгустка и степени его стабилизации зависят мех. св-ва сгустка, такие, как эластичность и прочность. Это важно для выполнения им гемостатич. ф-ций, поскольку он является основой гемостатич. тромба, препятствующего истечению крови из сосудов при нарушении их целостности при разл. рода повреждениях. Генетич. аномалии молекулы фибриногена и низкая концентрация фактора XIIIa в крови приводят к ненормальной полимеризации и образованию фибринового сгустка с нарушенными физ. св-вами, что ведет к ряду патологич. состояний, сопровождающихся кровоточивостью или тромботич. осложнениями у больных.

Ф. является также прир. субстратом *плазмина*, к-рый регулирует процесс фибринолиза, приводящий к растворению фибриновых сгустков и тромбов. Высокое сродство Ф. к предшественнику плазмина (плазминогену) и его тканевому активатору обеспечивает возможность образования плазмина непосредственно на пов-сти полимерного фибрина, или тромба.

*Лит.*: Овчинников Ю. А., Биоорганическая химия, М., 1987, с. 234–36; Медведь Л. В., Литвинович С. В., «Биохимия животных и человека», 1989, № 13, с. 18–27; Позднякова Т. М., там же, с. 27–36.

И. П. Баскова.

**ФИБРИНОГЕН**, см. *Фибрин*.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ГИДРОДИНАМИКА**, изучает механизм и количеств. закономерности процессов переноса в-ва, энергии и импульса через межфазную границу в гетерогенных системах, а также при хим. и фазовых превращениях на границе раздела фаз. Основными объектами исследования являются подвижные среды – жидкие, газообразные, псевдоожоженные – и их физико-хим. взаимодействия с ограничивающими твердыми стенками. Процессы переноса, изучаемые Ф.-х. г., протекают в газо-жидкостных хим. реакторах, ректификационных колоннах, абсорберах, скрубберах, отстойниках, кристаллизаторах, электролизерах и др., при сжигании топлива и теплообмене в энергетич. установках, при добыче и обогащении полезных ископаемых на предприятиях нефтяной, газовой и горноперерабатывающей пром-сти.

Первоначально Ф.-х. г. изучала тепло- и массоперенос при конвективном движении среды, сопровождающий прохождение электрич. тока в р-рах электролитов, абсорбцию и экстракцию при движении капель, пузырьков газа, твердых частиц и тонких жидких пленок; исследовалось также влияние ПАВ на волновое движение и массоперенос на пов-сти жидкости и т.п. В подобных системах вблизи межфазной границы образуется гидродинамич. пограничный слой  $\delta_0$ , скорость течения внутри к-рого постепенно меняется от скорости движения одной фазы ( $u_1$ ) до скорости движения др. фазы ( $u_2$ ). Толщина слоя  $\delta_0$  и картина течения внутри него помимо скорости  $u_1$  и  $u_2$  зависят от вязкости и плотности движущихся фаз, типа течения и др. характеристик контактирующих сред. Напр., вблизи неподвижной твердой стенки, обтекаемой потоком жидкости, внутри пограничного слоя скорость жидкости постепенно нарастает от нуля у твердой стенки до скорости потока  $u$ . Если в жидкости содержится к-л. активный компонент А, участвующий в гетерогенных превращениях или адсорбирующийся на твердой стенке, концентрация этого компонента меняется от значения  $C_A^*$  на стенке до  $C_A^*$  в потоке, что создает внутри жидкости диффузионный пограничный слой (толщина  $\delta_g$ ). Перенос компонента А в диффузионном слое  $\delta_g$  вблизи межфазной границы осуществляется путем конвективной диффузии в поле постепенно ускоряющейся жидкости. Расчет скорости массообмена в описанных условиях составляет одну из типичных задач Ф.-х. г.

Ф.-х. г. заменила феноменологич. теории, использовавшиеся для описания конвективной диффузии и теплопереноса в физ.-хим. системах, из к-рых была наиб. распространена «пленочная» теория (модель Нернста), принимавшая существование вблизи твердой стенки слоя  $\delta_g$  неподвижной жидкости. Успехи Ф.-х. г. связаны в первую очередь с последоват. применением представлений и расчетного аппарата гидродинамики, а также методов теоретич. физики к случаям конвективного тепло- и массопереноса.

Систему ур-ний Ф.-х. г. составляют ур-ния переноса в-ва, кол-ва движения и энергии, получаемые на основе баланса перечисленных величин внутри произвольно выбранного элементарного объема среды (см. также *Массообмен, Переноса процессы, Теплообмен*).

Задачи, решаемые Ф.-х. г., условно делят на внешние, внутренние и смешанные в зависимости от протяженности фазы, определяющей скорость процесса переноса, и толщины пограничного слоя вблизи межфазной границы, где происходит осн. изменение концентрации, т-ры или скорости движения среды. Напр., расчет массопереноса компонента А к одиночной капле, движущейся в потоке др. жидкости (экстракция), сводится к разл. задачам: если лимитирующей стадией является перенос компонента А в окружающем каплю потоке, говорят о внешней задаче. Напротив, если лимитирующей является конвективная диффузия внутри капли, а толщина слоя  $\delta_g$  м. б. соизмерима с радиусом капли  $r_0$ , задача становится внутренней. Наконец, если скорости переноса А снаружи и внутри капли соизмеримы, расчет массопереноса приводит к смешанной задаче. Внеш. задачи характерны для конвективного тепло- и массопереноса в потоках, обтекающих одиночные твердые тела, капли,

пузырьки газа или пара и т.п. Внутр. задачи возникают при расчете гидродинамич. сопротивления, тепло- и массопереноса внутри труб, каналов, пленок и т.д. Смешанные задачи типичны для процессов переноса в насадочных слоях, барботерах, фильтрах и пр., где существенно взаимное влияние элементов диспергированной фазы.

Для решения ур-ний конвективного переноса применяют стандартные методы мат. физики, спец. интегральные методы, методы теории размерностей и подобия. Последние особенно полезны для получения качеств. зависимостей, при *масштабном переходе*; разработаны численные методы (конечных разностей, граничных элементов и др.) и компьютерное моделирование.

Для получения количеств. соотношений, описывающих скорость процессов переноса вблизи межфазной границы, в Ф.-х. г. используют два подхода: 1) изучают т. наз. элементарный акт процесса, а затем проводят статистику, описание множества одновременно протекающих «элементарных актов» в макроскопич. системе; 2) вводят эффективные значения физико-хим. параметров системы, усредненных по всей макросистеме или по ее части, и решают ур-ния переноса для указанных эффективных параметров. При таком подходе оказывается необходимым ввести эффективные значения транспортных св-в среды (вязкости, коэф. диффузии и трения и др.). Выяснение связи эффективных значений с характеристиками и структурой среды составляет самостоят. задачу. Напр., при разработке аппаратуры для хим. реакторов и технол. процессов разделения (абсорбции, экстракции, ректификации и др.) широко используют результаты исследования переноса импульса и в-ва между потоком жидкости или газа и одиночными дисперсными включениями (твердыми, жидкими или газообразными). Напротив, при описании фильтрования, хим. превращений в насадочных и псевдоожоженных слоях, токообразования в пористых электродах и т.п. удобно применять эффективные значения скорости потока, гидравлич. сопротивления, вязкости, концентрации, электр. потенциала и др. параметров.

Полученные в результате расчетов значения скорости массо(тепло)переноса, т. е. локальное  $\beta_x$  или среднее  $\bar{\beta}$  значение коэф. массо(тепло)передачи на межфазной границе, обычно представляют в виде безразмерных величин – локального ( $Sh_x = \beta_x l / D$ ) или среднего ( $Sh = \bar{\beta} l / D$ ) значений числа Шервуда, где  $x$  и  $l$  соотв. текущее значение координаты на пов-сти и характерный линейный размер рассматриваемой системы,  $D$  – коэф. диффузии. В установившемся потоке вязкой жидкости величины  $Sh_x$  и  $Sh$  связаны с гидродинамич. параметрами потока (числом Рейнольдса  $Re$ ) и транспортными св-вами среды (числом Шмидта  $Sc$  или числом Прандтля  $Pr$ ) зависимостью степенного вида. Напр., в случае конвективной диффузии к пов-сти вращающегося диска (одной из классич. задач Ф.-х. г.) указанная зависимость имеет вид  $Sh = 0,62 Re^{0,5} Sc^{0,33}$ . При турбулентном режиме течения показатели степени меняются. Исследование зависимости  $Sh$  от  $Sc$  послужило важным методом изучения структуры турбулентного пограничного слоя и использовалось при расчете теплопередачи в жидкометаллич. теплоносителях. Представленная в виде безразмерных критериев скорость переноса удобна для сопоставления данных, полученных в разных условиях эксперимента. Критериальные зависимости используют при конструировании пром. аппаратов, при осуществлении масштабного перехода от лаб. к реальным установкам.

Ф.-х. г. изучает также нарушения устойчивости конвективного потока под влиянием тепло- и массопереноса, ускорение процессов обмена под влиянием вторичных потоков, интенсивный тепло- и массообмен на межфазной границе, процессы переноса в системах, где происходит контакт трех фаз (напр., в газовых диффузионных электродах).

Лит.: Левяч В. Г., Физико-химическая гидродинамика, 2 изд., М., 1959; Кафаров В. В., Основы массопереноса, 2 изд., М., 1972; Берд Р., Стьюарт В., Лайфрут Е., Явления переноса, пер. с англ., М., 1974; Фрагк-Камеяецкий Д. А., Диффузия и теплопередача в химической кинетике, 3 изд., М., 1987. В. Ю. Филиновский.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**, раздел коллоидной химии, изучающий мех. (реологич.) св-ва дисперсных систем и материалов, а также влияние среды на разрушение, деформацию и диспергирование твердых и жидких тел. Ф.-х. м. возникла в 30–40-х гг. 20 в. и оформилась как самостоят. научная дисциплина в 50-х гг. в осн. благодаря работам П. А. Ребиндера. В 1928 им был установлен эффект адсорбционного понижения прочности твердого тела, находящегося в напряженном состоянии вследствие обратимой адсорбции на его пов-сти частиц из окружающей среды (э ф ф е к т Р е б и н д е р а). Впоследствии было обнаружено, что поверхностными процессами, приводящими к эффекту Ребиндера, помимо адсорбции, м. б. смачивание (особенно твердых тел расплавами, близкими по мол. природе), электр. заряджение пов-сти, хим. р-ции. К проявлениям эффекта Ребиндера относят, помимо многократного снижения прочности, также хрупкое разрушение металлов в контакте с металлич. расплавом, растрескивание стекол, керамики и горных пород в присут. воды, разрушение твердых полимерных материалов под влиянием орг. р-рителей. Другая форма проявления эффекта Ребиндера – пластифицирующее действие среды на твердые материалы, напр. воды на гипс, орг. ПАВ на металлы.

Совр. Ф.-х. м. развивается на основе представлений об определяющей роли физико-хим. явлений на границе раздела фаз – смачивания, адсорбции, адгезии и др. – во всех процессах, обусловленных взаимодействием между частями дисперсной фазы, в т. ч. структурообразования (см. *Структурообразование* в дисперсных системах). Коагуляционные структуры, в к-рых взаимодейств. частиц ограничивается их соприкосновением через прослойку дисперсионной среды, определяют вязкость, пластичность, тиксотропное поведение жидких дисперсных систем, а также зависимость сопротивления сдвигу от скорости течения. Структуры с фазовыми контактами образуются в кристаллич. и аморфных твердых телах и дисперсных материалах при спекании, прессовании, изотермич. перегонке, а также при выделении новой высокодисперсной фазы в пересыщенных р-рах и расплавах, напр. в минер. связующих или полимерных материалах. Мех. характеристики таких тел – прочность, долговечность, износостойкость, упруго-пластич. св-ва и упруго-хрупкое разрушение – обусловлены силами сцепления в контактах, числом контактов (на  $1 \text{ см}^2$  пов-сти раздела фаз), типом контактов, дисперсностью системы и могут изменяться в широких пределах. Так, для глобулярной пористой монодисперсной структуры прочность материала может варьировать от  $10$  до  $10^6 \text{ Н/м}^2$ . Возможно образование иерархич. уровней дисперсной структуры: первичные частицы – их агрегаты – флокулы – структурированный осадок. Сплошные материалы, в частности металлы и сплавы, в рамках представлений Ф.-х. м. рассматриваются как предельный случай полного срастания зерен структуры с фазовыми контактами.

На основе изучения скорости структурообразования, типа возникающих контактов и их прочности Ф.-х. м. разрабатывает способы эффективного управления структурно-мех. св-вами материалов при оптим. сочетании состава среды и мех. воздействий. Установлено, что малые добавки ПАВ позволяют при правильном их выборе радикально изменять св-ва данной границы раздела фаз в нужном направлении, обеспечивая хорошее сцепление частиц либо, наоборот, ослабляя и преодолевая силы сцепления. Так, в лиофобных системах (стеклянные частицы в углеводородных средах, гидрофобизованные пов-сти в полярных жидкостях) свободная энергия в коагуляционных контактах достигает величин порядка  $10^{-6} \text{ Дж/см}^2$ , а в лиофильных системах (напр., гидрофобизованные слои ПАВ полярные частицы в углеводородной среде) – порядка  $10^{-9} \text{ Дж/см}^2$ .

Для Ф.-х. м. характерно всестороннее изучение структурно-реологич. характеристик материалов, в т. ч. в области неединичного поведения, при широком варьировании условий (напряженного состояния, т-ры, состава среды, пересыщенный и т. п.); непосредственное эксперим. изучение элементарных актов при контактных взаимодействиях; разнообразие мех. испытаний твердых тел и материалов в активных средах;

использование мат. моделирования и численных методов для изучения реологич. св-в и анализа влияния среды на мол. уровне.

В области практич. разработок Ф.-х. м. выделяют след. направления:

1) Получение материалов с заданной структурой и совокупностью мех. и физико-хим. характеристик; пл. обр. это полимерные материалы, керамика, катализаторы, сорбенты.

2) Применение методов диспергирования и управления реологич. св-вами среды в гетерогенных химико-технол. процессах, напр. при произ-ве бумаги, в текстильной и лакокрасочной пром-сти, при получении теста и кондитерских масс, при гидротранспорте высококонцентрир. дисперсных жидкостей, затворении цементного р-ра, подготовке асфальтобетон. формовочных земель, составлении композиций в порошковой металлургии, топливных композиций, закреплении грунтов.

3) Выяснение условий проявления эффекта Ребиндера для облегчения обработки металла резанием, бурения твердых горных пород (в частности, при проходке туннелей), измельчении руды перед обогащением, тонкого диспергирования цементного клинкера. Адсорбционно-активная среда может наносить и существ. вред, поэтому важно устанавливать вредное влияние среды и предотвращать снижение долговечности деталей машин и материалов в условиях эксплуатации.

4) Оптимизация контактных взаимодейств. при сцеплении пов-стей при обработке металлов давлением, в условиях граничного трения и износа узлов в машинах, механизмах и приборах, а также оптимизация смазочного действия, формования покрытий и др.

*Лит.:* Физико-химическая механика дисперсных структур, М., 1966; Успехи коллоидной химии, М., 1973; Ребиндер П. А., Избранные труды, т. 2, М., 1979; Шуккин Е. Д., Перцов А. В., Амелия Е. А., Коллоидная химия, М., 1982; Физико-химическая механика природных дисперсных систем, М., 1985; Успехи коллоидной химии, Таш., 1987; Поверхностные пленки воды в дисперсных структурах, М., 1988; Урьев Н. Б., Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов, М., 1988.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**, основаны на зависимости физ. св-в в-ва от его природы, причем аналит. сигнал представляет собой величину физ. св-ва, функционально связанную с концентрацией или массой определяемого компонента. Ф.-х. м. а. могут включать хим. превращения определяемого соед., растворение образца, концентрирование анализируемого компонента, маскирование мешающих в-в и др. В отличие от «классич.» химических методов анализа, где анализ. сигналом служит масса в-ва или его объем, в Ф.-х. м. а. в качестве анализ. сигнала используют интенсивность излучения, силу тока, электропроводность, разность потенциалов и др.

Важное практич. значение имеют методы, основанные на исследовании испускания и поглощения электромагн. излучения в разл. областях спектра. К ним относятся спектроскопия (напр., люминесцентный анализ, спектральный анализ), нефелометрия и турбидиметрия и др. К важным Ф.-х. м. а. принадлежат электрохим. методы, использующие измерение электрич. св-в в-ва (вольтамперметрия, кондуктометрия, кулонометрия, потенциометрия и т. д.), а также хроматография (напр., газовая хроматография, жидкостная хроматография, ионообменная хроматография, тонкослойная хроматография). Успешно развиваются методы, основанные на измерении скорости хим. р-ций (кинетические методы анализа), тепловых эффектов р-ций (термометрич. титрование, см. *Калориметрия*), а также на разделении ионов в магн. поле (*масс-спектрометрия*).

При выполнении Ф.-х. м. а. используют специальную, иногда довольно сложную, измерит. аппаратуру, в связи с чем эти методы часто наз. и н с т р у м е н т а л ь н ы м и. Многие совр. приборы оснащены встроенными ЭВМ, к-рые позволяют находить оптим. условия анализа (напр., спектральную область получения наиб. точных результатов при анализе смеси окрашенных в-в), выполнять расчеты и т. д.

Почти во всех Ф.-х. м. а. применяют два основных приема: методы прямых измерений и титрования. В прямых методах используют зависимость анализ. сигнала от природы

анализируемого в-ва и его концентрации. Зависимость сигнала от природы в-ва – основа качеств. анализа (потенциал полувольты в полярографии и т. д.). В нек-рых методах связь аналит. сигнала с природой в-ва установлена строго теоретически. Напр., спектр атома водорода м. б. рассчитан по теоретически выведенным ф-лам. В количеств. анализе используют зависимость интенсивности сигнала от концентрации в-ва. Чаще всего она имеет вид  $I = a + bc$  (ур-ние связи), где  $I$  – интенсивность сигнала (сила диффузионного тока в полярографии, оптич. плотность в спектрофотометрии и т. д.),  $c$  – концентрация,  $a$  и  $b$  – постоянные, причем во мн. случаях  $a = 0$  (спектрофотометрия, полярография и др.). В ряде Ф.-х. м. а. ур-ние связи установлено теоретически, напр. закон Бугера–Ламберта–Бера (фотометрический анализ), ур-ние Ильковича (вольтамперометрия).

Численные значения констант в ур-нии связи определяют экспериментально с помощью стандартных образцов, стандартных р-ров и т. д. Только в кулонометрии, основанной на законе Фарадея, не требуется определение констант.

Наиб. распространение в практике получили след. методы определения констант ур-ния связи или, что то же самое, методы количеств. анализа с помощью физ.-хим. измерений:

1) Метод градуировочного графика. Измеряют интенсивность аналит. сигнала у неск. стандартных образцов или стандартных р-ров и строят градуировочный график в координатах  $I = f(c)$  или  $I = f(\lg c)$ , где  $c$  – концентрация компонента в стандартном р-ре или стандартном образце. В тех же условиях измеряют интенсивность сигнала у анализируемой пробы и по градуировочному графику находят концентрацию.

2) Метод молярного св-ва применяют в тех случаях, когда ур-ние связи  $I = bc$  соблюдается достаточно строго. Измеряют аналит. сигнал у неск. стандартных образцов или р-ров и рассчитывают  $b = I_{\text{ст}}/c_{\text{ст}}$ ; если  $c_{\text{ст}}$  измеряется в моль/л, то  $b$  – молярное св-во. В тех же условиях измеряют интенсивность сигнала у анализируемой пробы  $I_x$  и по соотношению  $c_x = I_x/b$  или  $c_x = c_{\text{ст}} I_x/I_{\text{ст}}$  рассчитывают концентрацию.

3) Метод добавок. Измеряют интенсивность аналит. сигнала пробы  $I_x$ , а затем интенсивность сигнала пробы с известной добавкой стандартного р-ра  $I_{x+\text{ст}}$ . Концентрацию в-ва в пробе рассчитывают по соотношению  $c_x = c_{\text{ст}} I_x / (I_{x+\text{ст}} - I_x)$ .

Методы титрования. Измеряют интенсивность аналит. сигнала  $I$  в зависимости от объема  $V$  добавленного титранта. По кривой титрования  $I = f(V)$  находят точку эквивалентности и рассчитывают результат по обычным ф-лам титриметрич. анализа (см. Титриметрия).

Ф.-х. м. а. часто используют при определении низких содержаний (порядка  $10^{-3}\%$  и менее), где классич. хим. методы анализа обычно неприменимы. В области средних и высоких концентраций хим. и Ф.-х. м. а. успешно конкурируют между собой, взаимно дополняя друг друга. Ф.-х. м. а. развиваются в направлении поиска новых хим.-аналит. св-в в-ва, увеличения точности анализа, конструирования новых прецизионных аналит. приборов, совершенствования, существующих методик и автоматизации анализа. Интенсивно развивается в последнее время *протоочно-инжекционный анализ* – один из наиб. универсальных вариантов автоматизир. анализа, основанный на дискретном введении микрообъемов анализируемого р-ра в поток жидкого носителя с реагентом и последующего детектирования смеси тем или иным физ.-хим. методом.

Деление аналит. методов на физ., хим. и физ.-хим. весьма условно. Часто к Ф.-х. м. а. относят, напр., ядерно-физ. методы. В последнее время наметилась тенденция делить методы анализа на хим., физ. и биол.- вовсе без физ.-химических.

Лит.: Практикум по физико-химическим методам анализа, под ред. О. М. Петрухня, М., 1986; Физико-химические методы анализа, под ред. В. Б. Алексеевского, Л., 1988; Васильев В. П., Аналитическая химия, ч. 2. Физико-химические методы анализа, М., 1989; Юнг Г. Г., Инструментальные методы химического анализа, пер. с англ., М., 1989; Плятинский А. Т., Плятинский И. В., Аналитическая химия, М., 1990; Дорохова Е. Н., Прохорова Г. В., Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа, М., 1991; Золотов Ю. А., Аналитическая химия: проблемы и достижения, М., 1992. В. П. Васильев.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**, изучает зависимости между составом и св-вами макроскопич. систем, составленных из неск. исходных в-в (компонентов). Для Ф.-х. а. характерно представление этих зависимостей графически, в виде *диаграмм состав–свойств*; применяют также таблицы числовых данных и аналит. записи. Т. к. св-ва системы зависят не только от ее состава, но и от др. факторов, определяющих состояние системы, – давления, т-ры, степени дисперсности, напряженности гравитацион. и электромагн. полей, а также времени наблюдения, – то в общей форме говорят о диаграммах фактор равновесия – св-во, или о физ.-хим. (химических) диаграммах. На этих диаграммах все хим. процессы, происходящие в системах при изменении к.-л. фактора равновесия, как то – образование и распад хим. соед., появление и исчезновение твердых и (или) жидких р-ров и т. п., выражаются как геом. изменение комплекса линий, пов-стей и точек, к-рый образует диаграмму. Поэтому анализ геометрии диаграмм позволяет делать заключения о соответственных процессах в системе.

Два осн. принципа Ф.-х. а. были сформулированы Н. С. Курнаковым. Согласно принципу соответствия, каждой совокупности фаз, находящихся в данной системе в равновесии в соответствии с *фаз правилом*, на диаграмме отвечает определенный геом. образ. На основании этого принципа Н. С. Курнаков определил Ф.-х. а. как геом. метод исследования хим. превращений.

Второй осн. принцип Ф.-х. а., наз. принципом непрерывности, формулируется след. образом: при непрерывном изменении параметров, определяющих состояние системы, св-ва отдельных ее фаз изменяются непрерывно. Св-ва же системы в целом изменяются также непрерывно, но при условии, что не возникают новые фазы и не исчезают старые; если же число фаз меняется, то изменяются и св-ва системы, причем, как правило, скачкообразно.

Третий принцип Ф.-х. а. был предложен Я. Г. Горощенко. Он утверждает, что любой набор компонентов, независимо от их числа и физ.-хим. св-в, может составить систему (принцип совместности). Из него следует, что диаграмма любой системы содержит все элементы частных систем (подсистем), из к-рых она составлена. В общей системе элементы трансляции частных систем совмещаются с геом. образами на хим. диаграмме, возникающими как отображение процессов, протекающих с участием всех компонентов общей системы.

Одним из осн. направлений теории Ф.-х. а. является изучение топологии хим. диаграммы. Преимущество Ф.-х. а. как метода исследования заключается в том, что он не требует выделения продукта хим. взаимодействия компонентов из реакционной смеси, вследствие чего метод позволяет исследовать хим. превращения в р-рах, сплавах (особенно металлических), стеклах и т. п. объектах, к-рые практически невозможно исследовать с применением классич. препаративно-синтетич. методов. Широкое использование Ф.-х. а. получил при исследовании комплексобразования в р-рах с целью выяснения состава и определения устойчивости хим. соединений. График состав – св-во имеет обычно один экстремум, как правило, максимум. В простых случаях максимум соответствует молярному отношению компонентов системы, представляющему стехиометрию комплексного соед. В общем случае точки экстремумов на кривых (или пов-стях) св-в, а также точки перегибов не отвечают составу образующихся в системе хим. соед., но в пределе, когда степень диссоциации хим. соед. равна нулю, непрерывная кривая зависимости св-ва от состава распадается на две ветви, пересекающиеся в сингулярной точке, абсцисса к-рой отвечает составу хим. соединения.

Диаграммы состав – св-во лежат в основе аналит. методов (колориметрия, потенциометрия и др.). Для использования к.-л. св-ва в аналит. целях желательно, чтобы существовала аддитивная зависимость значений этого св-ва от состава. Поэтому важное значение уделяется рациональному выбору св-ва (в частности, прямого или обратного, напр. электропроводности или электропротивления), а также выбору способа выражения концентрации компонентов системы (массо-

вые, молярные, объемные, эквивалентные доли или проценты). В совр. Ф.-х. а. число используемых св-в системы составляет много десятков. В принципе можно применять любое св-во, к-рое м. б. измерено или вычислено. Напр., при решении теоретич. вопросов, в частности при выводе разл. типов диаграмм, используют к.-л. термодинамич. потенциал, к-рый не м. б. измерен непосредственно. При выборе св-ва необходимо учитывать как возможную точность определения его значений, так и его чувствительность к происходящим в системе хим. превращениям. Напр., плотность в-ва м. б. определена с большой точностью, но она малочувствительна к образованию хим. соед., тогда как твердость чутко реагирует на хим. взаимод. в системе, однако мала точность ее определения. Для Ф.-х. а. характерно параллельное исследование и сопоставление результатов определения неск. св-в, напр. электропроводности, твердости.

Среди хим. диаграмм особое место занимают диаграммы плавления (плавкости), диаграммы р-римости, диаграммы давления пара, к-рые являются вариантами *диаграммы состояния*. На таких диаграммах любая точка, независимо от того, находится она на к.-л. линии или пов-сти диаграммы или нет, описывает состояние системы. Диаграмма состояния есть основа диаграммы любого св-ва, т. к. значение каждого из св-в системы зависит в общем случае и от состава, и от т-ры, и от давления, т. е. от всех факторов равновесия, соотношение между к-рыми дает диаграмма состояния. Все шире исследуют и используют на практике диаграммы, показывающие зависимость состояния системы одновременно от двух важнейших факторов равновесия – давления и т-ры. Эти диаграммы обозначают как *p-T-x*-диаграммы (*x* – молярная доля компонента). Даже для двойной системы построение *p-T-x*-диаграммы требует использования пространств. системы координат, поэтому диаграмма состав – св-во для двойных и более сложных систем строятся и исследуются, как правило, при постоянных давлениях, т-ре, др. внеш. факторах. Сложность построения хим. диаграмм потребовала развития соответствующих методов графич. изображения.

Ф.-х. а. способствовал решению мн. теоретич. проблем химии, в частности, созданию теории строения хим. соед. переменного состава (см. *Нестехиометрия*). Ф.-х. а. является основой создания новых и модифицирования известных материалов – сплавов, полупроводников, стекол, керамики и т. д. путем, напр., *легирования*. На Ф.-х. а. и физ.-хим. диаграммах базируются многие технол. процессы, связанные, в частности, с кристаллизацией, ректификацией, экстракцией и т. п., т. е. с разделением фаз. Подобные диаграммы указывают, в частности, на условия выделения соед., выращивания монокристаллов. Т. наз. метод остаточных концентраций позволяет исследовать р-ции осаждения хим. соед. в результате взаимод. в р-рах. По этому методу состав твердых фаз – продуктов р-ции – определяется разностью между содержанием реагирующих компонентов в ряду исходных смесей и в соответствующих равновесных р-рах по окончании взаимод. При этом строится диаграмма зависимости равновесных концентраций реагирующих компонентов в р-ре от отношения между ними в исходных смесях. Параллельно обычно изменяют рН, электропроводность р-ров, поглощение света суспензий, др. св-ва.

В классич. Ф.-х. а. системы исследовались только в равновесном состоянии. Приближение к равновесию часто требует большого времени либо вообще трудно достижимо, поэтому для практич. использования метода необходимо изучение систем в неравновесном состоянии, в частности в процессе приближения к равновесию. Строго говоря, неравновесными считаются системы, в к-рых участвуют метастабильные модификации в-в, способные существовать сколь угодно продолжительное время. Техн. применение материалов в неравновесном состоянии, напр. стеклообразных металлич. сплавов, композиционных материалов, стеклообразных полупроводников, привело к необходимости изучения диаграмм состав – св-во для заведомо неравновесных систем.

Ф.-х. а. оказался плодотворным для исследования и синтеза новых соед. в результате необратимых р-ций в неравновесных

системах. Исследование систем в процессе перехода в равновесное состояние позволяет установить существование не только конечных продуктов р-ции, но и промежут. в-в, а также образующихся нестойких в-в. Кинетич. фактор, т. е. скорость превращения (скорость приближения к равновесию), теперь рассматривается на равных правах с др. критериями и др. св-вами. На св-ва системы существенное влияние оказывает ее дисперсность – мол.-дисперсное распределение компонентов (субмикроскопич. состояние), состояние коллоидного раствора и т. д., вплоть до монокристаллич. состояния. Диаграммы состав – структура – степень дисперсности – св-во определяют особенности совр. изучения в Ф.-х. а.

Развитие ЭВМ привело к тому, что в Ф.-х. а. значительно усилилась роль аналит. формы выражения зависимости св-в системы от ее состава. Это облегчает хранение информации (совр. компьютерные системы позволяют собирать и хранить справочный материал по хим. диаграммам и в графич. виде) и, в особенности, мат. обработку результатов, к-рая прежде применялась в осн. лишь при исследовании комплексобразования в р-рах. В известной мере использование совр. вычислит. техники позволяет преодолеть ограниченность Ф.-х. а., заключающуюся в том, что он устанавливает, какие именно хим. превращения имеют место в системе, но не дает ответа на вопросы, связанные с причиной и механизмом этих превращений. Расчетные методы позволяют извлекать дополнит. информацию из хим. диаграмм, напр. определять степень диссоциации хим. соед. в расплаве на основании анализа кривизны линии ликвидуса для двойных систем или изменение свободной энергии системы при обмене солей, исходя из формы изотерм пов-сти ликвидуса для тройных взаимных систем. Привлечение разл. теорий твердого тела, моделей жидкости и состояний газовых смесей, наряду с обобщением эксперим. данных, позволяет получать физ.-хим. диаграммы (или их элементы) расчетным путем.

**Исторический очерк.** Осн. идея Ф.-х. а. была высказана М.В. Ломоносовым (1752), первые попытки установить образование в системе хим. соед., исходя из зависимости ее св-в от состава, относятся к нач. 19 в. В сер. 19 в. работами П.П. Аносова (1831), Г.К. Сорби (1864), Д.К. Чернова (1869) были заложены основы металловедения; Д.И. Менделеевым впервые был проведен геом. анализ диаграмм состав – св-во на примере изучения гидратов серной к-ты. К этому же периоду относятся работы В.Ф. Алексеева о взаимной р-рности жидкостей, Д.П. Коновалова – об упругости пара р-ров (см. *Коновалова законы*), И.Ф. Шредера – о температурной зависимости р-римости (см. *Растворимость*). На рубеже 19–20 вв. в связи с потребностями техники началось бурное развитие Ф.-х. а. (А. Ле Шателье, Я. Вант Гофф, Ф. Осмонд, У. Робертс-Остен, Я. Ван Лаар и др.). Основополагающие теоретич. и эксперим. работы совр. Ф.-х. а. принадлежат Н.С. Курнакову. Им были объединены в одно направление изучение сплавов и однородных р-ров и предложен термин «Ф.-х. а.» (1913). Исследования комплексобразования в р-рах с работами И.И. Остромысленского (1911), П. Жоба (1928) и разработкой методов определения состава хим. соед. и констант их устойчивости по данным измерений разл. физ. св-в р-ров.

**Лит.:** Курнаков Н.С., Введение в физико-химический анализ, 4 изд., М.-Л., 1940; Аносов В.Я., Погодин С.А., Основы начала физико-химического анализа, М.-Л., 1947; Соловьев Ю.И., Очерки истории физико-химического анализа, М., 1955; Бабко А.К., Физико-химический анализ комплексных соединений в растворах, К., 1955; Михеева В.И., Метод физико-химического анализа в неорганическом синтезе, М., 1975; Аносов В.Я., Озерова М.И., Фалалко Ю.Я., Основы физико-химического анализа, М., 1976; Горощенко Я.Г., Физико-химический анализ гомогенных и гетерогенных систем, К., 1978; Червогоренко В.Б., Прядко Л.Ф., «Ж. неорг. химия», 1982, т. 27, № 6, с. 1527–30; Глазов В.М., «Изв. АН СССР. Сер. неорг. матерьялы», 1984, т. 20, № 6, с. 925–36; Федоров П.И., Федоров П.П., Дробот Д.В., Физико-химический анализ безводных солевых систем, М., 1987.

*П.И. Федоров*

**ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**, наука об общих законах, определяющих строение и хим. превращения в-в при разл. внеш. условиях. Исследует хим. явления с помощью теоретич. и эксперим. методов физики.

Как самостоят. наука Ф. х. оформилась к сер. 18 в. Термин «Ф. х.» принадлежит М.В. Ломоносову, к-рый в 1752 впервые прочитал студентам Петербургского университета курс Ф. х. Ему же принадлежит след. определение: «Физическая химия есть наука, объясняющая на основе положений и опытов физики то, что происходит в смешанных телах при химических операциях». Первый научный журнал, предназначенный для публикации статей по Ф. х., был основан в 1887 В. Оствальдом и Я. Вант-Гоффом.

Ф. х. является основным теоретич. фундаментом совр. химии, опирающимся на такие важнейшие разделы физики, как квантовая механика, статистич. физика и термодинамика, нелинейная динамика, теория поля и др. Она включает учение о строении в-ва, в т.ч. о строении молекул, *химическую термодинамику*, *кинетику химическую* и *катализ*. В качестве отдельных разделов в Ф. х. часто выделяют также *электрохимию*, *фотохимию*, Ф. х. *поверхностных явлений* (в т.ч. *адсорбцию*), *радиационную химию*, учение о *коррозии металлов*, физико-химию высокомолекул. соед. и др. Весьма близко примыкают к Ф. х. и подчас рассматриваются как ее самостоят. разделы *коллоидная химия*, *физико-химический анализ* и *квантовая химия*. Большинство разделов Ф. х. имеет достаточно четкие границы по объектам и методам исследования, по методологич. особенностям и используемому аппарату.

Совр. этапу развития Ф. х. присущи углубленный анализ общих закономерностей хим. превращений на мол. уровне, широкое использование мат. моделирования, расширение диапазона внеш. воздействий на хим. систему (высокие и криогенные т-ры, высокие давления, сильные радиац. и магн. воздействия), изучение сверхбыстрых процессов, способов накопления энергии в хим. в-вах и т.п.

Применение квантовой теории, прежде всего квантовой механики, при объяснении хим. явлений повлекло за собой значит. усиление внимания к уровню интерпретации и привело к выделению двух направлений в химии. Направление, опирающееся на квантовомех. теорию и оперирующее на микропоп-ции, уровне объяснения явлений, часто называют хим. физикой, а направление, оперирующее с ансамблями большого числа частиц, где в силу вступают статистич. законы, — Ф. х. При таком подразделении граница между Ф. х. и хим. физикой не м.б. проведена резко, что особенно проявляется в теории скоростей хим. р-ций.

Учение о строении в-ва и строении молекул обобщает обширный эксперим. материал, полученный при использовании таких физ. методов, как молекулярная спектроскопия, изучающая взаимод. электромагн. излучения с в-вом в разл. диапазонах длин волн, фото- и рентгеноэлектронная спектроскопия, электронография, нейтронография и рентгенодифракционные методы, методы на основе магнитооптич. эффектов и др. Эти методы позволяют получать структурные данные об электронной конфигурации молекул, о равновесных положениях и амплитудах колебаний ядер в молекулах и конденсир. в-ве, о системе энергетич. уровней молекул и переходах между ними, об изменении геом. конфигурации при изменении окружения молекулы или отдельных ее фрагментов и т.д.

Наряду с задачей соотнесения свойств в-в с их строением совр. Ф. х. активно занимается и обратной задачей прогнозирования строения соединением с заданными св-вами.

Весьма важным источником информации о строении молекул, их характеристиках в разл. состояниях и особенностях хим. превращений служат результаты квантовохим. расчетов. Квантовая химия дает систему понятий и предсказаний, к-рая используется в Ф. х. при рассмотрении поведения хим. соединений на мол. уровне и при установлении корреляций между характеристиками молекул, образующих в-во, и св-вами этого в-ва. Благодаря результатам квантовохим. расчетов пов-стей потенциальной энергии хим. систем в разл. квантовых состояниях и эксперим. возможностям последних лет, прежде всего развитию *лазерной химии*, Ф. х. вплотную подошла к всестороннему изучению св-в соед. в возбужденных и высоковозбужденных состояниях, к анализу особенностей строения соед. в таких состояниях и специфики проявления этих особенностей в динамике хим. превращений.

**Химическая термодинамика** составляет существенную часть Ф. х. и в значит. мере определяет ее структуру и развитие. Многие выдающиеся ученые 2-й пол. 19 — нач. 20 вв. участвовали в разработке осн. принципов и решений прикладных задач термодинамики, в частности в приложении к задачам Ф. х., находившейся тогда в периоде становления. Н. Карно, Р. Клаузиус, Г.И. Гесс, Д.П. Коновалов, Г. Гельмгольц, Я. Вант-Гофф, Ф. Рауль, Дж. Гиббс, А. Ле Шателье, В. Оствальд, В. Нерст и мн. другие сформулировали законы, принципы, правила и ур-ния, к-рые и по сей день сохраняют свое непреходящее значение.

Будучи наукой феноменологической, термодинамика играет в Ф. х. двоякую роль. Она позволяет, с одной стороны, на основе общих принципов разделить все мыслимые процессы в хим. системах на возможные и невозможные и дает ясные критерии такого разделения. С другой стороны, термодинамика позволяет получать соотношения, в к-рые входят измеряемые на опыте величины, и с помощью этих соотношений рассчитывать важные характеристики исследуемых систем, а также предсказывать, какие из соед. будут наиб. перспективными для решения конкретных прикладных задач в тех или иных условиях. Важное направление хим. термодинамики — количеств. расчеты равновесного состава сложных многокомпонентных систем (напр., высокотемпературных сверхпроводников), расчеты диаграмм фазового равновесия, многопараметрич. оценка перспективных топлив и др. энергоносителей и т.п.

Рабочим инструментом хим. термодинамики являются характеристики ф-ции (внутр. энергия, энтропия, энтальпия, энергия Гиббса и энергия Гельмгольца; см. также *Термодинамические потенциалы*) и ур-ния, связывающие их друг с другом и с параметрами, определяющими внеш. условия, в к-рых находится система. Как правило, они получаются на основе эксперим. исследования св-в в-в разл. термодинамич. методами, такими, как калориметрия, метод электродвижущих сил. С помощью характеристич. ф-ций формулируются условия равновесия и устойчивости систем, определяются количеств. характеристики равновесных состояний и направления осуществления хим. процессов.

Классич. термодинамика дополняется таким важным разделом науки, как *статистическая термодинамика*. Этот раздел не только дает обоснование феноменологич. термодинамики на мол.-статистич. уровне, но и существенно расширяет ее вычислит. возможности, позволяя привлекать для нахождения термодинамич. величин эксперим. и квантовохим. данные о строении и энергетике мол. систем.

Отдельным разделом Ф. х., базирующимся на хим. термодинамике, является учение о поверхностных явлениях и адсорбции, обобщающее данные о св-вах межфазных границ и равновесных процессах в гетерогенных системах. Поверхностные явления составляют и предмет коллоидной химии, к-рая имеет дело прежде всего с проявлениями поверхностных явлений у дисперсных систем.

Для адсорбции флюид (газ или жидкость) — твердое тело обычно проводится достаточно условное разделение на физ. адсорбцию и *хемосорбцию*. В основе такого разделения лежат эксперим. данные об энергетич. характеристиках адсорбции и представления о характере взаимод. молекул адсорбируемого в-ва с твердым телом.

Ограничением обычной термодинамики является то, что она позволяет описывать только равновесные состояния и обратимые процессы. Реальные необратимые процессы составляют предмет возникшей в 30-е гг. 20 в. *термодинамики необратимых процессов*. Эта область Ф. х. изучает неравновесные макроскопич. системы, в к-рых скорость возникновения энтропии локально сохраняется постоянной (такие системы локально близки к равновесным). Она позволяет рассматривать системы с хим. р-циями и переносом массы (диффузией), тепла, электрч. зарядов и т.п.

**Химическая кинетика** изучает превращения хим. в-в во времени, т.е. скорости хим. р-ций, механизмы этих превращений, а также зависимость хим. процесса от условий его осуществления. Она устанавливает закономерности измене-



ния состава превращающейся системы во времени, выявляет связь между скоростью хим. р-ции и внешними условиями, а также изучает факторы, влияющие на скорость и направление хим. р-ций.

Большинство хим. р-ций представляет собой сложные многостадийные процессы, состоящие из отдельных элементарных актов хим. превращения, транспорта реагентов и переноса энергии. Теоретич. хим. кинетика включает изучение механизмов элементарных р-ций и проводит расчет констант скоростей таких процессов на основе идей и аппарата классич. механики и квантовой теории, занимается построением моделей сложных хим. процессов, устанавливает связь между строением хим. соединений и их реакц. способностью. Выявление кинетич. закономерностей для сложных р-ций (формальная кинетика) базируется часто на мат. моделировании и позволяет осуществлять проверку гипотез о механизмах сложных р-ций, а также устанавливать систему дифференц. ур-ний, описывающих результаты осуществления процесса при разл. внеш. условиях.

Для хим. кинетики характерно использование многих физ. методов исследования, позволяющих проводить локальные возбуждения реагирующих молекул, изучать быстрые (вплоть до фемтосекундных) превращения, автоматизировать регистрацию кинетич. данных с одновременной обработкой их на ЭВМ и т. п. Интенсивно накапливается кинетич. информация через банки кинетич. констант, в т. ч. для хим. р-ций в экстремальных условиях.

Весьма важным разделом Ф. х., тесно связанным с хим. кинетикой, является учение о катализе, т. е. об изменении скорости и направления хим. р-ции при воздействии в-в (катализаторов), участвующих в р-ции, но остающихся химически неизменными после каждого цикла превращений и поэтому не входящих в состав конечных продуктов. При гомогенном катализе катализатор и реагирующие в-ва находятся в одной фазе в мол.-дисперсном состоянии, тогда как при гетерогенном катализе катализатор образует самостоятельную фазу, отделенную границей раздела от фазы, в к-рой находятся реагирующие в-ва. Наличие границы раздела фаз в гетерогенном катализе означает его зависимость от физ. состояния пов-сти катализатора и его изменений в ходе р-ции. В качестве самостоят. типа рассматривают микрогетерогенный катализ, напр. ферментативный катализ и мембранный катализ, играющие особенно важную роль в биол. процессах. Быстро развивается металлокомплексный катализ, характеризующийся весьма высокой селективностью и мягкими условиями осуществления р-ций.

Учение о катализе очень важно для решения прикладных вопросов хим. технологий, поскольку подавляющее большинство хим. процессов, осуществляемых в пром-сти, является каталитическими. Оно не менее важно для понимания большинства биол. процессов на мол. уровне. Многие стереоселективные р-ции, в частности р-ции получения практически только одного оптич. изомера, проводятся сегодня с помощью металлокомплексов, находящихся в той же фазе, где проходит хим. р-ция, или иммобилизованных на пов-сти твердых тел.

Катализ играет решающую роль в защите окружающей среды от токсичных компонентов выхлопных газов автотранспорта и стационарных энергетич. установок. Разрабатываются каталитич. способы устранения нежелательных антропогенных изменений состава атмосферы, а также водных бассейнов.

Лит.: Пригожин И., Введение в термодинамику необратимых процессов, пер. с англ., М., 1960; Пригожин И., Дефэн Р., Химическая термодинамика, пер. с англ., Новосиб., 1966; Даниэльс Ф., Олберти Р., Физическая химия, пер. с англ., М., 1978; Николс Г., Пригожин И., Самоорганизация в неравновесных системах, пер. с англ., М., 1979; Эткинс П., Физическая химия, пер. с англ., т. 1-2, М., 1980; Розовский А.Я., Гетерогенные химические реакции, М., 1980; Смирнова Н.А., Методы статистической термодинамики в физической химии, 2 изд., М., 1982; Эйринг Г., Ли С.Г., Ли С.М., Основы химической кинетики, пер. с англ., М., 1883; Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г., Курс химической кинетики, 4 изд., М., 1984; Воронин Г.Ф., Основы термодинамики, М., 1987; Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Электрохимия, М., 1987; Стромберг А.Г., Семченко Д.П., Физическая химия, 2 изд., М., 1988; Полторах О.М., Термодинамика в физической химии, М., 1991.

В.М. Грязнов, В.В. Громов, Н.Ф. Степанов.

**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**, основаны на измерении эффекта, вызванного взаимодей. с в-вом излучения – потока квантов или частиц. Излучение играет примерно ту же роль, что играет реактив в химических методах анализа. Измеряемый физ. эффект представляет собой сигнал. В результате неск. или мн. измерений величины сигнала и их статистич. обработки получают аналит. сигнал. Он связан с концентрацией или массой определяемых компонентов.

Исходя из характера используемого излучения, Ф. м. а. можно разделить на три группы: 1) методы, использующие первичное излучение, поглощаемое образцом; 2) применяющие первичное излучение, рассеиваемое образцом; 3) использующие вторичное излучение, испускаемое образцом. К примеру, масс-спектрометрия относится к третьей группе – первичным излучением здесь служит поток электронов, квантов света, первичных ионов или др. частиц, а вторичное излучение представляет собой ионы разл. масс и зарядов.

С точки зрения практич. применения чаще используют др. классификацию Ф. м. а.: 1) спектроскопич. методы анализа – атомно-эмиссионная, атомно-абсорбционная, атомно-флуоресцентная спектрометрия и др. (см., напр., Атомно-абсорбционный анализ, Атомно-флуоресцентный анализ, Инфракрасная спектрометрия, Ультрафиолетовая спектрометрия, рентгеновская спектрометрия, в т. ч. рентгено-флуоресцентный метод и рентгеноспектральный микроанализ, масс-спектрометрия, электронный парамагнитный резонанс и ядерный магнитный резонанс, электронная спектрометрия; 2) ядерно-физ. и радиохим. методы – радиоактивационный анализ (см. Активационный анализ), ядерная гамма-резонансная, или мессбауэровская спектрометрия, изотопного разбавления метод; 3) прочие методы, напр. рентгеновская дифрактометрия (см. Дифракционные методы), и др.

Достоинства физ. методов: простота пробоподготовки (в большинстве случаев) и качественного анализа проб, большая универсальность по сравнению с хим. и физ.-хим. методами (в т. ч. возможность анализа многокомпонентных смесей), широкий динамич. диапазон (т. е. возможность определения основных, примесных и следовых составляющих), часто низкие пределы обнаружения как по концентрации (до  $10^{-8}\%$  без использования концентрирования), так и по массе ( $10^{-10}$  –  $10^{-20}$  г), что позволяет расходовать предельно малые кол-ва пробы, а иногда проводить неразрушающий анализ. Многие Ф. м. а. позволяют выполнять как валовый, так и локальный и последний анализ с пространств. разрешением вплоть до молекул уровня. Ф. м. а. удобны для автоматизации.

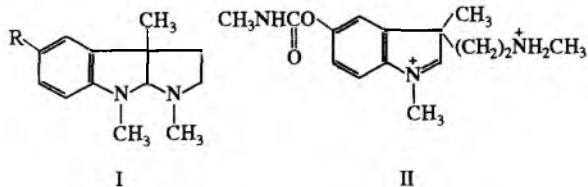
Использование достижений физики в аналит. химии приводит к созданию новых методов анализа. Так, в кон. 80-х гг. появились масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, ядерный микрозонд (метод, основанный на регистрации рентгеновского излучения, возбужденного при бомбардировке исследуемого образца пучком ускоренных ионов, обычно протонов). Расширяются области применения Ф. м. а. природн. объектов и техн. материалов. Новый толчок их развитию даст переход от разработки теоретич. основ отдельных методов к созданию общей теории Ф. м. а. Цель таких исследований – выявление физ. факторов, обеспечивающих все связи в процессе анализа. Нахождение точной взаимосвязи аналит. сигнала с содержанием определяемого компонента открывает путь к созданию «абсолютных» методов анализа, не требующих образцов сравнения. Создание общей теории облегчит сопоставление Ф. м. а. между собой, правильный выбор метода для решения конкретных аналит. задач, оптимизацию условий анализа.

Лит.: Данцер К., Тан Э., Мольх Д., Аналитика. Систематический обзор, пер. с нем., М., 1981; Юинг Г., Инструментальные методы химического анализа, пер. с англ., М., 1989; Рамсендик Г.И., Шншлов В.В., «Ж. аналит. химии», 1990, т. 45, № 2, с. 237-48; Золотов Ю.А., Аналитическая химия: проблемы и достижения, М., 1992.

Г.И. Рамсендик.

**ФИЗОСТИГМИН** (эзерин; ф-ла I,  $R = OC(O)NHCH_3$ ), мол. м. 275,36; алкалоид, содержащийся в калабарских бобах – физостигме (*Physostigma venenosum*) семейства бобовых (*Leguminosae*). Образует бесцв. кристаллы в двух формах: с т. пл. 86–87 °С и более устойчивой – с т. пл. 106–107 °С и

$[\alpha]_D -82^\circ$  (CHCl<sub>3</sub>),  $-120^\circ$  (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>); хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире и хлороформе, плохо – в воде. Ф. – третичное основание, образует кристаллич. соли: салицилат, т. пл. 186–187 °С; сульфат, т. пл. 145 °С, пикрат, т. пл. 118 °С; гидробромид, т. пл. 224–226 °С; бензоат, т. пл. 115–116 °С. Ф. и его соли (особенно в р-рах) неустойчивы в обычных условиях, под действием света Ф. превращается в дезоксиэзеролин (I; R = H). В результате гидролиза Ф. получаются метиламин, СО<sub>2</sub> и эзеролин (I; R = OH). При взаимодействии последнего с метилизоцианатом регенерируется физостигмин. При нагревании метилтата Ф. образуется физостигмол (1,3-диметил-5-гидроксииндол). При действии к-т Ф. переходит в катион (II), в избытке щелочи – в кинон красного цвета, что используют для обнаружения Ф.



Биогенетич. предшественник Ф. – триптофан, к-рый на первой стадии образует 5-гидрокситриптофан.

Физиол. действие Ф. обусловлено его способностью ингибировать ацетилхолинэстеразу. В медицине применяется (в виде салицилата) для сужения зрачка и снижения внутриглазного давления при глаукоме, как лек. ср-во при заболеваниях, связанных с нарушением нервно-мышечной проводимости, и при парезе кишечника. ЛД<sub>50</sub> 0,5 – 0,8 мг/кг (кролики, внутривенно), 3 мг/кг (кролики, подкожно).

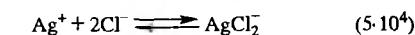
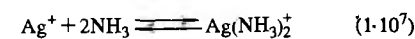
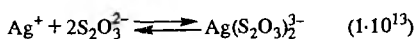
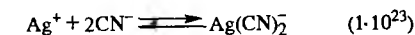
Лит.: Садригдинов Ф.С., Курмуков А.Г., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980.

А.А. Ибрагимов.

**ФИКСАНТЫ** (стандарт-титры, первичные стандарты), в-ва в строго определенном кол-ве, обычно 0,1 моль, содержащиеся в стеклянных ампулах. Ф. предназначены для приготовления р-ров точно известной концентрации. При этом ампулы разбивают спец. бойком в воронке, содержимое переносят количественно в мерную колбу и разбавляют (обычно водой) до определенного объема. Полученный р-р часто используют в *титриметрии* как титрант либо для определения концентрации др. титранта.

В качестве Ф. применяют, напр., КМnO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, NaCl, щавелевую к-ту, соляную к-ту, AgNO<sub>3</sub>. Соед., используемые как Ф., должны быть предельно чистыми, устойчивыми при комнатной т-ре, не должны адсорбировать воду и СО<sub>2</sub> из воздуха.

**ФИКСИРОВАНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ**, закрепление проявленного изображения путем растворения оставшегося в слое галогенида Ag; вторая стадия получения видимого изображения при фотографич. процессе (о первой см. *Проявление фотографического изображения*). Для фиксации используют водные р-ры (или пасты) соед., дающих с ионами Ag<sup>+</sup> высокоустойчивые, хорошо р-римые комплексные ионы. К таким соед. относятся цианиды, роданиды, тиосульфаты, хлориды щелочных металлов и аммония. Хим. сущность фиксирования заключается в смещении равновесия р-римости AgHal в сторону его полного растворения. Взаимод. можно представить след. р-циями (в скобках указаны константы устойчивости комплексных ионов):



Чем больше константа устойчивости, тем при меньшей концентрации закрепляющего р-ра ( фиксажа) и с тем большей скоростью м. б. растворен галогенид Ag. Оптимальны в этом отношении р-ры цианидов (KCN), но вследствие их токсичности в практич. работе применяют тиосульфаты (обычно Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> × 5H<sub>2</sub>O). По назначению и составу фиксирующие р-ры разделяют пл. обр. на простые, кислые, быстрые и дубящие (табл.).

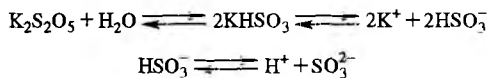
СОСТАВ ФИКСИРУЮЩИХ РАСТВОРОВ\*

Состав фиксажа	Название фиксажа				Комбинированный
	простой	кислый	быстрый	дубящий	
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 5H <sub>2</sub> O	200–400	250–300	250–300	200	250
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	—	5–10	20–25	25	10
K <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	20–30	—	25	20
NH <sub>4</sub> Cl	—	—	—	40	—
CH <sub>3</sub> COOH (80%-ная)**	—	—	15–20	—	10
KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> × 12H <sub>2</sub> O	—	—	—	—	10

\* В граммах в 1 л р-ра. \*\* В мл.

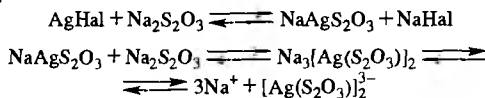
Простой фиксаж вследствие гидролиза тиосульфат-иона имеет щелочную р-цию (рН ≈ 9); при длит. работе из фотослоя в него переходит нек-рое кол-во проявителя, к-рый восстанавливает в слое Ag, что приводит к образованию дихроической вуали на фиксируемом изображении. Поэтому наиб. применение получили кислые фиксирующие р-ры с оптимальной кислотностью при рН ≈ 4. В более кислых р-рах образуется большое кол-во тиосерной к-ты, разлагающейся с выделением S и SO<sub>2</sub>. Добавление сульфата Na регулирует кислотность р-ра (по р-ции SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> + H<sup>+</sup> ⇌ HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>), что дает возможность вводить в фиксаж для быстрого прекращения проявления такую относительно сильную к-ту как уксусная.

Кислый фиксаж может вовсе не содержать к-ты, если в р-р вводят пиросульфит К (устар. метабисульфит; K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). При этом в водном р-ре протекают р-ции:



Для создания быстрого кислого фиксажа обычно берут смесь K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, имеющую в р-ре высокую кислотно-основную буферную емкость при рН ≈ 5. Быстрый фиксаж обычно содержит NH<sub>4</sub>Cl, а дубящий – к.-л. дубитель, напр. алюмокалиевые квасцы (см. *Дубление в фотографии*). Иногда составляют комбинир. р-ры, сочетающие св-ва разл. фиксирующих р-ров, напр. быстрый дубящий фиксаж.

В процессе фиксирования сначала образуется практически нерастворимая прозрачная бесцв. соль NaAgS<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, не рассеивающая свет; хорошо р-римая соль образуется лишь на послед. стадиях при условии высокой концентрации Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в р-ре:



Если фиксирование прекратить на первой стадии, отфиксированное изображение окажется недостаточно стабильным и не сможет сохраняться длит. время, т. к. NaAgS<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, оставшись в слое, постепенно разлагается (особенно быстро в теплой и влажной атмосфере) по р-ции 2NaAgS<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + 2H<sub>2</sub>O ⇌ Ag<sub>2</sub>S + H<sub>2</sub>S + 2NaHSO<sub>4</sub>, что ведет к образованию на изображении желтых и бурых пятен.

Отфиксированное изображение тщательно промывают в проточной (или часто сменяемой) воде. Недостаточная промывка даже хорошо отфиксированного изображения может привести при длит. хранении к появлению на нем бурых пятен.

Лит.: Кириллов Н.И., Основы процессов обработки кинофотоматериалов, М., 1977; Джеймс Т.Х., Теория фотографического процесса, пер. с англ., Л., 1980; Чибисов К.В., Общая фотография, М., 1984.

В.И. Шербстов.

**ФИЛЬТРОВАНИЕ** (от лат. *filtrum* – войлок, англ., франц. *filtration*), разделение неоднородных систем жидкость – твердые частицы (суспензии) и газ – твердые частицы в спец. аппаратах – фильтрах, снабженных пористыми фильтровальными перегородками и (ФП), к-рые пропускают жидкость или газ, но задерживают твердую фазу. Движущая сила процесса – разность давлений  $\Delta p$  по обе стороны ФП. Данная статья посвящена разделению суспензий. О закономерностях Ф. под действием центробежных сил см. *Центрифугирование*, о разделении систем газ – твердые частицы см. *Газов очистка, Вылеулавливание*.

Различают: а) собственно разделение суспензий – отделение содержащихся в них твердых частиц, отлагаемых на ФП (осадок), через к-рую проходит подавляющее кол-во жидкости (фильтрат); б) сгущение суспензий – повышение в них концентрации твердой фазы путем удаления через ФП нек-рой части жидкой фазы; в) осветление жидкостей (осветительное Ф.) – очистка от содержащегося в них небольшого кол-ва тонких взвесей (см. также *Осаждение*). Суспензии могут фильтроваться «хорошо», «средне» и «трудно», что определяет обычно по толщине слоя (мм) осадка, образующегося на ФП за 1 мин: соотв. 1–15, 0,1–3,0 и 0,005–0,2.

**Некоторые основные понятия.** Четкость разделения суспензии определяется качествами фильтра и осадка. Качество фильтра оценивают коэф. очистки  $c_1/c_2$ , где  $c_1$  и  $c_2$  – концентрации твердой фазы в исходной суспензии и фильтрате; коэф. уноса  $c_2/c_1$ ; степень очистки  $(c_1 - c_2)/c_1$  (отношение кол-ва задержанной и исходной твердой фазы). Качество осадка оценивают содержанием в нем жидкой фазы либо содержанием р-римых примесей, отнесенным к массе сухого осадка.

Интенсивность разделения суспензии может определяться объемом фильтра  $V$  ( $m^3$ ), прошедшего через единицу площади  $S$  ( $m^2$ ) пов-сти Ф. за единицу времени  $\tau$ , или скоростью Ф.:  $v = dV/dtS = dV'/dt$  (мгновенная скорость Ф.) либо  $v_{\text{ф}} = V/\tau S = V'/\tau$  (средняя скорость Ф.), где  $V' = VS$  – удельный объем фильтра.

В хим. технологии под Ф. понимают весь комплекс процессов, происходящих на фильтрах (фильтровальные процессы): собственно Ф., промывка и обезвоживание осадка, а также вспомогат. операции (загрузка суспензии, разгрузка и удаление осадка, регенерация ткани). В этом случае интенсивность разделения обычно оценивают удельной производительностью фильтра по фильтрату:

$$Q_{\text{ф}} = V'/(\tau + \tau_{\text{пр}} + \tau_{\text{с}} + \tau_{\text{всп}}) = V'/\tau_{\text{ц}} \quad (1)$$

или по массе осадка  $m_{\text{ос}}$ :  $Q_{\text{ос}} = m_{\text{ос}}/St_{\text{ц}}$ , где  $\tau_{\text{ц}}$ ,  $\tau$ ,  $\tau_{\text{пр}}$ ,  $\tau_{\text{с}}$ ,  $\tau_{\text{всп}}$  – продолжительность всего фильтровального цикла, собственно Ф., промывки и просушки осадка и вспомогат. операций.

**Характеристика и закономерности фильтровальных процессов**

**Собственно Ф.** Скорость процесса описывается ур-нием движения Эйлера, к-рое для одномерного ламинарного потока принимает форму закона Дарси:  $v_{\text{ср}} = \Delta p/R_{\text{об}} = \Delta p/\mu R$ , где  $R_{\text{об}}$ ,  $R$  – гидравлич. сопротивления (общее и отнесенное к единице вязкости  $\mu$  суспензии сопротивление движению фильтруемой жидкости через слой осадка и ФП).

Для преодоления гидравлич. сопротивления необходимо создание перепада давления (вакуума под ФП или избыточного давления над ней). На практике встречаются след. режимы Ф.: 1) при  $\Delta p = \text{const}$  (разделение под вакуумом, под давлением, при подаче суспензии центробежным насосом, производительность к-рого значительно превышает производительность фильтра); 2) при  $v = \text{const}$  (подача суспензии объемным насосом); 3) при непрерывно изменяющихся  $\Delta p$  и  $v$  (подача центробежным насосом).

При Ф. сопротивление  $R$  непрерывно возрастает. Зависимость его от уд. объема фильтра описывается т. наз. обобщенным ур-нием Ф.:

$$dR/dV' = KR^n, \quad (2)$$

где  $K$  и  $n$  – константы. Для фиксированных значений  $n$  различают 5 видов Ф.: с образованием осадка ( $n = 0$ ), с закупориванием пор образующегося осадка (0,5), промежуточное (1,0), с постепенным закупориванием пор ФП (1,5), с полным закупориванием пор ФП (2,0). Константы ур-ния (2) и значения начального сопротивления  $R_0$  (при начальной скорости разделения  $v_0$ ) находят по спец. графикам зависимости скорости Ф. от объема фильтра при  $\Delta p = \text{const}$ .

Для часто применяемого режима Ф. при  $\Delta p = \text{const}$  и  $R \approx 0$  ур-ние (2) после преобразований принимает вид:

$$V' = (1-n)^{-1} K^{1/(n-2)} (\Delta p / \mu)^{(1-n)/(2-n)} \tau^{(1-n)/(2-n)} = V_0' \tau^b \quad (3)$$

Наиб. распространенным в хим. технологии видом разделения суспензий является Ф. с образованием осадка, описываемое т. наз. основным ур-нием:  $v = dV'/dt = \Delta p/[\mu(\alpha_V \delta + R_0)]$  или после преобразований:

$$(V')^2 + (2R_0/\alpha_V \mu)V' = A \Delta p/\mu \alpha_V \mu, \quad (4)$$

где  $\alpha_V$  и  $\delta$  – соотв. удельное объемное сопротивление осадка (сопротивление единицы объема осадка высотой 1 м, отложенного на ФП площадью 1  $m^2$ ) и толщина его слоя (в м);  $u = (\delta S_{\text{п}})/V = \delta/V'$  – соотношение объемов осадка и фильтра;  $A = 2$  (при  $\Delta p = \text{const}$ ) и  $A = 1$  (при  $v = \text{const}$ ). Параметр  $\alpha_V$  – ф-ция пористости ( $\epsilon$ ), диаметра ( $d$ ) и уд. пов-сти ( $S_{\text{п}}$ ) твердых частиц, их концентрации ( $c$ ) в суспензии и  $\Delta p$ :  $\alpha_V = (1 - \epsilon)^2/(\epsilon^3 d^2) = [A(1 - \epsilon)^2 S_{\text{п}}/\epsilon^3] = \alpha V_0 c^{-s}$   $= \alpha V_0 \Delta p^s$ , где  $s$  и  $s'$  – константы. Иногда вместо  $\alpha_V$  используют др. параметр – массовое уд. сопротивление осадка:  $\alpha = \alpha_V u/q = \delta/m_{\text{ос}}$ , где  $q = m/V$ .

Ур-ние (4) при  $R_0 = 0$  является частным случаем ур-ния (3). Последнее в форме  $V' = V_0' \tau^b$  с достаточной для техн. расчетов точностью описывает кинетику Ф. и позволяет в определенных пределах экстраполировать эксперим. данные; показатель степени  $b$  от 0,3 до 1,0. При условии, что концентрация твердой фазы в суспензии не изменяется ( $c_1 = \text{const}$ ), справедливы также модификации ур-ния (3) для толщины слоя и массы осадка:  $\delta = \delta_0 \tau^b$  и  $m_{\text{ос}} = m_{\text{ос}}^0 \tau^b$ , где  $V_0$ ,  $\delta_0$  и  $m_{\text{ос}}^0$  – уд. объем фильтра, толщина слоя и уд. масса осадка ( $m_{\text{ос}}^0/S$ ), полученные за единицу времени.

Ф. можно интенсифицировать путем повышения т-ры суспензии, давления (ограничения – сжимаемость осадка, конструктивные возможности фильтра, прочность ФП), уменьшения толщины слоя осадка (ограничение – условия его сьема), рационального подбора ФП и способа ее регенерации, а также снижением уд. сопротивления осадка. Последнее наиб. эффективно, т. к. обратно пропорционально квадрату диаметра твердой частицы и достигается применением коагулянтов и флокулянтов и рациональным приготовлением суспензии. Продолжительность Ф. находят из ур-ния:

$$\tau = (\mu/\Delta p \mu)(\alpha_V \delta/A + R_0) \quad (5)$$

или из ур-ния (3) и его аналогов:

$$\tau = (V/V_0)^{1/b} = (\delta/\delta_0)^{1/b} = (m_{\text{ос}}^0/m_{\text{ос}}^0)^{1/b} \quad (6)$$

**Промывка осадка** – замена фильтра в порах осадка чистым р-рителем; сопровождается гидродинамич. процессами поршневого вытеснения и смешения двух жидкостей, а также диффузионными и др. процессами. График зависимости отношения концентраций вымываемых в-в в вытекающей промывной жидкости ( $c$ ) и фильтрате ( $c_0$ ) от отношения объемов промывной жидкости и пор осадка ( $V_{\text{пр}}/V_{\text{пор}}$ ) наз. кривой промывки (рис. 1).

Для режима идеального вытеснения скорость течения промывной жидкости  $v_{\text{пр}}$  определяют по скорости промывки в конце Ф. с корректировкой на изменение вязкости. В этом случае при  $V_{\text{пр}}/V_{\text{пор}} = 1$  должно вытесняться 100% фильтра (примесей). В действительности в осадке последовательно происходят процессы вытеснения, смешения и диффузии, вследствие чего удаляются 35–90% примесей. Для извлечения 90–99% примесей в хим. произ-вах соотношение  $V_{\text{пр}}/V_{\text{пор}}$  обычно поддерживается в пределах 2,5–5,0. Продолжитель-

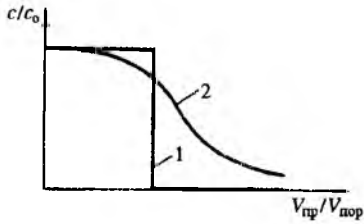


Рис. 1. Кривые промывки осадков: 1 - идеальное вытеснение; 2 - реальный процесс.

ность промывки  $\tau_{пр} = V_{пр}/v_{пр}$  ( $V_{пр}$  - конечный объем промывной жидкости) определяют, как правило, экспериментально.

Процесс диффузии, движущей силой к-рого является разность указанных выше концентраций  $\Delta c$ , может лимитировать как  $\tau_{пр}$ , так и кол-во вымываемого в-ва. Время диффузии находят по Ф-ле:  $\tau_{диф} = (V_{пор} \delta_{ст}^2) / (D S^2 \Delta c)$ , где  $D$  - коэф. диффузии;  $\delta_{ст}$  - толщина диффузионного пограничного слоя;  $S^2$  - площадь пов-сти раздела фаз.

При обработке агрегированных и высокодисперсных осадков в них за счет физ.-хим. процессов образуются трещины, что существенно увеличивает расход жидкости и снижает эффективность промывки. Последнюю интенсифицируют, репульпируя осадок в промывной жидкости; при этом ускоряется диффузия, а фильтрат извлекается из тупокостей и межагрегатных пор. Перспективны многократное взмучивание при противотоке твердой фазы и промывной жидкости, а также дробная промывка с использованием фильтрата от предыдущих операций.

**Обезвоживание осадка** - удаление жидкой фазы (фильтрата или промывной жидкости) из пор осадка независимо от того, состоит эта фаза из воды или др. жидкости. Осадок обезвоживают продувкой сжатым газом или паром, а также путем мех. отжима. Продувкой удаляют избыточную (свободную) и часть капиллярной влаги. Ее кол-во зависит от давления газа, к-рое должно превышать капиллярное давление. Для осадков крупнокристаллических и средней дисперсности связь между параметрами процесса описывается зависимостью:  $w = w_1 \delta \alpha \Delta p^{-\beta} \tau^{\alpha}$ , где  $w$  - влажность продукта осадка;  $w_1$  - влажность слоя осадка толщиной  $\delta = 1$  см при его просушке в течение 1 с под давлением 0,1 МПа;  $\alpha$  - эмпирич. константа. При продувке газом высокодисперсных осадков их структура изменяется по закономерностям, близким к отжиму.

Механический отжим производят валками, вибрационными устройствами, ФП, эластичными мембранами (диафрагмами) и обычно применяют для обезвоживания структурированных осадков. При этом агрегаты разрушаются, твердые частицы перемещаются относительно друг друга, а иногда и деформируются; толщина слоя осадка уменьшается. Кинетика процесса (зависимость объема жидкости  $V_d$  от продолжительности отжима диафрагмой  $\tau_d$ ) описывается ур-нием:  $V_d = \tau_d / (n + m \tau_d)$ , где  $n$  и  $m$  - константы. Очевидно, что при  $\tau_d \rightarrow \infty$  объем  $V_d \rightarrow 1/m = V_{д.п}$  (предельный объем жидкости). Отношение  $V_d/V_{д.п} = E_d$  наз. степенью обезвоживания. В зависимости от  $E_d$  продолжительность процесса описывается ур-нием:  $\tau_d = E_d / (n/m)(1 - E_d)$ . При  $\tau_d = \text{const}$  влажность осадка зависит от давления Ф. ( $p$ ) и давления отжима ( $p_d$ ):  $w = w_1 p^{-a} + B_d (p - p_d)$ , где  $w_1$  - влажность осадка, отжатого при  $p = p_d = 1$ ;  $a$  и  $B_d$  - константы. Обычно  $p_d > p$ , что способствует снижению  $w$ . Для предотвращения «капсулирования» (образования на границах слоя очень плотного, практически непроницаемого осадка) увеличивать  $p_d$  рекомендуется постепенно.

**Фильтровальные перегородки**

ФП должны обладать хорошей задерживающей способностью, значит. гидравлич. сопротивлением, физ.-мех. прочностью, хим. стойкостью, большой пористостью и равномерным распределением пор по размерам, сохранять проницаемость при многократном Ф., легко регенерироваться, а при

Ф. с закупориванием пор - быть достаточно «грязеемкими». Осн. фильтровальные характеристики: вид материала, водопроницаемость, воздухопроводность, пористость, прочность, рабочее давление, масса 1 м<sup>2</sup>, линейные размеры.

**Гибкие ФП** - тканые, трикотажные, сетчатые, нетканые и др. Тканые ФП изготавливают из натуральных (хлопок, шерсть, шелк), искусственных (ацетаты целлюлозы, вискоза), синтетических (полиакрилонитрил, полиамиды, поливинилхлорид, полиэфиры и др.), силикатных (асбест, стекло) и металлических (W, Mo, сплавы и т. д.) волокон и нитей.

Различают полотняные, саржевые и атласные (сатиновые) ткани. Полотняные ткани характеризуются высокой задерживающей способностью, равномерным распределением пор, большой прочностью, незначит. деформацией при растяжении. Саржевые ткани обладают большей проницаемостью и грязеемкостью, но меньшей прочностью, чем полотняные ткани, и хорошей задерживающей способностью. Сатиновые ткани по последним двум показателям уступают саржевым. Ворсование и каландрование повышают задерживающую способность и соотв. ухудшают или улучшают условия съема осадка.

Трикотажные ФП по эксплуатац. характеристикам близки к атласным тканям, но имеют меньшую задерживающую способность и сопротивление, а также сильно деформируются при растяжении. Перспективны бесшовные рукава для патронных фильтров.

Сетки фильтровые изготавливают из полимерных мономеров и металлов аналогично полотняным и саржевым тканям и используют для Ф., а также в качестве опоры для более плотных ФП с целью увеличения производительности фильтров. Нетканые ФП вырабатывают из тех же волокон (или их смесей), что и тканые перегородки, иглопробивным либо клеевым методами или формованием из расплавов. Нетканые ФП превосходят тканые по грязеемкости, пористости, задерживающей способности (за счет извилистости пор), проницаемости, но существенно уступают им по мех. прочности, регенерируемости и условиям съема осадка. К нетканым ФП близки по св-вам перегородки одноразового пользования - фильтровальные бумаги (непроклеенные бумаги из хл.-бум. волокна, зольность к-рых не превышает 0,8) и картон, отличающиеся дешевой и доступностью. Подробнее о св-вах, получении, отделке и применении волокон см., напр., *Волокна природные, Волокна химические*.

**Негибкие ФП** м.б. жесткими и нежесткими. Жесткие ФП (керамика и металлокерамика, пористые пластмассы и металлы и др.) выпускаются в виде цилиндров (патронов), плит, листов толщиной 0,2-50 мм и тончайших нитей (металлич. войлок) и отличаются постоянством структуры при изменении давления, хорошей задерживающей способностью, грязеемкостью (от незначительной - керамика, до повышенной - пластмассовые патроны), эффективностью регенерации 70-100% (за исключением трудно регенерируемой керамики и нерегенерируемых патронов одноразового пользования).

Нежесткие ФП бывают намывными (наиб. распространены) и насыпными (слои из песка, гравия, кокса, каменного угля и т.п. с толщиной загрузки до 1 м; регенерируются обратным током фильтрата).

Намывные ФП - инертные тонкозернистые или волокнистые слои фильтровальных вспомогат. в-в (ФВВ), образующих при осветлительном Ф. малокоцентрир. суспензий пористый осадок. ФВВ добавляют в суспензию, предварительно наносят на ФП или комбинируют оба способа. Материалами для ФВВ служат, как правило, подвергнутые термообработке, размолу и классификации по сортам диатомит, перлит, угли, целлюлоза, а также древесная мука, отбеливающие земли (глины), глинозем, отходы произ-в волокнистых материалов.

Слой ФВВ обладает хорошими проницаемостью и задерживающей способностью, может предотвращать забивку пор ФП, обеспечивает получение качеств. фильтрата в начале Ф. Слой намывают путем многократной циркуляции через фильтр суспензии ФВВ в чистом фильтрате или близкой по св-вам жидкости. Св-ва слоя можно регулировать изменением концентрации ФВВ: чем она ниже, тем меньше пористость и

выше задерживающая способность. Эффективно также смешение разл. ФВВ и их разных сортов.

Намывные слои бывают однородными и обновляемыми (см. ниже). В последнем случае, если при Ф. происходит интенсивное закупоривание пор намывного слоя и образование на нем слоя осадка, ФВВ добавляют в суспензию. В результате увеличиваются пористость и проницаемость, а также улучшаются реологич. св-ва осадка. При этом дисперсность и кол-во ФВВ выбирают близкими соответствующим параметрам мех. примесей. Правильность выбора дозы ФВВ оценивают по значению в ур-нии (3) показателя степени  $b$  (0,55–0,75); меньшие значения свидетельствуют о Ф. с закупориванием пор, большие – о передозировке.

**Промышленные фильтры**

По способу создания разности давлений пром. фильтры подразделяются на фильтры, работающие под вакуумом (вакуум-фильтры,  $\Delta p = 0,06 - 0,08$  МПа), и фильтры, работающие под давлением ( $\Delta p = 0,3 - 0,5$  МПа); по способу функционирования – на фильтры периодич. и непрерывного действия. В последних ФП обычно перемещается, процесс (подача суспензии и получение продуктов разделения) осуществляется непрерывно, а все операции проводятся последовательно. В данном разделе рассмотрены осн. типы фильтров, применяемых в хим. произ-вах.

**Вакуумные фильтры непрерывного действия.** Барабанные вакуум-фильтры (БВФ, рис. 2) с наружной фильтрующей поверхностью более распространены и используются для разделения среднефильтрующей

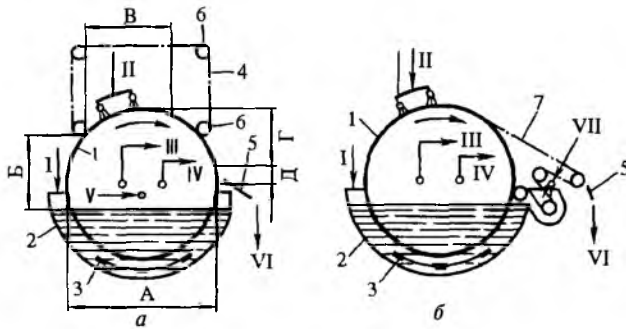


Рис. 2. Барабанные вакуум-фильтры: а – стандартный общего назначения; б – со сходящей фильтровальной тканью; 1 – барабан; 2 – корыто; 3 – мешалка; 4 – набегавшее полотно; 5 – нож; 6 – ролики; 7 – фильтровальная ткань; здесь и далее I – суспензия; II – промывная жидкость; III – фильтрат; IV – промывной фильтрат; V – сжатый газ; VI – осадок; VII – жидкость для регенерации ткани. Зоны: А – фильтрация; Б, В, Г – соотв. просушки, промывки, отжима и просушки промывного осадка; Д – отдувки и регенерации ткани, съема осадка.

щихся суспензий с незначит. (до 18 мм/с) скоростью осаждения грубой фракции твердой фазы; степени обезвоживания осадка и его отмывки ограничены. БВФ – покрытый фильтровальной тканью (сеткой), полый перфорированный барабан, вращающийся с частотой от 0,01–0,03 до 0,9 мин<sup>-1</sup>; барабан погружен под углом 50–200° в емкость (корыто) с суспензией. Между барабаном и дном емкости размещена качающаяся мешалка для предотвращения осаждения твердых частиц в корыте. Пространство под ФП, часто разделенное на секции, через распределит. устройство сообщается при вращении барабана с источниками вакуума и сжатого воздуха. При этом образуются зоны Ф., промывки, просушки и продувки осадка, отдувки и регенерации ФП. Отфильтрованный и промытый осадок снимается обычно ножом, реже шпунрами или полированным валиком. БВФ может снабжаться устройством для заглаживания трещин и отжима осадка, состоящим из бесконечной ленты неплотной ткани и системы направляющих роликов.

БВФ со сходящей тканью отличаются от описанных тем, что бесконечная тканая лента в зоне Ф. и просушки осадка свободно огибает барабан, затем отделяется от него,

перемещается между разгрузочным, промывочным и направляющим роликами, где происходит ножевой съем осадка и ее регенерация, и возвращается в зону Ф. Эти фильтры позволяют удалить осадки толщиной до 1 мм и качественно регенерировать ФП. Другая разновидность БВФ – безъячейковые фильтры с намывным слоем ФВВ и устройством для микроподачи ножа. Слой ФВВ толщиной  $\delta = 50-100$  мм, намываемый на сетку, служит для осветлительного Ф. с образованием осадка. Последний вместе с тонким слоем ФВВ срезается передвижным ножом со скоростью 0,05–0,25 мм·мин<sup>-1</sup>. Намывной слой периодически возобновляют.

БВФ с внутренней фильтрующей поверхностью применяют для разделения относительно легко фильтрующихся суспензий со значит. (более 12 мм/с) скоростью осаждения грубой фракции, образующих нестрескивающийся, не требующий промывки осадок. Последний в верх. части фильтра продувается и выгружается через бункер транспортером. Суспензию заливают внутрь барабана.

Двухбарабанные вакуум-фильтры предназначены для Ф. хорошо фильтрующихся концентрир. суспензий с грубой полидисперсной твердой фазой. Эти фильтры состоят из синхронно вращающихся в противоположных направлениях ячеечных барабанов, соприкасающихся так, что ФП движутся сверху вниз. Суспензия поступает сверху в загерметизир. с торцов пространство между барабанами и отфильтровывается. Образующийся осадок промывается, просушивается и удаляется с противоположных концов барабанов. В ниж. части фильтра производится регенерация ФП.

Дисковые вакуум-фильтры используются благодаря развитой пов-сти в многотоннажных произ-вах для разделения относительно хорошо фильтрующихся суспензий со скоростью осаждения твердой фазы до 18 мм/с без промывки осадка. Они устроены аналогично БВФ: на полом валу вращаются неск. дисков (частота 0,01–0,15 мин<sup>-1</sup>), состоящих обычно из 12 секторов, обтянутых сеткой или тканью.

Ленточные вакуум-фильтры (ЛВФ, рис. 3) служат для разделения относительно хорошо- и среднефильтрующихся суспензий с полидисперсной быстро осаждающейся твердой фазой и тщательной, как правило, противоточной промывкой осадка. Конструкция ЛВФ напоминает ленточный транспортер; эластичная бесконечная дренажная лента натянута на приводном и натяжном барабанах. Верх. ветвь ленты, покрытая фильтрующей тканью (сеткой), скользит по разделенной на отсеки вакуумной камере. Лента движется непрерывно со скоростью 0,6–10 м/мин либо дискретно. Суспензия и промывная жидкость подаются сверху, фильтрат через перегородку и дренажную систему ленты поступает в отсеки. Осадок снимается ножом иногда с продувкой воздухом через приводной барабан. В ниж. ветви ленты регенерируется ФП. Известны ЛВФ со сходящим полотном, валиками для уплотнения и обезвоживания осадка, устройствами для просушки его паром или горячим воздухом и отжима эластичной диафрагмой.

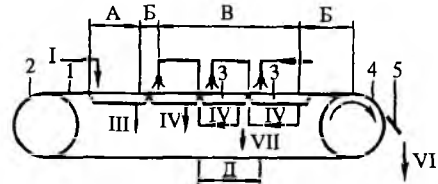


Рис. 3. Ленточный вакуум-фильтр: 1 – дренажная лента; 2, 4 – приводной и натяжной барабаны; 3 – вакуумные камеры; 5 – нож.

Тарельчатые фильтры применяются для разделения хорошо фильтрующихся суспензий с грубодисперсной твердой фазой и значит. скоростью осаждения. Такой фильтр представляет собой вращающуюся вокруг вертикальной оси «тарелку» с кольцеобразной, разделенной на секторные ячейки фильтрующей пов-стью, к-рая ограничена наружным (неподвижен) и внутр. (вращается) бортами. Через неподвижную

разделит. головку ячейки поочередно соединяются со сборниками фильтрата и промывной жидкости (находятся под вакуумом) и ресивером сжатого воздуха или источника пара. Осадок удаляется скребком либо шнеком.

Карусельные фильтры близки по конструкции и области применения к тарельчатым фильтрам, однако, как правило, больше по габаритам и отличаются тем, что ячейки ограничены бортами и являются как бы самостоятельными фильтрами. Осадок выгружается при повороте ячеек на 90° вокруг радиальной оси.

**Фильтры непрерывного действия, работающие под давлением.** В отличие от вакуум-фильтров эти фильтры заключены в герметичный корпус и снабжены шнековыми, секторными и др. устройствами для выгрузки осадка.

Барabanные фильтры предназначены для разделения средне- и труднофильтрующихся суспензий, содержащих легколетучие пожаро- и взрывоопасные и токсичные в-ва с достаточно стабильными фильтрац. св-вами. Фильтры позволяют производить противоточную промывку осадка и его интенсивную сушку.

Динамические (безосадочные) фильтры используются для разделения или сгущения труднофильтрующихся суспензий и осветлительного Ф. Осадок обычно смывают путем перемешивания суспензии турбинными мешалками, а также за счет скоростного напора или центробежных сил. К фильтрам данного типа относятся также проточные фильтры, представляющие собой трубу или пакет труб со стенками из пористого материала, по к-рым под давлением со скоростью 2–8 м/с прокачивается сгущенная суспензия. Эти фильтры широко применяют также при микро- и ультрафильтрации.

Ротационные патронные и патронно-шайбовые фильтры применяют для разделения средне- и хорошофильтрующихся достаточно концентрир. суспензий с небольшой скоростью осаждения (до 8 мм/с) твердой фазы. Степень обезвоживания осадка ограничена; промывка его невозможна. В герметичном горизонтальном цилиндрич. корпусе на приводном валу с неск. каналами (6–8) закреплен несущий диск, на к-ром. по окружности крепятся патроны либо перфорир. трубы с набором фильтрующих дисков (шайб). В центре вдоль оси в корьге расположено разгрузочное устройство (ленточный транспортер, шнек). Суспензия через штуцер в ниж. части крышки насосом подается под давлением 0,6–1,0 МПа в корпус фильтра и поддерживается на уровне оси или ниже. Фильтрующие элементы при вращении поочередно проходят зоны Ф., просушки воздухом и сброса осадка.

**Ленточные фильтр-прессы** (рис. 4) позволяют разделять флокулированные среднефильтрующиеся суспензии под действием гравитации и (или) вакуума с послед. отжимом осадка

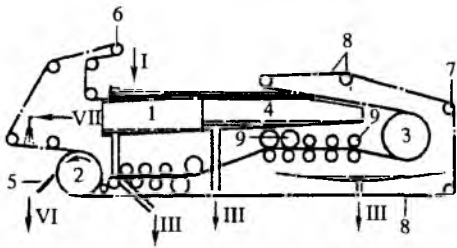


Рис. 4. Ленточный фильтр-пресс: 1, 4 – камеры фильтрата; 2 и 3 – приводной и натяжной барабаны; 5 – нож; 6, 7, 9 – натяжные, направляющие и отжимные ролики; 8 – фильтровальные ленты.

мех. давлением сжатия в клиновом зазоре между двумя движущимися дренажными лентами, снабженными сеткой, а также за счет напряжения сдвига при отгибании этими лентами направляющих роликов. Осадок снимается ножом; при отгибании разгрузочного барабана «холостые» ветви фильтровальных лент регенерируются подачей воды из спец. форсунок.

**Фильтры периодического действия.** Плиточно-рамные (ФПР) и плиточно-камерные (ФПК) фильтр-прессы (рис. 5 и 6) предназначены для разделения средне- и труднофильтрующихся суспензий из водных и др. невзрывоопасных, инертных и агрессивных сред. Несмотря на негерметичность и невозможность поддержания постоянной рабочей т-ры, эти фильтры распространены в промышленности вследствие развитой фильтрующей пов-сти, относительно низкой металлоемкости, возможности получения хорошо отмытых и отжатых осадков.

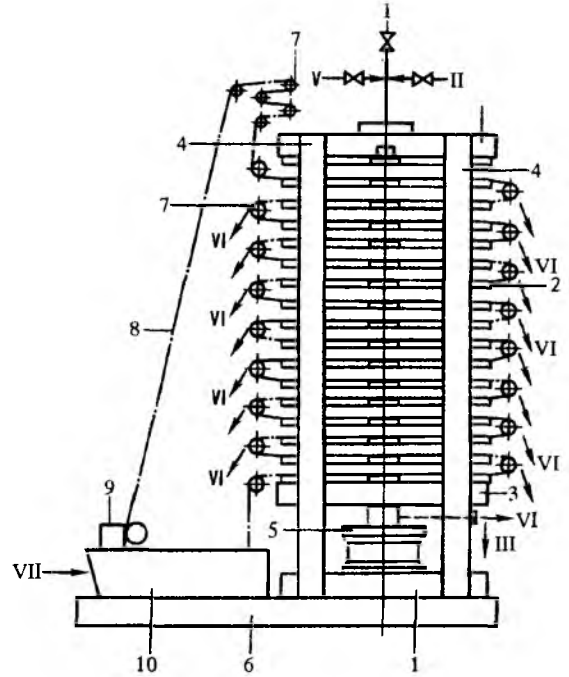


Рис. 5. Автоматизированный горизонтальный камерный фильтр-пресс: 1, 3 – опорная и нажимная плиты; 2 – комплект фильтрующих плит; 4 – балки-стяжки; 5 – механизм зажима плиты; 6 – рама; 7 – ролики; 8–10 – фильтровальная ткань, привод ее перемещения и камера для регенерации.

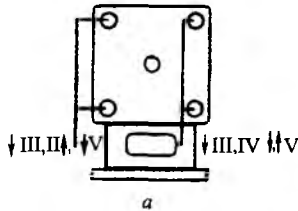
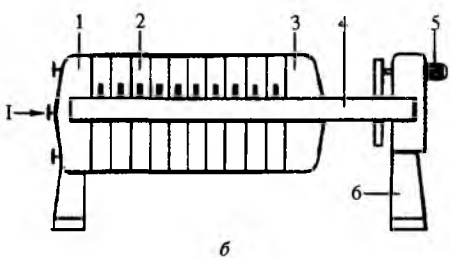


Рис. 6. Вертикальный камерный фильтр-пресс: а – вид спереди, б – вид сбоку; 1–5 – см. на рис. 5; 6 – стойка. Направления потоков приведены в последовательности операций (фильтрация, промывка и просушка осадка).



б

Общей особенностью фильтр-прессов всех конструкций является пакет фильтровальных элементов – плит (ФПК) или чередующихся плит и рам (ФПР), зажимаемый между неподвижной опорной и подвижной нажимной массивными жесткими плитами. Фильтровальные элементы опираются спец. кронштейнами на балки-стяжки. Плиты ФПК имеют круглую, квадратную или прямоугольную форму, плиты



ФПР – только квадратную либо прямоугольную. Все плиты снабжены рифлениями для стока фильтра и углублениями для накопления осадка, а для подачи и удаления осадка суспензии – сквозными отверстиями. Последние при сборке плит (рам) в пакет образуют каналы для подачи суспензии, промывной жидкости, сжатого газа и отвода фильтратов. На неподвижной плите имеются соответствующие этим каналам отверстия и штуцеры для присоединения трубопроводов. Между плитами (рамами) располагаются полотна ФП, в к-рых также находятся подобные отверстия.

Суспензия по каналу подается под давлением в камеры или рамы до заполнения этого пространства осадком, к-рый при необходимости промывают, подавая промывную жидкость через ткань или по каналу, через к-рый движется суспензия (во мн. горизонтальных фильтрах). Осадок обезвоживают продувкой сжатым газом или отжимом (эластичными диафрагмами из резины либо полипропилена) под давлением до 1,5 МПа. Выгрузка осадка производится гравитационно (иногда с вибропобуждением) либо при перемещении бесконечной фильтровальной ленты и перегибе ее на роликах с подчисткой ножом. Фильтровальную ткань регенерируют активаторами в заполненной жидкостью камере либо перемещением вдоль фильтра распылит. устройством, вода в форсунке к-рого поступает под давлением до 10 МПа. Большинство фильтр-прессов работает автоматически.

Емкостные фильтры, работающие под давлением, наз. друк-фильтрами, под вакуумом – нутч-фильтрами. Друк-фильтры (рис. 7) – вертикальные сосуды (обычно с рубашкой) с эллиптич. днищем, верх. пространство над к-рым служит для приема суспензии, нижнее – для фильтрата. На ложном днище и ниж. части корпуса крепится ФП. При Ф. в заполненный суспензией корпус подают сжатый газ. Полученный осадок промывают, протрушивают и выгружают с помощью мешалки через люк в боковой пов-сти или в центре ложного днища. В ряде конструкций осадок удаляют после опускания ложного днища перемещением ленты фильтровальной ткани, к-рая по окончании выгрузки осадка проходит через камеру регенерации. Известны друк-фильтры, корпус к-рых может поворачиваться на 90–180° в закрепленных на его цилиндрич. части цапфах. На друк-фильтрах разделяют средне- и хорошо-фильтрующиеся суспензии в средне- и малотоннажных произ-вах; в последнем случае в одном аппарате последовательно проводят хим. р-цию с получением суспензии, Ф., промывку и сушку осадка. Требования к концентрации суспензии и скорости осаждения твердой фазы ограничиваются возможностями транспортирования ее по вертикальным трубопроводам. Герметичность и возможность изготовления фильтров из любых конструкционных материалов распространяет область применения друк-фильтров на пожаро- и взрывоопасные, кристаллизующиеся и токсичные среды.

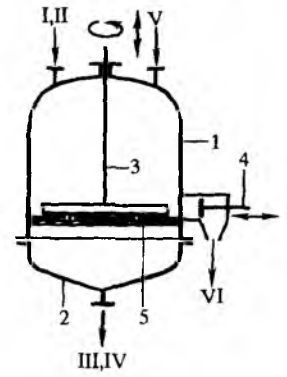


Рис. 7. Друк-фильтр: 1 – корпус; 2 – днище; 3 – мешалка; 4 – заборное устройство; 5 – ложное днище.

Нутч-фильтры используются для разделения хорошо-фильтрущихся, нетоксичных и невзрывоопасных суспензий в малотоннажных произ-вах. Эти фильтры – открытые сосуды круглого или прямоугольного сечения с ложным днищем, служащим опорой для ФП. Ниж. пространство соединяется с вакуум-ресивером и сборником фильтрата. Осадок выгружается с помощью мешалки вручную при опрокидывании корпуса или передвижной тканью.

Патронные фильтры (рис. 8) служат для Ф. и ступенчатого малокоцентрир. суспензий, в т.ч. из токсичных, пожаро- и взрывоопасных, а также агрессивных сред. Из-за неравномерности распределения осадка по высоте фильтровальных элементов скорость осаждения твердой фазы не должна превышать 2–5 мм/с; возможность промывки осадка ограничена. Данные фильтры представляют собой вертикальные цилиндрич. сосуды (иногда с паровой рубашкой) с откидывающейся либо съемной крышкой, конич. (иногда с побудителем выгрузки осадка в виде мешалки или вибратора) либо эллиптич. (для фильтров с малой пов-стью Ф.) днищем. Внутри корпуса располагаются цилиндрич. фильтрующие элементы (патроны), прикрепленные к коллекторам в верх. или ниж. части (свечевые фильтры) либо на решетке, разделяющей корпус на две половины (верхняя для фильтра, нижняя для суспензии). Патроны: 1) дренажные основания – пружины или перфорированные трубки круглого либо звездчатого сечения, снаружи с фильтровальной рукавной тканью, плотно навитой проволокой, нитью (бобина) или набором шайб; 2) пористые трубы из керамики, металлокерамики, пластмасс, прессованных волокнистых отходов с полимеризующейся пропиткой; 3) складчатые элементы из картона, полимерных мембран, сеток.

Суспензия подается в корпус фильтра под давлением, а образовавшийся осадок толщиной до 10–15 мм сбрасывается обратным током фильтрата или его смеси с газом и оседает в конич. части аппарата, после чего цикл повторяется до заполнения конуса. Выгрузка осадка м. б. мокрой (суспензию просто сливают) или сухой (после Ф. в корпус подают сжатый газ, выдавливают суспензию, а затем сбрасывают и выгружают осадок). Конструкция позволяет возвращать мутный фильтрат и намывать слой ФВВ.

Листовые фильтры бывают вертикальные и горизонтальные. Фильтрующий элемент – лист-рама прямоугольной или круглой (только для горизонтальных фильтров) формы из труб либо проката с вкладышем; последний выполнен из гофрир. или перфорир. листа либо полимерных (деревянных) решеток, на к-рые натягивается сетка или фильтровальная ткань. Осадок снимают гидросмывом либо вибрацией; сброс – вибрацией, ножами при вращении пакета листов, отдувкой воздухом, гидросмывом или обратным током фильтрата; выгрузка – скребками, шнеками и др. По области применения эти фильтры близки к патронным фильтрам.

Дисковые фильтры с инерционной выгрузкой осадка (рис. 9) предназначены для осветительного Ф. с намывным слоем ФВВ и разделения малокоцентрир. суспензий, в т.ч. токсичных, агрессивных, пожароопасных ( $v_{\infty} < 10$  мм/с). В вертикальном цилиндрич.-конич. корпусе на полом валу насажены диски (тарелки) с конич. уклоном для отвода фильтрата через вал. На верх. пов-сть крепятся дренажная решетка и ФП (сетка, ткань). Промывка осадка проводится после слива суспензии подачей жидкости на верх. тарелку и далее переливом на последующие. Про-

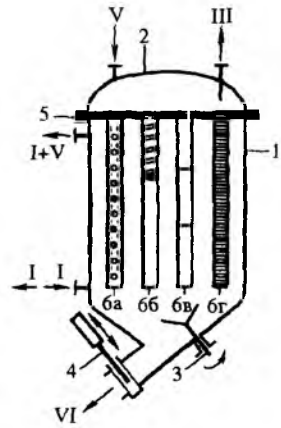


Рис. 8. Патронный фильтр: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – мешалка-разгрузчик; 4 – заборное устройство; 5 – решетка; 6а – 6г – перфорированный, пружинный, керамический (металлокерамический) и пшьюбый патроны.

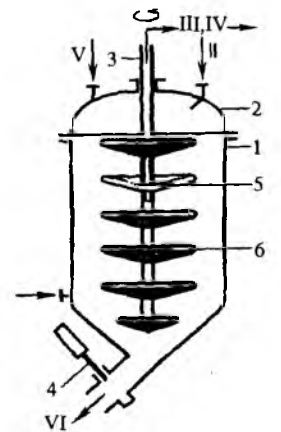


Рис. 9. Дисковый фильтр с инерционной выгрузкой осадка: 1, 2, 4, 5 – см. на рис. 8; 3 – полый вал; 6 – фильтрующий диск.

мытый осадок выгружают в заполненный суспензией или пустой корпус.

Дисково-пакетные фильтры применяют только для осветительного Ф. малоцентририр. суспензий через картон, бумагу, нетканые материалы, картон с нанесенным слоем ФВВ из достаточно вязких горючих и агрессивных сред. В вертикальном цилиндрич. корпусе монтируется пакет дисков, стянутых по периферии шпильками и герметизируемых по наружной кольцевой пов-сти дисков и внутри втулок; верх. пов-сть – фильтрующая. Суспензия подводится через отверстия в наружных пов-стях дисков, фильтрат отводится с дренажной пов-сти через отверстия во втулках. Последние в сборе образуют канал для отвода фильтрата. Осадок удаляют после извлечения и разборки пакета дисков.

**Выбор способов разделения**

Разделение суспензий проводят, кроме фильтров, в отстойниках, гидроциклонах, центробежных сепараторах, осадит. и фильтрующих центрифугах, области применения к-рых достаточно индивидуальны. Непременным условием возможности использования всех перечисленных аппаратов и машин (за исключением фильтрующих центрифуг) является наличие разности плотностей твердой и жидкой фаз, т.е. скорости осаждения в гравитац. и (или) центробежном полях. Отстойники, гидроциклоны и зачастую центрифуги не позволяют добиться хорошей четкости разделения. Отстойники просты по конструкции, не требуют существ. энергозатрат и используются обычно в качестве ступеней; гидроциклоны просты, малогабаритны и позволяют разделять поток на две суспензии с твердой фазой разл. крупности; сепараторы обеспечивают разделение малоцентририр. суспензий с мелкодисперсной твердой фазой; центробежные машины достаточно сложны, требуют квалифицир. обслуживания, существ. затрат энергии; осадит. центрифуги применяют для разделения суспензий разной концентрации с получением достаточно обезвоженного кристаллич. осадка, не требующего промывки; фильтрующие центрифуги – концентрыр. суспензий с получением хорошо обезвоженного и иногда промывного осадка.

Фильтры имеют достаточно широкую области применения (несмотря на сложность или высокую стоимость эксплуатации, необходимость замены ФП; табл.), перекрывающую почти весь диапазон областей использования указанного выше оборудования, позволяют достигнуть хорошей четкости

разделения и отмывки осадка. При выборе аппаратуры учитывают особенности произ-ва, требования к продуктам разделения, св-ва суспензий и технол. возможности оборудования. По результатам анализа этих факторов проводят предварит. выбор вариантов, в т. ч. двухстадийных [гидроциклон + фильтр (центрифуга), центрифуга + патронный фильтр, патронный фильтр + фильтр = пресс и т. п.], а затем – эксперим. проверку.

**Моделирование и оптимизация процессов фильтрации.** Моделирование заключается в определении параметров работы фильтров (прежде всего их производительности и общей продолжительности Ф.) по полученным на модельных установках опытным данным (качество фильтрата, показатели кинетики Ф., промывки, обезвоживания и сушки осадка, его реологич. характеристики и т.д.), в анализе этих данных с учетом фильтрационных св-в суспензии и ФП, а также *масштабного перехода* от лаб. фильтра к промышленному.

В качестве критерия оптимизации (см. *Оптимизация*) при расчете периодически действующих фильтров принимают их производительность или стоимость. Оптимальная продолжительность Ф., при к-рой достигается макс. производительность  $Q_{\max}$  фильтров, определяется из соотношения:

$$\tau_{\text{опт}} = \frac{\tau_{\text{всп}}^b}{(\tau + \tau_{\text{пр}}/\tau + \tau_c/\tau)(1-b)} \quad (7)$$

где  $\tau$ ,  $\tau_{\text{пр}}$ ,  $\tau_c$ ,  $\tau_{\text{всп}}$  – продолжительность соотв. цикла Ф., промывки и сушки осадка, вспомогат. операций. Если  $\tau_{\text{пр}} = 1$ ,  $\tau_c \leq \tau$  и  $b = 0,5$ , то  $Q_{\max}$  достигается при  $\tau = \tau_{\text{всп}}$ . Оптимальный для всей хим.-технол. системы режим Ф. может не соответствовать режиму максимума производительности или минимума затрат.

**Лабораторная техника**

В лаб. практике Ф. проводят под гидростатич. давлением, используя конусообразные воронки и складчатые фильтры из фильтровальной бумаги, либо под вакуумом на фарфоровых воронках Бюхнера, устанавливаемых на колбы Бунзена, или на фильтрующих воронках с пористым стеклом (пористые стеклянные фильтры). Конструкции лаб. стеклянных и фарфоровых воронок не позволяют надежно закреплять ФП из ткани, пористых пластмасс и металлов. Поэтому для моделирования процессов Ф. в лабораториях используют спец.

**ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФИЛЬТРОВ**

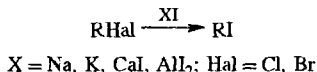
Типы фильтров	Фильтрационные свойства суспензии				Технологические возможности						
	толщина осадка, образованного за 1 мин, см	размер частиц, мкм	твердая фаза скорость осаждения, мм/с	концентрация, г/л	качество фильтрации*	типы осадков	толщина осадка, мм	качество промывки осадка*	герметичность**	т-ра, °С	давление, МПа
Барabanные и дисковые вакуумные	0,3–0,8	1,0–300	18	10–400	3–4	Любые	1–50	3	+, –	10–90	0,025–0,06
Ленточные вакуумные, тарельчатые, карусельные	0,5–15	3,0–5000	Не ограничена	50–650	3	Кроме липких	3–100	5	–, –	10–70(90)	0,015–0,06
Барabanные под давлением	0,1–10	1,0–150	Не ограничена	20–200	4	Кроме тиксотропных	5–30	5	++	5–150	0,3
Динамические	0,05–2,0	1,0–100	1	5–150	3–4	Тиксотропные	0–0,5	5	++	120	0,3
Ротационные	1,0–10,0	15–100	8	50–200	3	Кроме липких и тиксотропных	3–20	—	++	120	0,6
Ленточные фильтр-прессы	0,5–3,0	10–300	Не ограничена	10–50	3	Плотные, сжимаемые	3–15	3	–	5–40	0,0005–0,6
Фильтр-прессы	0,005–3,0	0,5–200	25	0,3–400	4	Кроме тиксотропных	5–80	3–5	–, –	От –20 до 180	0,3–2,0
Друк-фильтры	0,1–10	2–2500	Не ограничена	20–800	4	Пастообразные, сыпучие	10–500	4–5	++	От –20 до 200	0,3–0,6
Патронные	0,01–0,5	0,5–50	2–5	0,05–20	5	Любые	3–15	3	++	От –20 до 200	0,3
Листовые	0,02–0,5	0,5–100	5	0,1–50	4	Кроме липких	3–20	3	++	От –20 до 90	0,3 (0,6)
Дисковые с инерц. выгрузкой	0,0005–1,0	0,5–50	7–10	0,05–50	5	Кроме липких и тиксотропных	5–35	4–5	++	120	0,6
Дисково-пакетные	0,005–0,1	0,5–25	1	0,05–1,0	5	Любые	0,5–50	3–4	++	70	0,3

\* 5–отличное (до 50–30 мг/л примесей); 4–хорошее (до 60); 3–удовлетворительное (до 120). \*\* ++ всегда; + возможна; – редко; – невозможна.

оборудование: установки с погружными и наливными воронками, т. наз. бомбу с элементом листового фильтра, небольшие модели фильтров, комплектные установки.

Лит.: Брук О.Л., Процессы промывки осадков, М., 1973; Жужиков В.А., Фальтирование, 4 изд., М., 1980; Разделение суспензий в химической промышленности, М., 1983.

**ФИНКЕЛЬШТАЙНА РЕАКЦИЯ** (Конанта – Финкельштайна р-ция), замещение хлора или брома в орг. соед. на иод при действии иодидов металлов:



Наиб. легко в Ф.р. вступают α-галогенкарбонильные соед., алиил- и бензилгалогениды. Легкость обмена галогенами уменьшается в ряду алкилгалогенидов: первичные > вторичные > третичные. Бромиды обычно более реакционноспособны, чем хлориды. Обмен галогена в ароматич. коледе возможен лишь при наличии электроакцепторного заместителя. Винилбромиды дают удовлетворит. выходы иодидов при действии KI в присут. катализатора – смеси NiBr<sub>2</sub> с цинком.

Р-цию проводят в р-рителе (ацетоне, метилэтилкетоне, H<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>OH); чаще используют ацетон, обеспечивающий р-имость наиб. часто используемого иодирующего агента NaI и выведение из р-ции (выпадение в осадок) NaCl или NaBr, что смещает равновесие р-ции в сторону образования RI.

Обычно смесь иодида металла и RHal в р-рителе кипятят с обратным холодильником до прекращения выпадения осадка хлорида или бромиды металла [напр., при получении (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CSH<sub>2</sub> из бромиды и NaI – 48 ч]. Выходы колеблются в широких пределах: в случае реакционноспособных органилбромидов они составляют 80–90%, при использовании третичных алкилхлоридов – 20–40% (выход повышается при проведении р-ции в присут. ZnCl<sub>2</sub> в среде CS<sub>2</sub>).

Осн. побочные продукты – олефины (результат дегидрогалогенирования RHal), а также спирты и простые эфиры.

По механизму Ф.р. – типичное биомол. нуклеоф. замещение (S<sub>N</sub>2), сопровождающееся обращением конфигурации.

Ф.р. используют в препаративной практике для синтеза орг. иодидов, к-рые трудно или невозможно получить др. способами (напр., непосредственным иодированием), а также в аналит. химии – для качеств. обнаружения орг. хлоридов и бромидов.

Р-ция открыта Г. Финкельштайном в 1910.

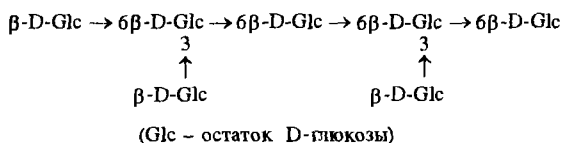
Лит.: Шрайнер Р., Фьюзон Р., Систематический качественный анализ органических соединений, пер. с англ., М., 1950; Treibs W. [u. a.], «Chem. Ber.», 1960, Bd 93, № 10, S. 2198–208. Г.И. Дрозд.

**ФИТОГОРМОНЫ**, низкомол. природные орг. в-ва, вырабатываемые определенными частями высших растений. При низких концентрациях (10<sup>-3</sup> – 10<sup>-11</sup> М) вызывают в разл. частях растений специфич. биохим., физиол. и морфологич. изменения.

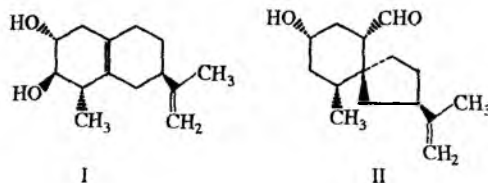
К классич. Ф. относят *ауксины*, *гиббереллины*, *цитоконины*, а также *абсцизовую кислоту* и эндогенный этилен. Св-вами Ф. обладают brassinosteroids (см. *Регуляторы роста растений*). Последние выделены из пыльцы рапса, ольхи и др. источников, служат синергистами ауксинов и гиббереллинов. Они существенно повышают урожай мн. с.-х. культур.

Новый класс Ф. – олигосахарины – биорегуляторы олигосахаридной природы (изучение их начато с 1978).

Молекулы олигосахаридов представляют собой короткие, обычно семи-, восьмичленные разветвленные олигосахаридные цепочки из простых моносахаридных звеньев. Напр., олигосахарин, образующийся из клеточных стенок патогенного гриба *Phytophthora megasperma* при заражении им сои, представляет собой разветвленный гептаглокозид:



Олигосахарины осуществляют запуск большого каскада биохим. р-ций, конечной стадией к-рых является синтез стрессовых метаболитов, или фитоалексинов, – защитных в-в, синтезируемых растениями в ответ на заражение их фитопатогенными грибами. Так, основные фитоалексины картофеля – ришитин (Ф-ла I) и лобимин (II). Олигосахарины стимулируют также биосинтез лигнина в клеточных стенках растения, препятствуя дальнейшему проникновению гриба.



По сравнению с гормонами животных специфичность биол. действия Ф. выражена слабее и четко отличается только в спец. тестах. Для Ф. характерна также разл. чувствительность к ним разных тканей растения, синергизм действия, способность растения переводить Ф. в менее активные гликозилированные производные.

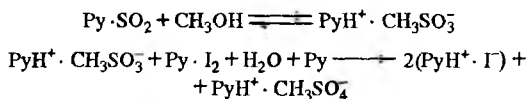
Мол. механизмы действия Ф., в особенности первичные мишени их действия, изучены недостаточно.

Лит.: Метлицкий Л.В., Озерниковская О.Л., Фитоалексины, М., 1973; Полевой В.В., Фитогормоны, Л., 1982; Дерфинг К., Гормоны растений. Системный подход, пер. с нем., М., 1985; Элберсгейм П., Дарвилл А.Г., «В мире науки», 1985, № 11, с. 16–23; Гудвин Т., Мерсер Э., Введение в биохимию растений, пер. с англ., т. 2, М., 1986, с. 203–68; Усов А.И., «Успехи химии», 1993, № 11, с. 1119–41; Moore T.C., Biochemistry and Physiology of Plant hormones. 2 ed., N.Y., Tokyo, 1989.

В.В. Оноприенко.

**ФЙТТИГА РЕАКЦИЯ**, см. *Вюрца реакция*.

**ФИШЕРА РЕАКТИВ**, 1) Р-р I<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub> в пиридине (Py) и метаноле. Получают его растворением сублимиру. I<sub>2</sub> в смеси безводного пиридина и абс. метанола, р-р охлаждают льдом и добавляют жидкий или газообразный SO<sub>2</sub> (соотношение SO<sub>2</sub>:I<sub>2</sub> = 1:1,3). Ф.р. взаимодей. с водой по схеме:



Пиридин необходим для связывания кислых продуктов р-ции и создания оптимального pH в интервале 5–8. Ф.р. применяют для прямого и обратного титриметрич. определения воды. Точку эквивалентности устанавливают по появлению или исчезновению желтой окраски I<sub>2</sub> методом амперометрии или потенциометрии. В широко распространенном кулонометрич. варианте титрование осуществляют электрогенерированным I<sub>2</sub> в р-ре, содержащем I<sup>-</sup>, SO<sub>2</sub>, пиридин и метанол.

Используют разл. модификации Ф.р. Так, вместо пиридина применяют диэтанолламин или имидазол, вместо I<sub>2</sub> и пиридина – смесь CH<sub>3</sub>COONa с KI или NaI (т. наз. ацетатный Ф.р.), вместо метанола – метил- или этилцеллозольв. Для определения влажности в-в, взаимодействующих с метанолом с выделением H<sub>2</sub>O (альдегиды, кетоны, сильные к-ты, силанолы и др.), используют Ф.р., в к-ром метанол заменен на ДМФА или смесь ксилола с трихлорэтиленом.

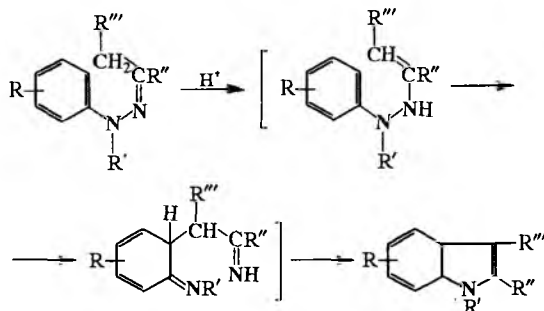
С помощью Ф.р. определяют содержание H<sub>2</sub>O (не менее 5·10<sup>-6</sup>%) в нефти, лаках, красках, лиц. продуктах, лек. ср-вах и др. Он непригоден для определения влажности окислителей и восстановителей, реагирующих с его компонентами с поглощением или выделением воды или I<sub>2</sub>.

Реактив предложен К. Фишером в 1935.

2) Р-р фенилгидразина и ацетата Na в воде (соотношение реагентов соотв. 2:3:20). Образует окрашенные озаны с углеводами. Применяется для качеств. обнаружения последних. Предложен Э. Фишером в 1884.

Лит.: Mitchell J. K., Smith D.M., Aquametry, 2 ed., Pt. 3, N.Y., 1980; Sherman F.B., «Talanta», 1980, v. 27, № 12, p. 1067–72; Scholz E., Karl Fischer Titration, N.Y., 1984. Ф.Б. Шерман.

**ФИШЕРА РЕАКЦИЯ**, синтез индолов внутримол. конденсацией арилгидразонов в присут. к-х агентов:

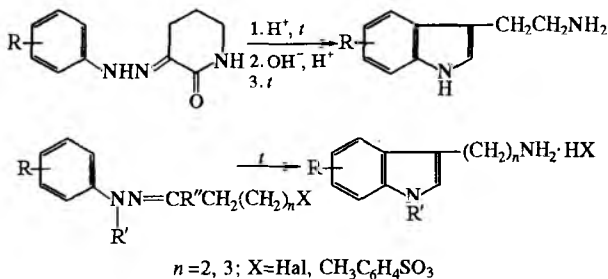


Ф. р. проводят, как правило, при нагр. р-ра арилгидразона в присут. протонной к-ты или к-ты Льюиса. Иногда ее осуществляют в присут. оснований, солей переходных металлов или термически.

В р-цию вступают арилгидразоны разл. альдегидов (труднее всего уксусного) и кетонов; электроакцепторные заместители в арильном ядре неск. затрудняют р-цию. Циклизация *мета*-замещенных фенилгидразонов приводит к смеси изомерных 4- и 6-замещенных индолов.

Считается общепринятым, что ключевой стадией процесса является кислотно-катализируемая перегруппировка енгидразинной формы арилгидразона по схеме 3,3-сигматропного сдвига (т. наз. 3,4-диазаперегруппировка Коупа; см. также *Коупа перегруппировка*) с последующей ароматизацией 6-членного и замыканием пиррольного циклов.

Частные примеры Ф. р. – синтез триптамина и гомотриптамина:



Близкие аналоги Ф. р. – р-ция Бухера – получение бензокарбазолов при нагр. нафтолов и арилгидразинов с  $\text{NaHSO}_3$ , а также синтез гидросинидолов по Бруннеру (циклизацией *N*-ацил-*N'*-арилгидразинов) и  $\alpha$ -аминоиндолов по Косту из *N*-ацил-*N'*-арилгидразинов (см. также *Коста-Сагитуллина перегруппировка*, *Бухера реакция*).

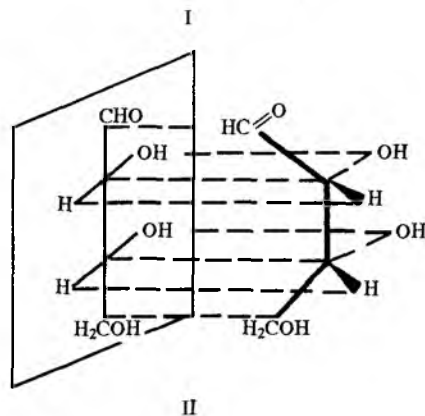
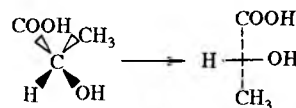
Р-ция открыта Э. Фишером в 1883.

Кроме этой р-ции Фишером было открыто еще неск. р-ций, также носящих его имя: 1) получение арилгидразинов восстановлением солей арилдiazония сульфитами щелочных металлов (1875); 2) образование озазонов при нагр. моносахаридов с избытком арилгидразина (1884); 3) получение *O*-алкилгликозидов при нагр. моносахаридов со спиртами в кислой среде (1893); 4) получение сложных эфиров при взаимод. карбоновых к-т со спиртами в присут. минер. к-т (совместно с А. Шпайером; 1895); 5) синтез ацеталей при взаимод. альдегидов со спиртами в присут.  $\text{HCl}$  (1897); 6) синтез 2-дезоксисахаров из моносахаридов (1914); 7) получение мочевой к-ты из псевдомочевой циклогидратацией под действием к-т (1895); 8) синтез 2,5-диарилкосазолов кислотной конденсацией ароматич. альдегидов с нитрилами  $\alpha$ -гидроксикислот (1896); 9) получение дипептидов гидролитич. расщеплением 2,5-дикетопиперазинов (1901); 10) синтез пептидов взаимод. хлорангидридов  $\alpha$ -галогенкарбоновых к-т с  $\alpha$ -аминокислотами или их эфирами с послед. гидролизом и аммонолизом.

Лит.: Вацуро К.В., Мищенко Г.Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976, с. 416–22; Пржевальский Н.М. [и др.], Химия гетероциклич. соединений, 1988, № 7, с. 867–80.

В.Н. Дрозд.

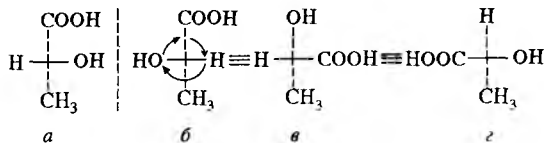
**ФИШЕРА ФОРМУЛЫ** (проекция Фишера), способ изображения на плоскости пространств. структур орг. соед., имеющих один или неск. хиральных центров. При проектировании молекулы на плоскость (рис.) асимметрич. атом обычно опускают, сохраняя лишь перекрещивающиеся линии и символы заместителей; при этом заместители, находящиеся перед плоскостью, располагают справа и слева, а за плоскостью – вверху и внизу (пунктирная линия).



Ф-лы Фишера для молекулы с одним асимметрич. атомом (I), а также схема построения такой ф-лы для соединений с двумя асимметрич. атомами (II).

Цепь молекулы с неск. асимметрич. атомами располагают в пространстве вертикально в виде равномерно выпуклой ломаной линии, обращенной выпуклостью к наблюдателю. При написании Ф. ф. обычно функц. группу (если она стоит в конце цепи) ставят наверху и главную цепь располагают вертикально.

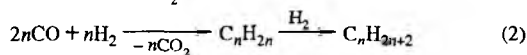
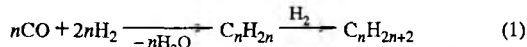
При повороте ф-лы в плоскости чертежа на  $180^\circ$ , а также в случае двух (или любого четного числа) перестановок заместителей у одного асимметрич. атома С либо при перемене местами трех заместителей по часовой или против часовой стрелки (ф-лы *б*, *в*, *г*) стереохим. смысл ф-лы не меняется; поворот ф-лы на  $180^\circ$  с выводом из плоскости, а также перемена местами двух заместителей (т.е. нечетное число перестановок) приводит к проекции антипода (*а* и *б*):



Ф. ф. широко применяют в химии углеводов. Предложены Э. Фишером в 1891.

М.А. Федоровская.

**ФИШЕРА – ТРОПША СИНТЕЗ**, каталитич. гидрирование оксида углерода с образованием смеси углеводородов; в зависимости от катализатора и условий, в к-рых осуществляется синтез, процесс преим. протекает по схеме (1) или (2):



В направлении (1) синтез идет на никелевых (напр.,  $\text{Ni-Mn-Al}_2\text{O}_3$  на кизельгуре или сплав  $\text{Ni-Si-Mn}$ ) либо ко-

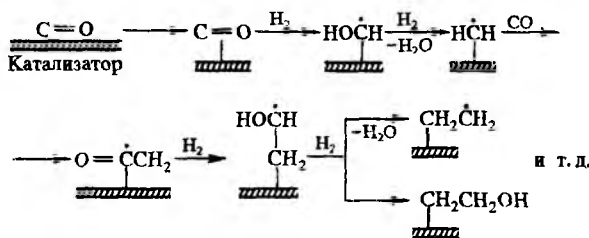
бальтовых катализаторах (напр., Co-ThO<sub>2</sub> или Co-ThO<sub>2</sub>-MgO на кизельгуре) при 175–215 °С, 0,1–1,5 МПа, объемном соотношении CO/H<sub>2</sub> ок. 1/1–1/2. Выход углеводородов в этом случае составляет 100–180 мл на 1 м<sup>3</sup> исходной газовой смеси. Пример фракционного состава для Co-катализатора: фракция с т. кип. < 150 °С («бензин») – 20–24%; 150–200 °С – 12–15%; 250–300 °С – ок. 25%; парафины 34–42%. В осн. все фракции содержат алканы с нормальной цепью; «бензиновая» фракция содержит от 8 до 40% олефинов.

На катализаторах на основе железа (напр., Fe-ZnO либо Fe-Cu-Mn на доломите или кизельгуре) при 220–250 °С, 0,5–1 МПа и объемном соотношении CO/H<sub>2</sub> ок. 2/1 – 1/1 преобладает процесс (2). Выход углеводородов до 160 мл на 1 м<sup>3</sup> газовой смеси (в т. ч. бензина и масел ок. 110 мл). В числе жидких продуктов – значит. кол-ва (до 60%) терминальных олефинов.

Парафины преим. (60–70%) образуются на рутениевых катализаторах при 180–200 °С и 10–30 МПа. На оксидах Cr, Mo, Th с добавками K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> при 475–500 °С, 3 МПа и соотношении CO/H<sub>2</sub> ок. 1/1 образуются значит. кол-ва ароматич. соединений. На оксидах Zn, Al или Th при 420–450 °С, 30 МПа и соотношении CO/H<sub>2</sub> ок. 1,2/1 осн. продукты – изоалканы (гл. обр. изобутан и изопентан).

В качестве побочных продуктов образуются в незначит. кол-вах карбоновые к-ты, спирты, альдегиды.

Механизм Ф.-Т.с. до конца не выяснен. Наиб. вероятно, что первая стадия – образование комплекса металла и CO, затем начинается синтез углеводородной цепи, напр.:



В росте цепи могут участвовать структурные единицы с одним, двумя и большим числом атомов С (образуются, напр., в результате деструкции углеводородов с длинной цепью).

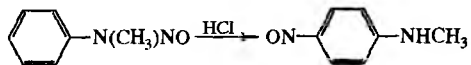
В присут. Се, Cr, Mn, Mo и нек-рых др. металлов, а также их оксидов при высоких давлениях и т-рах (ок. 15 МПа, 400–450 °С) из CO и H<sub>2</sub> образуются гл. обр. кислородсодержащие соед. (ок. 10% к-т, остальное – спирты, альдегиды, кетоны).

Ф.-Т.с. используют в пром-сти для получения жидких моторных топлив и парафинов (в большинстве стран синтез считается экономически невыгодным).

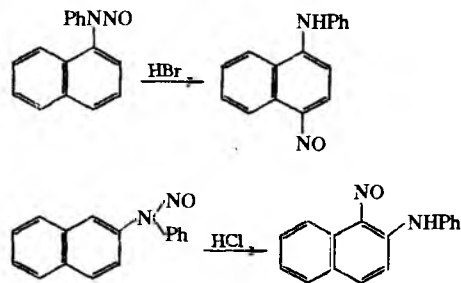
Процесс открыт Ф. Фишером и Г. Тропшем в 1923.

Лит.: Рапопорт И.Б., Искусственное жидкое топливо, 2 изд., М., 1955; Эйду с Я.Т., «Успехи химии», 1967, т. 36, в. 5, с. 824–46. Г.И. Дрозд.

**ФИШЕРА – ХЕППА ПЕРЕГРУППИРОВКА**, перегруппировка ароматич. N-нитрозаминов под действием к-т, в результате чего группа NO мигрирует к атому С ароматич. кольца, напр.:



В р-цию вступают как замещенные в кольцо, так и незамещенные вторичные N-нитрозофенил- или N-нитрозо-нафталины. Незамещенные в кольцо N-нитрозофениламинами дают исключительно *п*-нитрозопроизводные, N-нитрозо-1-нафталины – 4-нитрозопроизводные; N-нитрозо-2-нафталины превращаются в 1-нитрозо-2-нафталины, напр.:



Если заместитель находится в *para*-положении фенильного кольца по отношению к нитрозаминогруппе, то р-ция не идет. Объемные заместители у атома N обычно затрудняют р-цию и могут полностью ее блокировать. Не вступают в р-цию 1-замещенные N-нитрозо-2-нафталины (напр., 1-бром-N-метил-N-нитрозо-2-нафталин).

Р-цию проводят в смеси этанола с диэтиловым эфиром при комнатной т-ре; реже в качестве р-рителя используют H<sub>2</sub>O или CH<sub>3</sub>COOH. Катализаторами для этой р-ции м. б. мочевины, NaN<sub>3</sub>, анилин или сульфаминовая к-та. Обычно используемые к-ты – HCl или HBr; с HNO<sub>3</sub> Ф.-Х. п. не идет. Выходы колеблются в широких пределах (для незамещенных в кольцо N-нитрозо-N-алкилариламинов достигают 80–90%). Осн. побочные продукты – вторичные ариламины.

Показано, что механизм р-ции включает, в частности, денитрозирование N-нитрозамина под действием H<sup>+</sup>. Образующийся ион [H<sub>2</sub>NO]<sup>+</sup> в присут. ионов NaI<sup>-</sup> может давать нитрозилхлорид. Последний может нитрозировать вторичные ароматич. амины в *para*-положение ароматич. кольца. Показано также, что Ф.-Х. п. идет в присут. большого избытка мочевины, к-рая способна перехватывать NOCl и др. нитрозирующие агенты. Это позволяет предположить, что существует и внутримолекулярный механизм р-ции. По-видимому, перегруппировка может осуществляться по обоим механизмам.

Ф.-Х. п. используется в препаративных целях. Открыта О. Фишером и Э. Хеппом в 1886.

Лит.: Химия нитро- и нитрозогруп, пер. с англ., т. 1, М., 1972; Williams D., Wils on J., «J. Chem. Soc., Perkin Trans. II», 1974, № 1, p. 13–17.

Г.И. Дрозд.

**ФЛАВИНОВЫЕ КОФЕРМЕНТЫ**, см. Коферменты, Рибофлавин.

**ФЛАВОН** (2-фенил-4-хроменон, α-фенилхроменон), мол. м. 222,2; бесцвет. кристаллы с т. пл. 99–100 °С; хорошо раств. во мн. орг. р-рителях, плохо – в воде. В конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> раств. с фиолетовой флуоресценцией, образуя нестабильную соль бензопирилия. При нагр. с алкоколятами Ф. образует *o*-гидроксиацетофенон и бензойную к-ту (р-ция используется для определения строения производных Ф.).

В природе выделено св. 500 производных Ф. (см. Флавоноиды). Сам Ф. обнаружен в виде налета на листьях и цветах нек-рых видов примул. Так, напр., в растении *Reseda luteola* содержится лютеолин (3', 4', 5, 7-тетрагидроксифлавоны), являющийся основной желтого растит. красителя «вау»; часто встречаются также апигенин (4', 5, 7-тригидроксифлавоны) и нобилетин (3', 4', 5, 6, 7, 8-гексагидроксифлавоны). В листьях мн. злаковых в небольших кол-вах находится трицин (4', 5, 7-тригидрокси-3', 5'-диметоксифлавоны).

Осн. методы синтеза производных Ф. – конденсация разл. гидроксифенолов с этиловым эфиром ароматической к-ты ArC(O)CH<sub>2</sub>COOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub> при пониженном давлении или нагревание *o*-гидроксиацетофенона со смесью ангидрида и Na-соли ароматич. карбоновой к-ты.

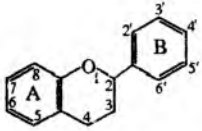
Лит. см. при ст. Флавоноиды.

М.Н. Запратов.

**ФЛАВОНОИДЫ**, растит. пигменты, представляющие собой гликозиды фенольного характера, содержащие в качестве аг-

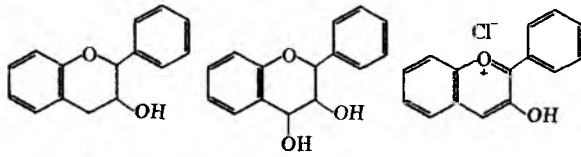
ликона гл. обр. производные флавана (2-фенилхромана, ф-ла I).

Разнообразие прир. Ф. достигается вследствие того, что они, как правило, содержат в агликоне неск. гидроксильных или метоксильных групп, причем заместители находятся преим. в положениях 5, 7, 4', 3' и 5'.



I

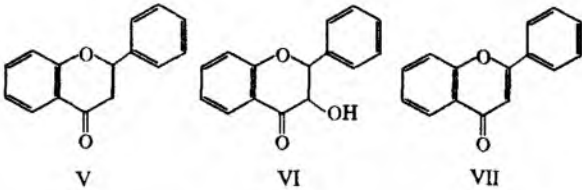
В зависимости от степени окисления центрального трехуглеродного фрагмента (атомы C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> и C<sub>4</sub>) Ф. подразделяют на производные флавана (ф-ла I), флаван-3-ола (II, катехины), флаван-3,4-диола (III), 3-гидрокси-2-фенилхромелийхлорида (IV; антоцианидины), флаванона (V), флаванолола (дигидрофлаван; VI), флавола (VII), флавонола (VIII), изофлавола (IX). К Ф. в широком смысле слова относят также соед., химически и биосинтетически связанные с ними: производные халкона (X), дигидрохалкона (XI) и ауруна (XII).



II

III

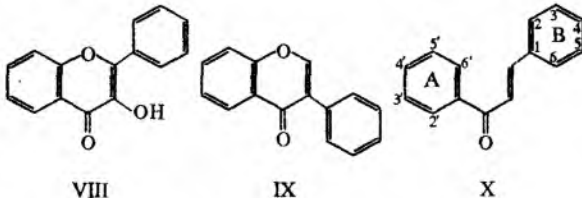
IV



V

VI

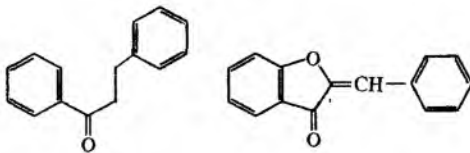
VII



VIII

IX

X



XI

XII

Большинство прир. Ф. — О-, реже С-гликозиды с одной или неск. гидроксильными или метоксильными группами; исключение составляют флавоны, среди к-рых гликозиды встречаются редко. Углеводная часть молекул Ф. обычно содержит остаток глюкозы, рамнозы, галактозы, арабинозы, ди- или трисахариды.

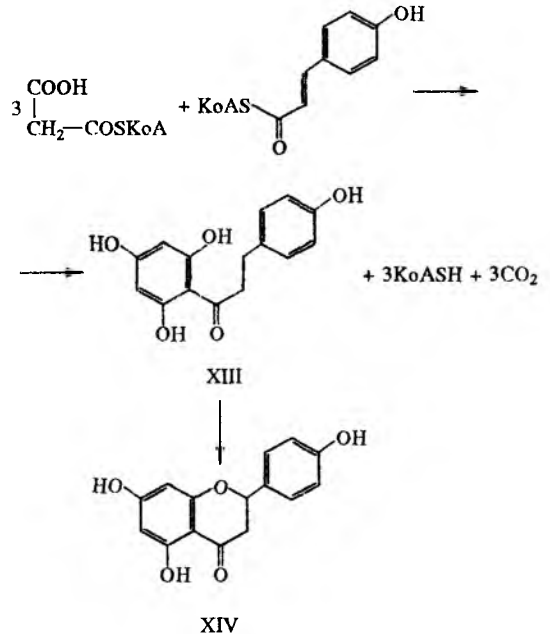
В природе наиб. широко распространены ацильные производные гликозидов антоцианидинов, флаванололов и флавонов, причем во всех известных случаях ацильный остаток (или неск. остатков) присоединяется к гидроксигруппам углеводного фрагмента. Наиб. часто ацильные остатки представлены гидроксикоричными к-тами [напр., *транс*-3-(3-гидроксифенил)пропеновой, или *n*-кумаровой, *транс*-3-(4-гидро-

кси-3-метоксифенил)пропеновой, или феруловой, либо *транс*-3-(3,4-дигидроксифенил)пропеновой, или кофейной], а также бензойными к-тами (*n*-гидроксibenзойной, бензойной и галловой), простыми карбоновыми к-тами (уксусной, малоновой, янтарной) и реже серной к-той (типично для флавонов).

Все флаваноны, флаванололы и дигидрохалконы — бесцв. кристаллы, халконы, флавоны, флавонолы и ауруны — кристаллы желтого цвета, антоцианидины (благодаря наличию оксониевой группы) имеют разл. окраску — от розовой до синей и фиолетовой (см. Антоцианы). Ф. легко образуют комплексы с ионами металлов, что используют для их идентификации методами спектроскопии. Антоцианы образуют также комплексы с флаванолами и флавонами в результате возникновения водородных связей между гидроксильными группами ангидрооснования антоцианидинов и гидроксильными группами в ароматич. ядре (копигментация). В результате такого взаимод. достигается огромное разнообразие окраски цветков растений.

Флаван-3-олы, флаван-3,4-диола и антоцианидины — нестойкие в-ва, легко окисляющиеся при нагрев., под действием прямого солнечного света, ферментов пероксидазы и фенолоксидазы. Флавоны и флаванололы, напротив, достаточно стабильны. Другие Ф. занимают промежут. положение. Ф. также значительно различаются между собой по р-римости в орг. р-рителях и воде и др. физ.-хим. св-вам.

Общий предшественник всех Ф. — 4, 2', 4', 6'-тетрагидроксихалкон (XIII), образующийся в результате катализируемой ферментом халкон-синтазой конденсации малонил-кофермента А и *n*-кумарил-кофермента А, далеким предшественником к-рого является шикимовая к-та (ф-лу к-ты см. в ст. Обмен веществ); далее тетрагидроксихалкон под действием халкон-изомеразы превращается в 5, 7, 4'-тригидроксифлаванон (нарингенин, XIV), из к-рого также ферментативным путем далее образуется большинство Ф.:



Хим. синтез Ф. обычно осуществляют конденсацией 2-гидроксиацетофенонов с ароматич. альдегидами или ацилированными фенолами с коричными к-тами или их производными; в обоих случаях образуются гидроксичалконы, циклизация к-рых в присут. к-т приводит к соответствующим флаванонам.

Флавоны и флавонолы м.б. синтезированы окислением флаванололов (напр., под действием SeO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Флаван-3-олы, флаван-3,4-диола и антоцианидины обычно получают восстановлением соответствующих флавонов или флаванололов; ан-



тоцианидины м. б. также синтезированы из полигидроксизбензальдегидов.

Ф-ции Ф. в. в растениях разнообразны и не до конца изучены. Они защищают фотосинтезирующий аппарат клетки растений от повреждающего воздействия коротковолнового УФ излучения, обладают антимутагенной активностью и играют роль индукторов (сигнальных в-в) во взаимоотношениях растений с микроорганизмами. В ряде случаев Ф. служат защитными агентами при поражении растений патогенами.

Нек-рые Ф., напр. катехин, гесперетин, рутин, кверцетин, а также производные халкона и дигидрохалкона относятся к группе витамина Р (см. *Биофлавоноиды*) и обладают капилляроукрепляющим действием. Ф. используют в медицине также в качестве радио- и гепатопротекторов, желчегонных, диуретич. и др. ср-в. Важное значение Ф. имеют в технол. процессах пищ. пром-сти, особенно в произ-ве чая, кофе, какао и виноделии, т.к. продукты окисления Ф. ответственны за специфич. вкусовые св-ва, цвет и, в известной мере, аромат продуктов переработки.

*Лит.:* Запорожцов М.Н., Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функция в растениях, М., 1993; The flavonoids, ed. by J.B. Harborne, T.J. Mabry, H. Mabry, L., 1975; The flavonoids: advances in research since 1980, ed. J.B. Harborne, L.-N.Y., 1988. М.Н. Запорожцов.

**ФЛОКУЛЯНТЫ**, в-ва, вызывающие в жидких дисперсных системах флокуляцию — образование рыхлых хлопьевидных агрегатов (флокул) из мелких частиц дисперсной фазы (см. *Коагуляция*).

Наиб. практич. значение имеет флокуляция в водной среде, вызванная высокомолекулярными Ф. — *полиэлектролитами* или неионными полимерами. При этом наиб. вероятна т. наз. адсорбционная флокуляция — соединение частиц в результате адсорбции отдельных сегментов макромолекулы цепи Ф. на разных частицах. Возможны также и др. механизмы: взаимод. между молекулами Ф., каждая из к-рых адсорбционно связана с одной частицей, неадсорбционная флокуляция, напр. вытеснительная, протекающая по механизму *гидрофобных взаимодействий*.

Адсорбционная флокуляция происходит, как правило, при оптим. соотношении концентраций Ф. и частиц дисперсной фазы. На кинетику и полноту флокуляции, а также структуру и св-ва флокул влияют, с одной стороны, мол. масса, степень ионизации, конформация макромолекул Ф., с другой — знак и плотность поверхностных зарядов, размер и форма коллоидных частиц, хим. состав их пов-сти. Наиб. эффективна флокуляция при степени адсорбционного заполнения пов-сти частиц полимером ок. 0,5. Избыток Ф. может не только ухудшить флокуляцию, но вызвать обратный процесс — дефлокуляцию, или пептизацию.

В коллоидных системах с неоднородной по составу дисперсной фазой различают общую (неизбирательную) и селективную (избирательную) флокуляцию. В первом случае флокулы образуются совокупностью частиц разной природы, во втором — преим. частицами одного из компонентов дисперсной фазы. Селективность объясняется специфичностью взаимод. Ф. с частицами определенного типа. Усилить различие в св-вах пов-сти частиц разного рода и, тем самым, увеличить селективность действия Ф. можно путем введения в систему реагентов-модификаторов, напр. низкомолекулярных электролитов или ПАВ. Флокуляция м. б. селективной также в том случае, если максимум флокулирующего действия в отношении частиц разл. типа соответствует разл. равновесным концентрациям Ф. в дисперсионной среде.

Различают неорг. и орг. Ф. Из неорг. Ф. в пром-сти применяют лишь поликремниевую к-ту. Орг. Ф. — разл. синтетич. или прир. гомо- и сополимеры гл. обр. линейного строения с мол. м.  $1 \cdot 10^4 - 1,5 \cdot 10^7$ . По способности к электролитич. диссоциации их делят на неионные и ионные (полиэлектролиты).

Среди синтетич. Ф. широко распространены полимеры и сополимеры акриламида, напр. техн. полиакриламид (ПАА), содержащий 3–8 мол. % карбоксилатных звеньев, образующихся в результате гидролиза амидных групп в процессе синтеза полимера. В пром-сти он обычно используется

как неионный Ф. Хим. модифицирование ПАА позволяет получать на его основе Ф. разл. типов и назначения. Практич. значение имеет также высокомолекулярный полиэтиленоксид — неионный Ф., часто применяемый в сочетании со стабилизаторами — антиоксидантами; в нек-рых случаях используют поливиниловый спирт.

Из анионных Ф. в пром-сти применяют: частично гидролизованный ПАА, содержащий в макромолекуле 20–40% карбоксилатных звеньев; продукты неполного щелочного (напр., реагенты гипан, К-4, К-6, К-9) или кислотного (напр., «Ока») гидролиза полиакрилонитрила с разл. соотношением нитрильных, амидных и карбоксильных (или карбоксилатных) групп; гомо- и сополимеры акриловой (АК) и метакриловой (МАК) к-т [напр., «Комета» — полиметакриловая к-та, на 50–60% нейтрализованная щелочью, метас (метасол) — сополимер метакриламида и МАК (или Na-соли МАК) при эквимолярном соотношении сомономеров, метакрил М-14 ВВ (лакрис 20) — сополимер метилметакрилата и МАК (или ее смешанной соли) при молярном соотношении 1:4]. К анионным Ф. с карбоксильными (карбоксилатными) группами относятся также сополимеры малеиновой и фумаровой к-т. Практич. интерес представляют Ф. с сильноокислотными группами (напр., сульфогруппами) на основе полистирола (напр., ВК-1), ПАА и др. полимеров.

Катионные Ф. особенно эффективны при обработке дисперсных систем с отрицательно заряженными частицами. Слабоосновные катионные Ф. — поливиниламин, полиэтиленмин, поливинилпиридины и др., содержащие в молекуле первичные, вторичные и третичные атомы азота, сильноосновные — полиэлектролиты с четвертичными аммониевыми или пиридиниевыми группами (получают исчерпывающим алкилированием атомов N слабоосновных Ф. или полимеризацией соответствующих мономерных соединений). В качестве катионных Ф. могут быть использованы полимеры аминоалкиловых эфиров АК и МАК, винилпиридинов, диаллиламина, диаллилдиметиламмонийхлорида (напр., полиэлектролит ВПК-402), продукты алкилирования полидиметиламиноэтилметакрилата и полидиэтиламиноэтилметакрилата (ВА-102, ВА-112), продукты последоват. хлорметилирования и аминирования полистирола или поливинилтолуола (ВА-2, ВПК-01), модифицированный формальдегидом и вторичным амином (по р-ции Манниха) ПАА, содержащий в макромолекуле до 30 мол. % катионных звеньев (напр., КФ-4 и КФ-6, в к-рых помимо аминогрупп имеются амидные, карбоксильные и метоксильные группы).

Полиамфолитные Ф. — обычно продукты сополимеризации кислотного (АК, МАК, малеиновый ангидрид и др.) и основного (2-винилпиридин, диаллилдиметиламмонийхлорид и др.) мономеров. В ряде технол. процессов, напр. при флокуляции биол. суспензий, полиамфолитные Ф. имеют преимущества перед Ф. анионного и катионного типов.

Природные Ф. выделяют непосредственно из растений (напр., крахмал, полиальгинаты) или получают в результате хим. переработки растит. (эфир целлюлозы, модифицир. крахмалы, лигносульфонные и гуминовые к-ты) или животного (напр., хитозан из отходов переработки крабов, креветок, крылья) сырья. К этой группе относятся также биофлокулянты, изготовляемые методами биотехнологии в виде биомассы клеток микроорганизмов или продуктов их метаболизма; хим. основа таких Ф. — гликопротеины, гетерополисахариды и др.

Используют Ф. для очистки воды бытового и пром. назначения, обезвреживания сточных вод и жидких производств. отходов, при добыче и флотационном обогащении полезных ископаемых, концентрировании latexов (путем сливкоотделения), выделении микроорганизмов из культуральной жидкости, микробиол. произ-ве кормовых белков, инсектицидов, лек. препаратов, пищ. добавок и др. В зависимости от кол-ва и дисперсности флокулируемой фазы, целей и условий флокуляции, типа применяемого реагента рабочие концентрации Ф. изменяются в широких пределах. Напр., при подготовке воды для пром. и бытовых нужд Ф. используют в концентрациях  $0,1-50 \text{ мг/дм}^3$ , а при очистке бурового раствора от

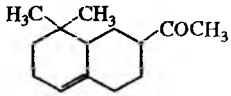
шлама — 0,1–1,5 г/дм<sup>3</sup>. Во мн. случаях для повышения эффективности действия Ф. их применяют в сочетании с неорг. коагулянтами.

*Лит.*: Нетребя В.П., Флокюляция минеральных суспензий, М., 1983; Вейнер Ю.И., Милиц Д.М., Высокомолекулярные флокюляты в процессах очистки природных и сточных вод, 2 изд., М., 1984; Запольский А.К., Баран А.А., Коагулянты и флокюлянты в процессах очистки воды, Л., 1987; Баран А.А., Тесляк А.А., Флокюляты в биотехнологии, Л., 1990.

Л.А. Шич.

**ФЛОКУЛЯЦИЯ**, см. *Коагуляция, Флокюлянты.*

**ФЛОРИОН** (7-ацетил-1,1-диметил-Δ<sup>4</sup>-окталин), мол. м. 206,32; бесцв. или желтоватая маслянистая жидкость с запахом, напоминающим запах фиалки; т. кип. 116–120 °C/2 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,9760;  $n_D^{20}$  1,5000–1,5011; не раств. в воде, раств. в этаноле. Получают метиловым синтезом из мирцена и диэтиленвинилкетона с послед. циклизацией образующегося аддукта. Применяют при



составлении парфюм. композиций.

Л.А. Хейфиц.

**ФЛОРИ-Θ-ТЕМПЕРАТУРА**, см. *Растворы полимеров.*

**ФЛОРОГЛЮЦИН**, см. *Триоксисбензолы.*

**ФЛОТАЦИЯ** (франц. flottation, англ. flotation, букв. — плавание на пов-сти воды), разделение мелких твердых частиц (гл. обр. минералов) и выделение капель дисперсной фазы из эмульсий. Основана на разл. смачиваемости частиц (капель) жидкостью (преим. водой) и на их избират. прилипанию к пов-сти раздела, как правило, жидкость — газ (очень редко твердые частицы — жидкость). Осуществляют Ф. гл. обр. с использованием спец. в-в — флотац. реагентов (флотореагентов).

### Области применения

Ф. — один из гл. методов *обогащения полезных ископаемых*. С ее помощью обогащаются: все медные, молибденовые и свинцово-цинковые руды, значит. часть бериллиевых, висмутовых, железных, золотых, литиевых, марганцевых, мышьяковых, оловянных, ртутных, серебряных, сурьмяных, титановых и др. руд; неметаллич. ископаемые — апатит и фосфориты, барит, графит, известняк (для произ-ва цемента), магнезит, песок (для произ-ва стекла), плавленый и полевоы шпаты и т. д.

Посредством Ф. можно разделять также водорастворимые соли, взвешенные в их насыщенных р-рах [напр., отделять калий (КСl) от галита (NaCl)]. Благодаря Ф. в пром. произ-во вовлекаются м-ния тонковкрашленных руд и обеспечивается комплексное использование полезных ископаемых. Ф. применяют также для очистки воды от орг. в-в (нефти, масел и др.), тонкодисперсных осадков солей и шламов, для выделения и разделения бактерий и т. д.

Помимо горноперерабатывающих отраслей пром-сти Ф. используют в хим., пищ. и др. отраслях для ускорения отстаивания, выделения твердых взвесей и эмульгир. орг. в-в; для разделения синтетич. орг. ионитов и выделения из пульп ионитов, нагруженных разл. адсорбатами; при переработке бумажных отходов для отделения чистых целлюлозных волокон от испачканных; для очистки натурального каучука от примесей; для извлечения нафталина из воды, охлаждающей коксовый газ; очистки пром. стоков и др.

### Разновидности процесса

Широкое применение Ф. привело к появлению большого числа разновидностей процесса.

**Пенная флотация** — наиб. распространенный способ Ф., к-рым в мире ежегодно обогащают 1 млрд. т горной массы — более 20 типов руд. Первый патент на этот способ был выдан братьям Адольфу и Артуру Бесселям (Германия, 1877). Согласно патенту, частицы графита, закрепившиеся на газовых пузырьках, образующихся при кипячении суспензии (пульпы), всплывали на пов-сть жидкости и выводились из зоны разделения. В дальнейшем для увеличения числа и суммарной пов-сти пузырьков такой способ их образования заменили

принудит. подачей газа (обычно воздуха) в аппарат для разделения — флотац. машину.

Физ.-хим. основы. Применительно к пенному режиму Ф. осуществляется в трехфазной среде «твердые частицы — жидкость — газ», наз. пульпой. Твердая фаза представлена частицами минералов, получаемых при дроблении и помоле руды с целью выделения полезных компонентов из сростков с минералами пустой породы; тяжелые минералы измельчают до крупности 0,1–0,2 мм, легкие (уголь, сера, фосфаты и др.) — до 0,2–3 мм. Жидкая фаза содержит воду, продукты выщелачивания минералов, флотореагенты, растворенные газы, продукты износа оборудования, коллоидные частицы и т. д. Газовая фаза состоит из пузырьков (размеры от десятков мкм до 1–2 мм), образующихся при прохождении воздуха через диспергирующее устройство (аэратор). Положит. роль во Ф. могут играть газовые пузырьки, выделяющиеся из р-ра.

Сущность элементарного акта Ф. заключается в следующем. При сближении в водной среде пузырька газа и гидрофобной пов-сти минеральной частицы (см. *Лиофильность и лиофобность*), адгезия к-рой к воде меньше когезии воды, разделяющая их водная прослойка при достижении нек-рой критич. толщины становится неустойчивой и самопроизвольно прорывается. Этот этап завершается полным смачиванием частицы, обеспечивающим прочное слипание пузырька и частицы. Вследствие того, что плотность комплексов, или агрегатов «пузырьки — частицы», меньше плотности пульпы, они всплывают (флотируют) на ее пов-сть и образуют пенный минерализованный слой, к-рый удаляется из флотац. машины.

Известно неск. модификаций пенной Ф.: вакуумная, флотогравитация, ионная, электрофлотация, Ф. с выделением CO<sub>2</sub>, пенная сепарация.

**Вакуумная флотация.** По этому способу, предложенному Ф. Элмором (Великобритания, 1906), жидкость, содержащая твердые частицы, насыщается газом, к-рый при понижении давления выделяется из нее в виде мелких пузырьков на пов-сти гидрофобных частиц.

**Флотогравитация** — комбинир. процесс обогащения полезных ископаемых, совмещающий Ф. и разделение мелких твердых частиц под действием силы тяжести или в поле центробежных сил. Процесс проводят в спец. аппаратах (концентрационные столы, винтовые сепараторы, ленточные шлюзы, концентраторы, осадочные машины). В них благодаря обработке пульпы флотореагентами и введению в нее пузырьков воздуха образуются т. наз. аэрофлокулы определенных минералов, имеющие меньшую плотность, чем частицы, не взаимодействующие с воздушными пузырьками. Создаваемое при этом различие в плотности способствует более эффективному разделению частиц минералов, в т. ч. меньшей крупности, чем при обычном гравитац. обогащении. В пром-сти флотогравитацию используют для выделения сульфидных минералов из вольфрамовых и оловянных концентратов, а также для отделения циркона от пироклора, шеллита от касситерита и др.

**Ионная флотация** разработана в 50-х гг. 20 в. (Ф. Себба, ЮАР) для очистки воды, а также извлечения полезных компонентов из разб. р-ров. Отдельные ионы, молекулы, тонкодисперсные осадки и коллоидные частицы взаимодей. с флотореагентами-собираателями, обычно катионного типа, и извлекаются пузырьками газа в пену либо пленку на пов-сти р-ра. Способ перспективен для переработки пром. стоков, минерализов. подземных термальных и шахтных вод и морской воды.

**Электрофлотация.** Для ее проведения используют пов-сть пузырьков водорода и кислорода, выделяющихся при электролитич. разложении воды.

Предложен также способ Ф., согласно к-рому в пульпу вводят пузырьки CO<sub>2</sub>, образующегося в результате хим. р-ции.

**Другие способы флотации.** Среди всех способов первой была предложена (1860) масляная Ф. (В. Хайнс, Великобритания). Для ее осуществления измельченную руду перемешивают с минеральным маслом и водой; при этом сульфидные минералы селективно смачиваются маслом, всплывают вместе

с ним и удаляются с пов-сти воды, а пустые породы (кварц, полевой шпат и др.) осаждаются. В России масляная Ф. была применена для обогащения графитовой руды (Мариуполь, 1904). В дальнейшем этот способ усовершенствовали: масло диспергировали до эмульсионного состояния, что позволило извлекать тонкие шламы, напр. марганцевых частиц.

Способность гидрофобных минеральных частиц удерживаться на пов-сти воды, в то время как гидрофильные частицы в ней тонут, была использована А. Нибелиусом (США, 1892) и А. Мак-Куистеном (Великобритания, 1904) для разработки плочной Ф. В этом процессе из тонкого слоя измельченной руды, находящегося на пов-сти потока воды, выпадают гидрофильные частицы.

В настоящее время масляная, плочная и нек-рые др. способы Ф. практически не применяются.

### Флотационные реагенты

Флотореагенты – хим. в-ва (чаще всего применяют ПАВ), к-рые добавляют при Ф. в пульпу для создания условий селективного (избирательного) разделения минералов. Флотореагенты позволяют регулировать взаимод. минеральных частиц и газовых пузырьков, хим. р-ции и физ.-хим. процессы в жидкой фазе, на границах раздела фаз и в пенном слое путем гидрофобизации пов-сти одних и гидратации пов-сти др. твердых частиц. По назначению различают три группы флотореагентов: собиратели, пенообразователи и модификаторы. По хим. составу флотореагенты бывают органическими (преим. собиратели и пенообразователи) и неорганическими (в осн. модификаторы); те и другие м. б. неионогенными, мало или практически нерастворимыми в воде, и ионогенными, хорошо растворимыми в ней в-вами.

Собиратели (коллекторы). Роль этих реагентов заключается в селективной гидрофобизации (понижении смачиваемости) пов-сти нек-рых минеральных частиц и возникновении тем самым условий для прилипания к ним газовых пузырьков. Гидрофобизация достигается вытеснением гидратной пленки с пов-сти частиц. Закрепление на ней м. б. обусловлено ван-дер-ваальсовыми силами (физ. адсорбция) либо образованием хим. связи (хемосорбция). По структурным признакам собиратели подразделяют на анионные, катионные, амфотерные и неионогенные. Молекулы анионных и катионных реагентов содержат неполярные (углеводородные) и полярные (амино-, карбокси- или др.) группы. Последние обращены к минералу, сорбируются на пов-сти частиц и гидрофобизируют ее, а неполярные группы обращены в воду, отталкивают ее молекулы и предотвращают гидратацию пов-сти частиц.

К анионным собирателям относятся соед., к-рые содержат сульфгидрильную (меркапто-) или гидроксильную группы, а также их производные – т. наз. сульфгидрильные и оксидрильные реагенты. Сульфгидрильные реагенты предназначены для Ф. минералов сульфидных руд Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Co, Ni, Fe и включают ксантогенаты (изопропил-, пентил- и этилпроизводные), дитиофосфаты (дикрезил- и диэтилпроизводные), меркаптаны и их производные (диалкилтионокарбаматы). Оксидрильные реагенты применяют для Ф. карбонатов, оксидов, сульфатов, фосфатов, фторидов и нек-рых др. минералов; к этим реагентам относятся алифатич. (карбоновые) к-ты, моноалкилсульфаты, сульфосукцинаты, алкан- и алкиларилсульфонаты, алкилгидроксамовые и алкиларилфосфорные к-ты и их соли, алкиларилловые эфиры фосфорных к-т и их соли, сульфированные алкилмоноглицериды.

Катионные собиратели, среди к-рых наиб. распространены алифатич. первичные амины, а также вторичные амины (в керосине), соли четвертичных аммониевых оснований и аминофиры с короткой разветвленной цепью, используют для Ф. калийных солей (гл. обр. KCl при отделении его от NaCl), кварца, силикатов, сульфидов и т. д.

Амфотерные собиратели имеют в своем составе амино- и карбоксильную группы, благодаря чему сохраняют активность как в кислой, так и в щелочной средах. Данные

коллекторы особенно эффективны для Ф. минералов класса оксидов в воде повышенной жесткости.

Неионогенные собиратели представлены неполярными соед. – углеводородными жидкостями преим. нефтяного происхождения (газойли, дизельные масла, керосин и т. д.), а также жирами и др. В виде водных эмульсий они служат для Ф. алмазов, графита, калийных солей, молибденита, самородной S, талька, углей, фосфатов и др. минералов с неполярной пов-стью. Совместное применение полярных коллекторов с неполярными, а также диспергирование, напр. с помощью ультразвука, эмульсий последних (что усиливает адгезионное закрепление их на пов-сти минералов за счет физ. адсорбции) существенно улучшает Ф. крупных частиц; при этом наряду с адгезией Ф. сопровождается также и хим. р-циями.

Пенообразователи (вспениватели), адсорбируясь на пов-сти раздела газ – жидкость, понижают поверхностное натяжение, способствуют образованию устойчивой гидратной оболочки пузырьков воздуха, уменьшают их крупность и препятствуют коалесценции, умеренно стабилизируют минерализов. пену. В качестве вспенивателей используют одноатомные алифатич. спирты (напр., метилизобутилкарбинол), гомологи фенола (крезолы и ксилолы), техн. продукты (пихтовое и сосновое масла), содержащие терпеновые спирты, монометиловые и монобутиловые эфиры полипропиленгликолей, полиалкоксилканы (напр., 1,1,1,3-тетраэтоксисибутан) и др. Пенообразующими св-вами обладают нек-рые собиратели (амины, карбоновые к-ты).

Модификаторы (регуляторы) позволяют сделать возможной, усилить, ослабить или исключить адсорбцию собирателей на минералах. Благодаря регуляторам уменьшается расход собирателей, достигаются разделение минералов с близкой плотностью, обогащение руд сложного состава с получением неск. концентратов. Модификаторы, улучшающие закрепление собирателей на пов-сти определенных минералов и ускоряющие Ф., наз. активаторами; регуляторы, затрудняющие закрепление коллекторов, – подавители, или депрессоры.

Для минералов класса оксидов потенциалопределяющими являются ионы  $H^+$  и  $OH^-$ ; их концентрации изменяются путем подачи к-т, щелочей и соды. Для сульфидов потенциалопределяющими служат катионы металлов и анионы  $HS^-$  и  $S^{2-}$ . Поэтому распространенным активатором при Ф. сульфидов сульфгидрильными собирателями является, напр.,  $Na_2S$ . Жидкое стекло применяют как депрессор Ф. силикатных материалов; известь и цианиды подавляют Ф. пирита, сульфидов Cu и Zn и т. д. Для снижения отрицательного воздействия на Ф. частиц микронных размеров (тонких шламов) используют разобщающие их реагенты-пептизаторы (диспергаторы); к ним относятся неорг. (напр., жидкое стекло) и орг. (декстрин, карбоксиметилцеллюлоза, крахмал, лигносульфонаты и др.) соединения. Кроме упомянутых имеются также регуляторы рН среды.

В большинстве случаев флотореагенты обладают комплексным действием (к-рое зависит от прир. состава пов-сти минералов, рН среды, т-ры пульпы и т. д.) и приведенная их классификация весьма условна.

Избирательность Ф. регулируют наряду с иными факторами подбором реагентов, ассортиментом к-рых достигает неск. сотен, и их расходом. При увеличении пов-сти флотлируемых минералов расход собирателей и активаторов возрастает. Расход пенообразователей немного увеличивается при повышенном содержании обрабатываемого минерала и грубом помоле руды. Расход депрессоров возрастает при повышенной флотлируемости подавляемых минералов, высоких концентрациях собирателей в пульпе (напр., при разделении коллективных концентратов), а также при использовании малоизбирательных коллекторов, содержащих в молекулах длинноцепочечные углеводородные радикалы (напр., высшие жирные к-ты и мыла).

Флотлируемые компоненты руды извлекаются не полностью при недостатке вспенивателей, а при их избытке ухудшается селективность Ф. Средние расходы флотореагентов невелики и обычно составляют от неск. г до неск. кг на 1 т руды.

**Флотационные процессы и оборудование**

Обогащение руд методом Ф. производят на флотационных фабриках, осн. оборудование к-рых включает флотационные машины, контактные чаны и реагентные питатели.

**Флотационные машины** предназначены для проведения собственно Ф. В них осуществляют перемешивание твердых частиц (сuspендирование пульпы) и поддержание их во взвешенном состоянии; аэрацию пульпы и диспергирование в ней воздуха; селективную минерализацию пузырьков путем контакта с обработанными флотореагентами частицами; создание зоны пенного слоя; разделение пульпы и минерализов. пены; удаление и транспортировку продуктов обогащения. Первые патент на флотационную машину выдан в 1860; первые пром. образцы машин разработаны в 1910–14 (Т. Гувер и Д. Кэллоу, США).

Широкое использование Ф. для обогащения полезных ископаемых привело к созданию разных конструкций машин. Каждая машина состоит из ряда последовательно расположенных камер с приемными и разгрузочными устройствами для пульпы; каждая камера снабжена аэрирующим и пеносъемным устройствами. Различают одно- и многокамерные флотационные колонны, в к-рых высота камер превышает их ширину более чем в 3 раза; эти аппараты применяют при флотации обогащении мономинеральных руд и флотационных отделении шламов.

Многокамерные машины позволяют реализовать сложные схемы обогащения полиминеральных руд с получением неск. концентратов.

По способам аэрации пульпы выделяют мех., пневмомех., пневмогидравлич. и пневматич. машины. В механических машинах взвешивание частиц руды (перемешивание пульпы), засасывание и диспергирование воздуха осуществляется аэратором, или импеллером. В отличие от этих устройств в пневмомеханических машинах (схему камеры см. на рис.) воздух подается в зону импеллера принудительно с

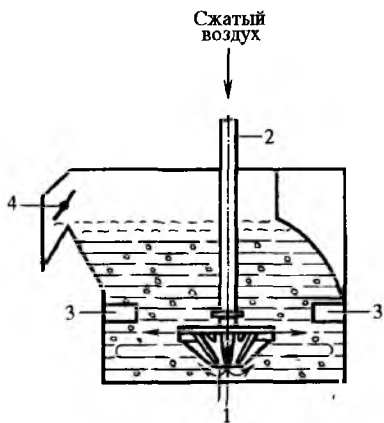


Схема камеры пневмомеханической флотационной машины: 1 – импеллер; 2 – полый вал; 3 – успокоители; 4 – пеносъемник.

помощью воздуходувки. В пневмогидравлических машинах воздух диспергируется в аэраторах спец. конструкций (напр., в эжекторах) при взаимод. струй жидкости и воздуха. В пневматических машинах воздух диспергируется при продавливании через пористые перегородки.

Работа мех. и пневмомех. машин в значит. степени определяется конструкцией импеллера, вариантом подвода к нему воздуха, особенностями перекачивания импеллером пульпы и ее циркуляции в камере. От способа перекачивания пульпы импеллером зависит особенности аэрации пульпы и гидродинамич. режим в камере. Последний определяется также размерами зоны интенсивной циркуляции пульпы. По этому признаку различают машины с придонной циркуляцией и циркуляцией во всем объеме камеры.

Характер движения потоков пульповоздушной смеси в камере зависит от конструкций статора машины (имеет вид цилиндров или пластин), устройства для удаления минерализов. пены с пов-сти пульпы (обычно применяют лопастный пеносъемник), успокоителей (предотвращают разрушение пенного слоя), межкамерных перегородок, наличия отбойников и формы камеры (имеет, как правило, скошенные снизу боковые стенки, благодаря чему исключается накопление в углах твердых частиц и облегчается их перемещение у дна от стенок к импеллеру).

Оптимальная степень разделения минералов при изменении характеристик сырья достигается путем изменения кол-ва подаваемого в камеру воздуха, толщины пенного слоя и уровня пульпы, а также производительности импеллера. Средние показатели совр. мех. и пневмомех. машин: производительность по потоку пульпы 0,2–130 м<sup>3</sup>/мин; объем камер от 12–40 м<sup>3</sup> (в России) до 30–100 м<sup>3</sup> (за рубежом). Применение большеобъемных камер позволяет на 20–30% сократить капитальные затраты, металлоемкость машин, а также их энергоемкость (достигает 1,5–3,0 кВт/м<sup>3</sup>).

По сравнению с мех. и пневмомех. машинами пневмогидравлич. флотационные машины отличаются большей скоростью, меньшими капитальными затратами, высокой производительностью, низкими металло- и энергоемкостью и т. д. Однако из-за отсутствия надежного в работе и долговечного аэрирующего устройства эти флотационные машины еще недостаточно широко применяют в практике обогащения полезных ископаемых.

Известны также мало распространенные пока машины: вакуумные и компрессионные (аэрация достигается выделением из пульпы растворенных газов); центробежные и со струйным аэрированием; электрофлотационные (аэрация пульпы пузырьками, выделяющимися при электролизе).

**Другая аппаратура.** Для обработки пульпы флотореагентами предназначены контактные чаны (кондиционеры), в к-рые сначала подаются, как правило, модификаторы, затем собиратели и далее пенообразователи. Время контактирования пульпы с реагентами составляет от неск. секунд до десятков мин. Реагентный режим Ф. определяется ассортиментом флотореагентов и порядком их ввода во флотационный процесс. Подача ингредиентов в систему в заданных кол-вах обеспечивается реагентными питателями, или дозаторами реагентов.

**Основные процессы и вспомогательные операции**

**Работа предприятий.** Флотационные процессы подразделяют на прямые и обратные. При прямой Ф. в пенный продукт, называемый концентратом, извлекают полезный минерал, в камерный продукт, называемый отходами или хвостами, — частицы пустой породы. Последние извлекают в пенный продукт при обратной Ф.

Различают также основную, перечистную и контрольную флотационные операции. Основная Ф. дает т. наз. черновой концентрат, из к-рого в результате перечистной Ф. получают готовый концентрат. Камерный продукт основной Ф. (несфлотированные частицы) подвергают одной или неск. операциями контрольной Ф. с получением отвального продукта (отходов).

Камеры флотационных машин соединяют в такой последовательности, к-рая позволяет осуществлять упомянутые операции, циркуляцию промежуточных продуктов и получать концентраты требуемого качества при заданном извлечении полезного компонента. Показатели Ф. особенно для сульфидных руд цветных металлов достигают высокого уровня. Так, из медной руды, содержащей 1,5–1,7% Cu, получают медный концентрат (35% Cu) с извлечением 93% Cu. Из медно-молибденовой руды, содержащей ок. 0,7% Cu и 0,05–0,06 Мо, производят медный концентрат (25% Cu) с извлечением 80% Cu и молибденовый концентрат (св. 50% Мо) с извлечением св. 70% Мо. Из свинцово-цинковой руды, содержащей ок. 1% Pb и 3% Zn, получают свинцовый концентрат с содержанием

св. 70% Pb (извлечение св. 90%) и цинковый концентрат с содержанием 59% Zn (извлечение св. 90%) и т. д.

Важное значение для достаточного полного разделения минералов наряду с ионным составом жидкой фазы пульпы, составом растворенных в ней газов (особенно сильно влияние кислорода воздуха), ее т-рой и плотностью, схемой и реагентным режимом Ф. имеет степень измельчения сырья. Лучше всего обогащаются частицы крупностью 0,15–0,04 мм. Для разделения частиц мельче 40 мкм наиб. пригодны флотац. колонны, в к-рых исходная пульпа после смешения с флотореагентами поступает в среднюю или верх. часть (ниже уровня пенного слоя), где встречается с восходящим потоком пузырьков воздуха, вводимого в ниж. часть.

Благодаря противотоку пульпы и воздуха, а также большей, чем в других флотац. машинах, вторичной минерализации пенного слоя достигается высокая селективность процесса. Для Ф. частиц крупнее 0,15 мм в России разработаны машины пенной сепарации, в к-рых пульпу подают на слой пены, удерживающей только гидрофобизированные частицы, а также машины кипящего слоя с восходящими потоками аэрированной жидкости.

Во флотац. машинах весьма часто наблюдается побочный процесс, заключающийся в осаждении на стенках камеры гидрофобных частиц. На этом процессе, наз. Ф. твердой стенкой, основано разделение тонких шламов (10 мкм и менее) с применением носителя – гидрофобных частиц флотац. крупности, избирательно взаимодействующих с извлекаемыми шламами; образующиеся агрегаты подвергаются обычной пенной Ф.

В технологии Ф. большое внимание уделяется качеству воды, к-рое характеризуется пределами содержания взвешенных частиц, катионов и анионов, рН, жесткостью и т. д. Для достижения требуемого качества воду подвергают спец. подготовке, включающей удаление с помощью коагулянтов и флокулянтов взвешенных частиц, электрохим. обработку, корректировку ионного состава воды подачей извести, к-т, щелочей и др. (см. также *Водоподготовка*).

Совершенство Ф., кроме качества получаемых концентратов, уровня извлечения полезных компонентов, расходов флотореагентов и т. п., определяется также степенью использования оборотной воды. Напр., на флотац. фабриках США, обогащающих фосфатные руды, при расходе воды 11,2–84,2 м<sup>3</sup> на 1 т руды доля водооборота составляет 66–95%; на фосфатных фабриках бывшего СССР расходуется 13,8–35,7 м<sup>3</sup> воды на 1 т руды при водообороте 80–100%.

Целевые продукты Ф. направляют для обезвоживания в непрерывно действующие отстойники-сгустители, гидросепараторы и гидроциклоны (40–60% влаги в сгущенном продукте), фильтры (10–15%) и сушилки (1–3% влаги). Для ускорения сгущения и отстаивания пульпы обрабатывают реагентами-флокулянтами (полиакриламид, полисахариды и др.) и магн. методами.

Ф. на обогащ. фабриках осуществляется как механизир., автоматизир. непрерывный процесс – от поступления руды до выпуска концентратов и хвостов. Регулирование крупности частиц при измельчении, подачи флотореагентов по их остаточной концентрации в пульпе, непрерывный анализ ее плотности, т-ры и рН лежат в основе автоматизир. управления работой флотац. фабрик. Важное место на них занимают внутри. транспорт сырья и готовой продукции, водо- и энергоснабжение, охрана труда и окружающей среды и др. Мощность наиб. крупных совр. фабрик по горной массе достигает 50–55 тыс. т в сут. Одна из первых в мире флотац. фабрик была пущена в России (1904).

#### Осн. направления совершенствования процесса

1. Разработка бессточных систем, основанных на использовании селективных флотореагентов, обеспечивающих разделение минералов в воде с повышенной жесткостью.
2. Более широкое применение методов электрохим. активации Ф. путем направленного изменения флотац. св-в минералов, регулирования окислит.-восстановит. потенциала и ионного состава жидкой фазы пульпы.

3. Использование флотац.-хим. технологий переработки бедных и труднообогатимых руд с целью комплексного применения сырья и охраны окружающей среды.

4. Дальнейшее совершенствование конструкций флотац. машин с камерами большой емкости, обеспечивающих снижение капитальных и энергетич. затрат, путем улучшения аэрац. характеристик машин, использования износостойких материалов, автоматизир. основных узлов.

Кроме того, совершенствование Ф. идет по пути синтеза новых флотореагентов, замены воздуха др. газами (азот, кислород), а также внедрения систем управления параметрами жидкой фазы флотац. пульпы.

*Лит.:* Краткая химическая энциклопедия, т. 5, М., 1967, с. 455–59; Теория и технология флотации руд, М., 1980; Рубинштейн Ю. Б., Филиппов Ю. А., Кинетика флотации, М., 1980; Глембоцкий В. А., Клас-сен В. И., Флотационные методы обогащения, 2 изд., М., 1981; Справочник по обогащению руд. Основные процессы, 2 изд., М., 1983; Абрамов А. А., Флотационные методы обогащения, М., 1984; Дерягин Б. В., Духин С. С., Рудев Н. Н., Микрофлотация, М., 1986; Методы исследования флотационного процесса, М., 1990; Мещеряков Н. Ф., Кондиционирующие и флотационные аппараты и машины, М., 1990; Горная энциклопедия, т. 4, М., 1989, с. 576–77, т. 5, М., 1991, с. 319–23.

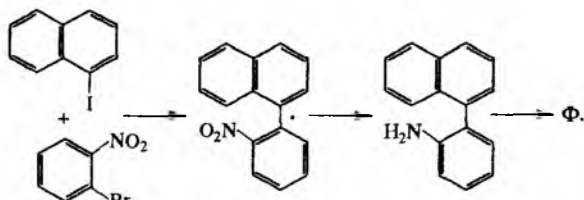
Ю. В. Рабов.

**ФЛУОРАНТЕН**, мол. м. 202,26; бесцв. кристаллы, т. пл. 110,4–111,4 °С, т. кип. 382–383 °С, 217 °С/30 мм рт. ст.;  $\Delta H_{\text{пл}}$  329 кДж/кг;  $\Delta H_{\text{гор}}^0$  –39130 кДж/кг (25 °С). Не раств. в воде, легко раств. в диэтиловом эфире, горячем этаноле.

Восстановление Ф. на в спирте приводит к 1,2,3,10b-тетрагидрофлуорантену, гидрирование в присут. Ni – к пергидрофлуорантену. Ф. окисляется хромовой к-той сначала до флуорантен-2, 3-хинона, а затем до 9-флуоренон-1-карбоновой к-ты. При электроф. замещении активны положения 3 и 8. При фотохим. бромировании в CS<sub>2</sub> образуются 3- и 8-бромпроизводные, в CH<sub>3</sub>COOH – 3,8,9-трибромфлуорантен, при нитровании HNO<sub>3</sub> в CH<sub>3</sub>COOH – смесь 3- и 8-нитропроизводных. Сульфирование конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> приводит к флуорантен-3,9-дисульфокислоте, к-рая при сплавлении с KOH превращается в 3,9-дигидроксифлуорантен. Ф. вступает в р-ции Фриделя – Крафтса: взаимодей. с CH<sub>3</sub>COCl дает смесь 3- и 8-ацетилфлуорантенов с 3,9-диацетилпроизводным, взаимодей. с бензоилхлоридом – 8-бензоилфлуорантен с примесью 4-бензоилфлуорантена, с фталевым ангидридом в CS<sub>2</sub> в присут. AlCl<sub>3</sub> образуется смесь 2-(3-флуорантеноил)- и 2-(8-флуорантеноил)бензойных к-т.

Ф. в кол-ве 2–3,5% содержится во фракции «антраценовое масло» кам.-уг. смолы.

В пром.-сти Ф. получают перегонкой кам.-уг. смолы; очищают перекристаллизацией. Препаративно синтезируют по схеме:



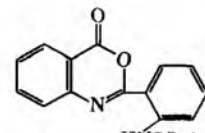
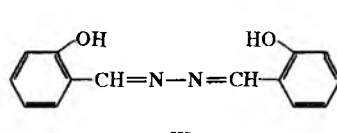
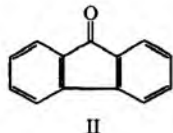
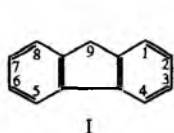
Применяют Ф. для получения флуоресцентных красителей; тетрагидропроизводные Ф. – исходные продукты в синтезе нек-рых лек. ср-в.

*Лит.:* Клар Э., Полициклические углеводороды, пер. с англ., т. 2, М., 1971, с. 292–301; Соколов В. З., Харлампович Г. Д., Производство и использование ароматических углеводородов, М., 1980; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 14, Weinheim, 1977, S. 685.

Н. Н. Артамонова.

**ФЛУОРЕН** (o,o'-дифениленметан), ф-ла I, мол. м. 166,2; бесцв. кристаллы, флуоресцирующие в УФ свете; т. пл. 116–117 °С, т. кип. 293–295 °С;  $d_4^{20}$  1,181;  $\Delta H_{\text{пл}}$  121 кДж/кг;  $\Delta H_{\text{гор}}^0$  –39940 кДж/кг;  $\mu$  1,9347 · 10<sup>-30</sup> Кл · м;  $pK_a$  22,9. Хорошо раств. в диэтиловом эфире, плохо – в этаноле, не раств. в воде.

Ф. окисляется кислородом воздуха до 9-гидропероксифлуорена, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> в CH<sub>3</sub>COOH – до флуоренона (II), т. пл. 84 °С,



т. кип. 342 °С), HI и красным Р восстанавливается до пергидрофлуорена. Легко образует карбанион по атому С-9; при конденсации с ароматич. альдегидами дает 9-арилиденфлуорены, при нагр. с Na или NaNH<sub>2</sub> – 9-натрийпроизводное, с акрилонитрилом и бензилхлоридом в присут. катализатора – соответствующие 9,9-дизамещенные. Электроф. замещение происходит предпочтительно по положению 2; галогенирование SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> или Cl<sub>2</sub> в CH<sub>2</sub>Cl на холоде приводит к 2-хлорфлуорену, дальнейшее хлорирование – к 2,7-дихлор- и 2,4,7-трихлорфлуоренам, нитрование – к 2-нитропроизводному, сульфирование – к 2-сульфо- и 2,7-дисульфопроизводным. С динитробензолом, тринитротолуолом, пикриновой к-той Ф. образует мол. соед. (т. пл. пикрата 80–82 °С).

Ф. содержится в кам.-уг. смоле (1,3–2%); выделяется из ее антраценовой фракции (210–308 °С) кристаллизацией с послед. перекристаллизацией из бензина. Препаративные способы получения – пиролиз ацетилен, пропускание паров дифенилметана через раскаленную трубку.

Ф. – исходный продукт для получения красителей, стабилизатор полимеров. Монокристаллы Ф. применяют для изготовления сцинтилляц. счетчиков.

Лит.: Клар Э. Полициклические углеводороды, пер. с англ., т. 2, М., 1971, с. 46–52; Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 14, Weinheim, 1977, S. 685. Н. Н. Артамонова.

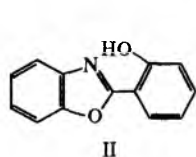
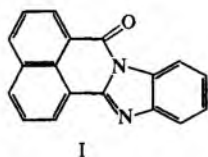
**ФЛЮОРЕСЦЕНТНЫЕ КРАСИТЕЛИ** (флуоресцирующие красители), обладают способностью флуоресцировать, т. е. превращать поглощенный свет в более длинноволновое видимое излучение.

По хим. строению Ф. к. – ароматич. и гетероциклич. соед. с электронодонорными и(или) электроноакцепторными заместителями. Наиб. интенсивная флуоресценция наблюдается тогда, когда 5- и 6-членные гетероциклы включены в развитую систему сопряженных связей. Существенную роль играет жесткость молекулы, исключающая возможность безызлучат. траты энергии возбуждения на колебания и вращение отдельных фрагментов системы. Электронодонорные заместители в большинстве случаев повышают, а электроноакцепторные (особенно NO<sub>2</sub>) – понижают интенсивность свечения.

Ф. к. могут применяться либо в разбавленных р-рах (при этом увеличение концентрации Ф. к. снижает интенсивность флуоресценции, т. наз. эффект концентрационного тушения), либо в кристаллич. состоянии.

К Ф. к. относятся широко применяемые в быту и технике отбеливатели оптические, а также соед. ряда флуоресцеина и родамина (см. Ксантеновые красители). Последние используются в виде твердых р-ров в легко дробящихся смолах (напр., глифталевых или меламино-формальдегидо-толуолсульфамидных) при изготовлении т. наз. дневных флуоресцентных пигментов. Эти пигменты придают краскам повышенную яркость (в 1,5–2 раза выше, чем у обычных красок) благодаря тому, что к отраженной части видимого спектра прибавляется флуоресценция.

В качестве Ф. к. применяют: 3-метоксисбензатрон и соед. ф-лы I – для окрашивания полимеров в массу; 2-(2-гидрокси-фенил)бензоксазол (II) и салицилальдазин (III) – для мечения биол. объектов и для флуоресцентного анализа неорг. ионов; производные 5-арилиденбарбитуровой к-ты, а также произ-



водные хиазолина и бензоксазина (напр., IV) – для автоматиз. считывания нанесенной информации, сортировки почтовой корреспонденции, защиты ценных бумаг от подделок.

Лит.: Красовицкий Б. М., Болотин Б. М., Органические люминофоры, 2 изд., М., 1984. Б. М. Болотин.

**ФЛЮОРЕСЦЕНТНЫЕ ОТБЕЛИВАТЕЛИ**, см. Отбеливатели оптические.

**ФЛЮОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ**, см. Люминесцентный анализ.

**ФЛЮОРЕСЦЕНЦИЯ**, см. Люминесценция.

**ФЛЮОРЕСЦИРУЮЩИЕ КРАСИТЕЛИ**, то же, что флуоресцентные красители.

**ФЛЮОРИТ** (плавиковый шпат), минерал CaF<sub>2</sub>. Иногда содержит примеси Y (от 15 до 40%; иттрифлюорит), PЗЭ, Mn, Sr (до десятых долей %). Плотность 3180–3200 кг/м<sup>3</sup>. Твердость по минералогич. шкале 4. Кристаллич. структура ионного типа; катионы Ca<sup>2+</sup> образуют плотнейшую кубич. упаковку, все тетраэдрич. пустоты к-рой заняты ионами F<sup>-</sup> (см. Кальция фторид, Кристаллическая структура). Встречается в виде кубич. или октаэдрич. кристаллов, зернистых или сплошных агрегатов. Окраска разнообразная: от фиолетовой до черной, желтая, голубая, зеленая, пурпурная и др.; бывает и бесцветным; часто полихромным. Ярко флуоресцирует в УФ лучах (цвет зависит от примесей PЗЭ). Наблюдается также термолюминесценция. Ф. – распространенный минерал, встречается пл. обр. в гидротермально-метасоматич. месторождениях, залегающих среди карбонатных пород (чаще всего известняков), иногда в осадочных породах.

Ф. – исходное сырье для получения фтористоводородной к-ты HF и криолита Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, используемого в алюминийевой промышленности; флюс в черной и цветной металлургии; компонент стекол, эмалей, глазурей. Бесцветные прозрачные бездефектные кристаллы применяются для изготовления разл. оптич. приборов. Выращивают синтетич. кристаллы Ф., к-рые используют как оптич. и лазерный материал. Л. Г. Фельдман.

**ФОЛАЦИН** (витамин B<sub>9</sub>, витамин B<sub>12</sub>, фолат), группа соед., включающая фолиевую к-ту (ф-ла Ia) и ее производные.

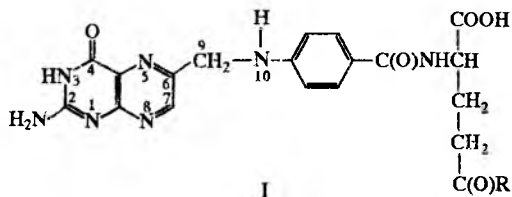
Фолиевая к-та (N-птероил-L-глутаминовая к-та) – мол. м. 441,41; бледно-желтые кристаллы, разлагается при t-ре 250 °С; [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> 19,9 (концентрация 1% в 0,1 н. NaOH); очень плохо раств. в воде (0,001% при 2 °С и 0,05% при 100 °С), этаноле, легко – в разб. р-рах щелочей, раств. в разб. к-тах, не раств. в ацетоне, диэтиловом эфире, хлороформе и углеводородах; λ<sub>max</sub> в 0,1 н. NaOH (рН 13) 256, 282 и 365 нм (ε соотв. 30 000, 26 000 и 9 800). Фолиевая к-та стабильна в слабосиловых и нейтральных водных р-рах; в водных р-рах на свету и в щелочных р-рах в присут. O<sub>2</sub> быстро разлагается на n-аминобензоилглутаминовую к-ту и 6-формилптерин, окисляющийся в 6-птеринкарбоную к-ту. В отсутствие O<sub>2</sub> в щелочных р-рах устойчива. При нагр. с минер. к-тами легко гидролизуетсся с образованием 6-метилптерина.

Фолиевая к-та широко распространена в природе, присутствуя во всех животных, растит. и микробных клетках. Особенно велико ее содержание в листьях зеленых растений и в таких продуктах питания (приводится кол-во фолиевой к-ты в мкг в 100 г продукта), как печень (240), почки (56), зеленые овощи (петрушка – 110, салат – 48), хлеб из целого зерна и муки грубого помола (20–30). Мясо, яйца и молоко более бедны фолиевой к-той (4–15).

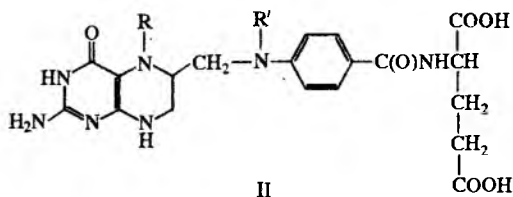
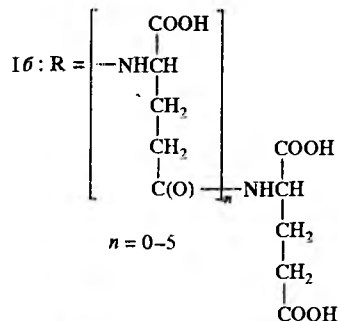
Животные не способны к синтезу фолиевой к-ты. Растения и микроорганизмы синтезируют ее из n-аминобензойной к-ты и гуанозинтрифосфата, используемого в качестве предшественника птериноидной части молекулы фолиевой к-ты.



Биологически активные формы фолиевой к-ты — 5,6,7,8-тетрагидрофолиевая к-та (ТГФК; II а) и ее производные (коферментные формы Ф.).



Ia: R = OH



- II а: R = R' = H  
 II б: R = CH<sub>3</sub>, R' = H  
 II в: R + R' = CH<sub>2</sub>  
 II г: R + R' = CH = NH, (N<sup>+</sup>-5)  
 II д: R = H, R' = CHO  
 II е: R = CHO, R' = H  
 II ж: R = CH = NH, R' = H

Превращение фолиевой к-ты в ТГФК в животных тканях происходит в два этапа: на первом фолиевая к-та, присоединяя два атома H, превращается в дигидрофолиевую, на втором происходит присоединение еще двух атомов H, в результате чего образуется ТГФК. Оба этапа катализирует фермент *тетрагидрофолатдегидрогеназа*.

Фолиевая к-та и ее коферментные формы присутствуют в тканях в виде т. наз. конъюгированных форм, или птероил-полиглутаматов, в к-рых вместо одного остатка глутаминовой к-ты содержится от 2 до 7 ее остатков, связанных пептидными связями (ф-ла I б).

Участвуя в качестве кофермента в разл. ферментативных р-циях, связанных с отщеплением одноуглеродных фрагментов, ТГФК осуществляет их перенос, выступая в одних р-циях в качестве акцептора, в других — в качестве донора этих фрагментов.

К числу одноуглеродных фрагментов, переносимых ТГФК в этих превращениях, относятся группы CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>, —CH=, CHO, CH=NH. Присоединяя эти группы, ТГФК образует след. производные: 5-метил- (II б), 5,10-метилен- (II в), 5,10-метинил- (II г), 10-формил- (II д), 5-формил- (II е) и 5-формиминотетрагидрофолиевые к-ты (II ж). Взаимопревращения этих производных образуют т. наз. цикл фолиевой к-ты.

Осн. источники одноуглеродных фрагментов, акцептируемых ТГФК в р-циях катаболизма, — α-C-атом глицина, β-C-атом серина, атом C-2 индольного кольца гистидина, а

также образующиеся в организме в процессе обменных р-ций СНООН, СН<sub>2</sub>О и ряд др. соединений.

Важная ф-ция коферментных форм Ф.— их участие в биосинтезе пуриновых оснований (аденина и гуанина). В этом процессе 10-формил- и 5,10-метинил-ТГФК служат источниками соотв. атомов C-2 и C-8 пуриновых оснований.

В биосинтезе пиримидинового кольца фолатные коферменты непосредственного участия не принимают, но они служат источником группы СН<sub>3</sub> при образовании дезокситимидинмонофосфата (дТМФ) из дезоксиуридинмонофосфата.

Участие коферментных форм Ф. в биосинтезе дТМФ и пуриновых оснований, входящих в состав ДНК и РНК, определяет важную роль этого витамина в биосинтезе нуклеиновых к-т, в процессах роста и развития, пролиферации (увеличение числа клеток) тканей, в частности, в процессах кроветворения и эмбрионального развития.

Фолиевая к-та всасывается в тонком кишечнике преим. в виде свободной птероилмоноглутаминовой к-ты. Поскольку фолаты пищи представлены гл. обр. полиглутаматами, то необходимым условием их всасывания и утилизации является их предварит. расщепление γ-L-глутамил-карбоксипептидазой (конъюгазой), присутствующей в больших кол-вах в желчи, соке поджелудочной железы, стенке тонкого кишечника и др. тканях.

При недостаточном потреблении Ф. страдают прежде всего ткани, для к-рых характерен интенсивный синтез нуклеиновых к-т и высокая скорость деления клеток (кроветворные органы и слизистая оболочка кишечника). Развивается т. наз. макроцитарная анемия. Со стороны органов пищеварения выявляются стоматит, гастрит и энтерит. Дефицит Ф. во время беременности ведет к недоношенности, гипотрофии новорожденных, нарушениям их развития, появлению врожденных уродств.

Хим. (в т. ч. пром.) синтез фолиевой к-ты осуществляют по одной из след. схем: одновременной конденсацией 2,4,5-триамино-6-гидроксипиримидина, 2,3-дибромпропионового альдегида и N-(p-аминобензоил)-L-глутаминовой к-ты; постепенным наращиванием молекулы фолиевой к-ты, начиная с пиримидиновой части молекулы или с p-аминобензоил-L-глутаминовой к-ты.

Фолиевую к-ту, полученную пром. синтезом, применяют в качестве обязат. компонента заменителей женского молока и др. детских питат. смесей, она входит в состав премиксов, используемых для обогащения витаминами разл. продуктов питания (молока, хлебобулочных изделий, безалкогольных напитков и др.), а также кормов сельскохозяйственных животных, входит в состав поливитаминных и комплексных витаминно-минеральных препаратов профилактич. или лечеб-ного назначения.

Фолиевая к-та применяется для профилактики и лечения макроцитарной анемии, при лейкопениях, хронич. гастроэнтероколитах, после резекции кишечника. Дополнит. профилактич. прием фолиевой к-ты (лучше в составе поливитаминных или витаминно-минеральных препаратов) полезен женщинам детородного возраста, беременным и кормящим матерям.

Нек-рые производные фолиевой к-ты — аминоптерин (4-аминоптероилглутаминовая к-та) и аметоптерин (4-амино-10-метилптероилглутаминовая к-та), или метотрексат, являются ее биол. антагонистами (антивитаминами) и подавляют рост и деление клеток. В связи с этим их применяют при лечении острых лейкозов и ряда онкологич. заболеваний. Антагонистами фолиевой к-ты являются также *сульфаниламидные препараты*, нарушающие у микроорганизмов биосинтез фолиевой к-ты.

Рекомендуемая норма потребления фолиевой к-ты взрослыми мужчинами и женщинами составляет 200 мкг в сутки, увеличиваясь при беременности и кормлении грудью в 2-3 раза.

Лит.: Березовский В. М., Химия витаминов, 2 изд., М., 1973; Витамины, под ред. М. И. Смирнова, М., 1974; Экспериментальная витаминология, под ред. Ю. М. Островского, Минск, 1979; Brody T. [a. o.], in: Handbook of vitamins. Nutritional, biochemical and clinical aspects, ed. by L. J. Machlin, N. Y.—Basel, 1984, p. 459-96; Isler O. [u. a.], Vitamine II. Wasserlösliche Vitamine, Stuttgart.—N. Y., 1988.

В. Б. Спиричев

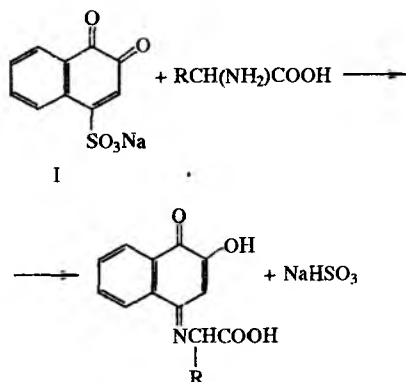
**ФОЛИЕВАЯ КИСЛОТА**, см. Фолицин.

**ФОЛИНА РЕАКЦИЯ.** 1) Восстановление реактива Фолина, к-рый представляет собой водный р-р  $H_7[P(W_2O_7)_6]$  и (иногда)  $H_7[P(Mo_2O_7)_6]$ . Собственно реактив Фолина готовят след. образом: 100 г вольфрамата Na, 150 мл  $H_2O$  и 33 мл 85%-ной  $H_3PO_4$  кипятят с обратным холодильником в течение часа, добавляют 0,2–0,25 мл  $Br_2$  и кипятят до удаления паров последнего, затем разбавляют водой до 1 л. Этот реактив предложил в 1912 О. Фолин для определения фенолов.

Часто под реактивом Фолина подразумевают реактив Фолина-Чиокалтеу, к-рый готовят неск. иначе: 100 г вольфрамата Na, 25 мг молибдата Na, 700 мл  $H_2O$ , 50 мл 85%-ной  $H_3PO_4$  и 100 мл HCl кипятят с обратным холодильником 10 ч, затем добавляют 150 г сульфата Li, 50 мл  $H_2O$  и 3–4 капли  $Br_2$ , избыток к-рого удаляют кипячением в течение ок. 15 мин; смесь охлаждают, разбавляют водой до 1 л и фильтруют. Используют и др. модификации реактива Фолина.

Ф. р. и ее варианты применяют для обнаружения и фотометрич. определения фенолов, тиолов и дисульфидов (цистина, цистеина), пуриновых оснований (гуанина, ксантина, 2-гидроксиаденина), мочевой к-ты, пептидов и белков, содержащих тирозин и триптофан. В присут. перечисленных соед. в щелочной среде реактив Фолина восстанавливается до синих оксидов  $WO_2 \cdot nWO_3$  или  $MoO_2 \cdot nMoO_3$ . Интенсивность синей окраски измеряется при длине волны 540–780 нм, чаще 620–660 нм.

2) Взаимодействие Na-соли 3,4-нафтохинон-1-сульфокислоты (ф-ла I) с аминокислотами в слабощелочной среде с образованием хиноидного соед. коричнево-красного цвета с максимумом поглощения при 500–540 нм:



Р-цию применяют для определения аминокислот в биол. р-рах, напр. крови. Р-ция неспецифична, т.к. большинство др. первичных аминов дает окраску в тех же условиях.

Лит.: Мазор Л., Методы органического анализа, пер. с англ., М., 1986, с. 493; Kakáč B., Vejdělek Z.J., Handbuch der photometrischen Analyse organischer Verbindungen, Bd 1–2, Prague, 1974. Н. К. Куцева.

**ФОЛИОН** (метилловый эфир 2-гептин-1-карбоновой к-ты),  $CH_3(CH_2)_4C \equiv CCOOCH_3$ , мол. м. 154,21; бесцв. или слегка желтоватая жидкость с сильным и резким навязчивым запахом, приобретающим при разбавлении запах свежих листьев фиалки; т. кип. 216,8 °C; 85–86 °C/15 мм рт. ст.;  $d_{15}^{20}$  0,929–0,930;  $n_D^{20}$  1,446–1,449; давление пара 9,02 Па (20 °C); раств. в этаноле [в 60%-ном 1 : 18, в 80%-ном 1 : (1,5–2,5)] и маслах, не раств. в воде. В природе не найден. Получают действием  $CH_3OH$  на гептинкарбоновую к-ту (образуется действующим  $CO_2$  на гептинид Na). Применяют как душистое в-во при составлении парфюм. композиций с запахом фиалки.

Л. А. Хейфиц.

**ФОЛЛИКУЛОСТИМУЛИРУЮЩИЙ ГОРМОН** (ФСГ, фоллитропин), гликопротеин, молекула к-рого состоит из 2 разл. по структуре субъединиц ( $\alpha$ -ФСГ и  $\beta$ -ФСГ), нековалентно связанных друг с другом; мол. м. ок. 30 тыс. Молекулы ФСГ человека и разных видов животных, обладая значит. гомологией, совпадают не полностью.  $\alpha$ -ФСГ идентична  $\alpha$ -субъ-

единицам лютеинизирующего гормона, тиреотропного гормона и хорионического гонадотропина той же видовой принадлежности и включает 92 аминокислотных остатка.  $\beta$ -ФСГ специфична для данного гормона, ее полипептидная цепь состоит из 118 аминокислотных остатков. Видовых различий в структуре  $\alpha$ -субъединицы значительно больше, чем в структуре  $\beta$ -ФСГ.

Углеводная часть ФСГ составляет ок. 15% его мол. м. и характеризуется гетерогенностью. В ее состав входят D-манноза, D-галактоза, L-фукоза, N-ацетилглюкозамин, N-ацетилгалактозамин и сиаловая к-та. Каждая из субъединиц ФСГ содержит по 2 олигосахаридные цепи, соединенные с полипептидной цепью N-гликозидной связью, образуемой остатками N-ацетилглюкозамина и амидной группой остатков аспарагина.

Специфич. биол. св-ва ФСГ обусловлены  $\beta$ -субъединицей, к-рая приобретает биол. активность только после соединения с  $\alpha$ -субъединицей. Молекула ФСГ сравнительно легко диссоциирует на субъединицы, напр. под влиянием мочевины или пропионовой к-ты. Изолир.  $\alpha$ - и  $\beta$ -ФСГ, полученные в результате диссоциации молекулы ФСГ, могут вновь рекомбинировать с образованием биологически активной молекулы ФСГ. Олигосахаридные цепи необходимы для соединения субъединиц и поддержания надлежащей конформации молекулы, защищают полипептидные цепи субъединиц от расщепления протеолитическими ферментами.

ФСГ вырабатывается и секретируется в кровь специализир. клетками передней доли гипофиза. Синтез и секреция ФСГ гипофизом регулируется гонадолиберинем, обладающим стимулирующим эффектом, белковым гормоном половых желез ингибином, подавляющим секрецию ФСГ, а также половыми стероидными гормонами – андрогенами и эстрогенами.

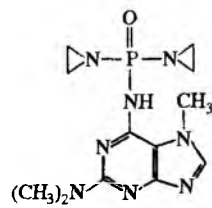
$\alpha$ -Субъединица ФСГ и трех др. родственных гормонов кодируются одним геном,  $\beta$ -ФСГ – отдельным геном. В процессе биосинтеза вначале синтезируется на отдельных матричных РНК полипептидная цепь каждой из субъединиц. Синтез и присоединение олигосахаридных цепей происходит в процессе трансляции субъединиц и после ее завершения. Во время котрансляционного гликозилирования богатые маннозой олигосахаридные фрагменты присоединяются к остаткам аспарагина. При посттрансляционном гликозилировании отдельные остатки маннозы элиминируются и добавляются внешние, терминальные, остатки сахаров (галактозы, фукозы и N-ацетилглюкозамина). При этом может происходить сульфирование концевых остатков тексозаминов.

Физиол. роль ФСГ заключается в регуляции ф-ции половых желез. При этом он действует совместно с лютеинизирующим гормоном. ФСГ стимулирует рост и созревание фолликулов в яичниках у самок, развитие и созревание сперматозоидов в семенниках у самцов, усиливает секрецию половыми железами эстрогенов и андрогенов, повышает чувствительность половых желез к лютеинизирующему гормону.

ФСГ выделяют из гипофизов животных и человека. Препараты ФСГ для мед. применения получают из мочи женщин после наступления менопаузы – последнего менструальноподобного кровотечения.

Лит.: Физиология эндокринной системы, Л., 1979, с. 76–85; Pierce J.G., Parsons T.F., «Ann. Rev. Biochem.», 1981, v. 50, p. 465–95; Fiddes J.C., Talmadge K., «Recent Prog. Horm. Res.», 1984, v. 40, p. 43–78; Salesse R. [a. o.], «Biochimie», 1991, v. 73, № 1, p. 109–20. А. А. Булатов.

**ФОПУРИН** (2-диметиламино-6-диэтиламинофосфамидо-7-метилпурин), мол. м. 322,10; бесцв. кристаллы, раств. в воде, 95%-ном этаноле, легко раств. в хлороформе. Р-ры иногда опалесцируют. Получают Ф. многостадийным синтезом из теобромина через промежуточное образование дихлорангидрида 2-диметиламино-7-метилпуринил-6-амидофосфорной к-ты, к-рая взаимодействует с этилендиаминем в присут.  $K_2CO_3$ . Ф. содержит алкилирующие группы и, в то же время, близок по строению к антиметаболитам пуринового обмена. Благодаря алкилирующей и антиметабо-



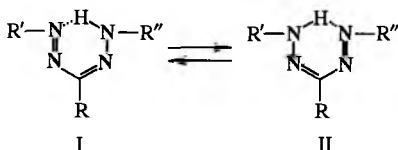
литной активности Ф. влияет на клетки на всех стадиях клеточного цикла и является противоопухолевым препаратом широкого спектра действия. Малотоксичен. Применяется при остром и хронич. лейкозах, кожных ретикулезах, ретинобластоме, псориазе.

Лит.: Проценко Л.Д., Булкина З.П., Химия и фармакология синтетических противоопухолевых препаратов, К., 1985, с. 112-17.

А. С. Соколова.

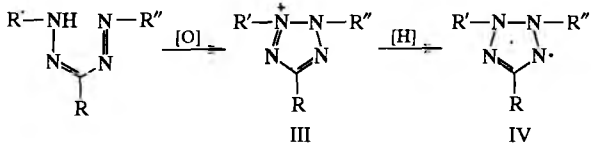
**ФОРМАЗАНЫ**, содержат в молекуле азогидразонную группу  $N=N-C=N-N$  (указан порядок нумерации для замещенных Ф.). Незамещенный Ф. неизвестен. Наиб. распространены 1,5-ди- и 1,3,5-тризамещенные Ф.

Ф., имеющие разные заместители в положениях 1 и 5, существуют в таутомерных формах (ф-лы I и II):

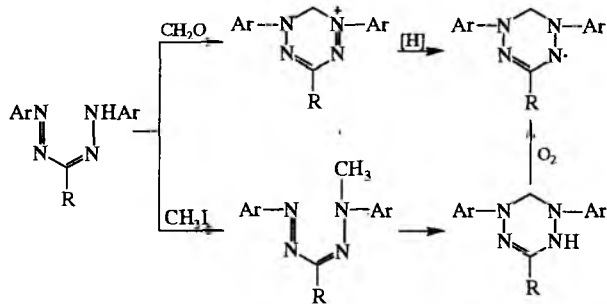


Ф. проявляют амфотерные св-ва. Так, 1,5-диарилформазаны  $ArN=NCH=NNHAr$  благодаря легкости диссоциации связи  $N-N$  обладают слабокислыми св-вами (для 1,5-дифенилформазана  $pK_a$  16,5), в сильнокислых средах наличие атомов N обуславливает протонирование Ф. как оснований.

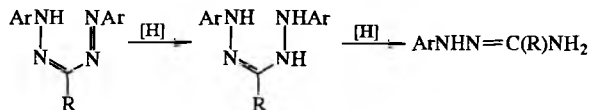
Одна из наиб. важных р-ций Ф. – окисление их с образованием тетразолиевых солей (III); окислители – амилнитрит с HCl, тетраацетат свинца, N-бромсукцинимид, хлор и др.). При восстановлении тетразолиевых солей амальгамой Al и пропифеноном в основных и кислых средах образуются своб. радикалы – тетразолилы (IV); последние присутствуют в неочищенных образцах Ф. и тетразолиевых солей):



Конденсация Ф. с алифатич. альдегидами в присут. к-т или оснований приводит к образованию вердазилиевых ионов, к-рые избытком альдегида в щелочной среде восстанавливаются до *вердазилиевых радикалов*. Последние м. б. получены также алкилированием Ф. первичными алкилгалогенидами или диалкилсульфатом с послед. циклизацией образующихся N-алкилформазанов в лейковердазилы и окислением  $O_2$  воздуха:

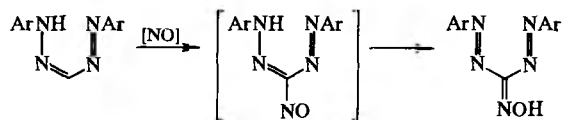


При действии на Ф. восстановителей (сульфид аммония, дитионит Na, фенилгидразин, меркаптаны,  $LiAlH_4$ ) сначала восстанавливается азогруппа с образованием карбогидразида, а затем происходит разрыв связи  $N-N$  и образуются амидразоны:



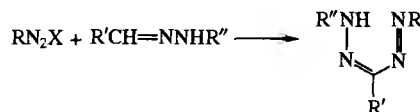
1,3,5-Тризамещенные Ф. алкилируются (арилируются) с образованием N-алкил(арил)производных. Ф., замещенные в положении 3 на Cl, Br,  $NO_2$  и др., вступают в р-цию с нуклеоф. реагентами, давая соответствующие продукты замещения. 1,5-Дизамещенные Ф. аминотетилируются по атому C в условиях *Манниха реакции*.

При действии галогенов на 1,5-диарилформазаны происходит замещение водорода метиновой группы с одновременным галогенированием фенольных фрагментов. При нитрозировании образуются C-нитропроизводные, существующие в стабильной арилазooksимной форме:

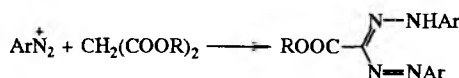
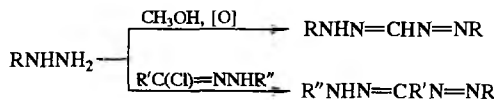


Ф. образуют с металлами ( $Cu^{2+}$ ,  $Co^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$  и др.) ярко окрашенные комплексные соединения.

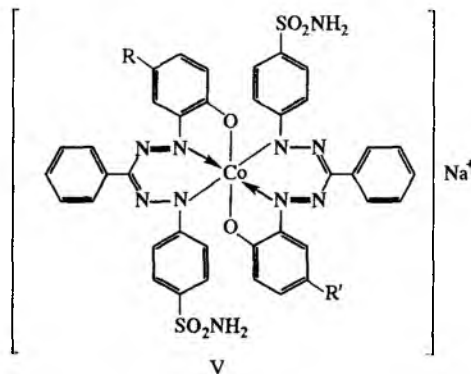
Осн. способ получения 1,3,5-тризамещенных Ф. – взаимодействие диазониевых соед. с гидрозами альдегидов в щелочной среде:

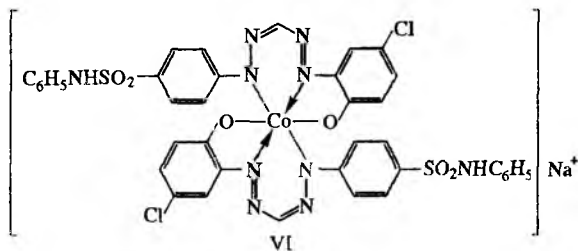


Ф. могут быть получены окислит. сочетанием производных гидразина (обычно N-замещенных производных бензимидазолгидразина) со спиртами, альдегидами или гетарилгидразонами альдегидов либо взаимодей. арилгидразинов с хлор- или нитрогидразонами; действием на соед., содержащие активные метильную, метиленовую или метиновые группы, катионов арил- или гетарилдизазония, напр.:



Ф. применяют в качестве аналит. реагентов, напр. *дитизон*, *цинкон* и др. Соли тетразолия используют в биол. исследованиях в качестве акцепторов электронов для индикации окислит.-восстановит. процессов. Комплексы Ф. с металлами – красители текстильных и др. материалов. Так, Co-комплекс ф-лы V дает оливковые ( $R=R'=NO_2$ ), черные и серые окраски ( $R=R'=Cl$  или  $R=NO_2$ ,  $R'=Cl$ ); комплекс ф-лы VI





окрашивает шерсть, шелк и полиамидные волокна в темно-синий цвет.

Металлокомплексы формазановых красителей выпускают в Польше под назв. польфаланы.

Лит.: Химия формазанов, М., 1992. А. А. Дудинов, Б. И. Степанов.

**ФОРМАЛИН** (формоль), водный р-р формальдегида (обычно 37–40%-ный), содержащий 6–15% метанола (ингибитор полимеризации формальдегида). Ф. – бесцв. жидкость с характерным острым запахом, при стоянии мутнеет из-за выпадения белого осадка параформальдегида (см. *Формальдегид*). Плотн. 1,1109–1,0764 (18 °С),  $n_D^{20}$  1,3766–1,3776 (зависит от содержания метанола); рН 2,8–4,0. Устойчивости при хранении способствует повышение т-ры. Нек-рые торговые марки Ф. содержат 45–50% формальдегида и ок. 1% метанола. При длит. хранении в Ф. образуется небольшое кол-во метиляля  $CH_2(OCH_3)_2$ .

Ф. – источник формальдегида, дезинфицирующее и дезодорирующее средство, его используют для сохранения анатомич. препаратов, дубления кож, для бальзамирования.

В. Н. Розанов.

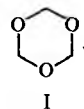
**ФОРМАЛЬДЕГИД** (муравьиный альдегид, метаналь),  $HCHO$ , мол. м. 30,3; бесцв. газ с резким раздражающим запахом; т. пл. –118 °С, т. кип. –19,2 °С;  $d_4^{20}$  0,9172,  $d_4^{20}$  0,8153, плотн. по воздуху 1,04;  $t_{крт}$  137,2–141,2 °С,  $P_{крт}$  6,784–6,637 МПа; ур-ние температурной зависимости давления пара в интервале от –109 до –22 °С:  $\lg p$  (Па) = 9,2817 – 959,43/(243,39 + t);  $C_p^0$  35,4 Дж/(моль·К),  $\Delta H_{исп}^0$  23,31 кДж/моль (19 °С),  $\Delta H_{стоп}^0$  –561,5 кДж/моль,  $\Delta H_{обр}^0$  –115,9 кДж/моль,  $S_{298}^0$  218,8 Дж/(моль·К).

Чистый газообразный Ф. относительно стабилен при 80–100 °С, при т-рах ниже 80 °С медленно полимеризуется; процесс ускоряется в присут. полярных р-рителей (в т.ч. воды), к-т и щелочей.

Ф. хорошо раств. в воде, спиртах и др. полярных р-рителях. При низких т-рах смешивается в любых соотношениях с неполярными р-рителями: толуолом, диэтиловым эфиром, этилацетатом,  $CHCl_3$  (с увеличением т-ры р-римость падает), не раств. в петролейном эфире. Водные р-ры Ф. содержат равновесную смесь моногидрата  $CH_2(OH)_2$  (99,9%), неустойчивого в своб. состоянии, и полимергидратов  $HO(CH_2O)_nH$  ( $n = 2-8$ ), устойчивых кристаллич. соединений. При продолжит. хранении водных р-ров (особенно при низких т-рах) и при их концентрировании степень полимеризации увеличивается. Для хранения водных р-ров Ф. их стабилизируют метанолом (см. *Формалин*). При упаривании водных р-ров в вакууме образуется параформ, или параформальдегид  $(CH_2O)_n$  ( $n = 8-12$ ), при действии щелочи на конц. водные р-ры – т. наз.  $\alpha$ -полиоксиметилтен ( $n > 100$ ). Полимеризация в неполярном р-рителе приводит к *полиформальдегиду* ( $n > 1000$ ).

Параформ – бесцв. кристаллы с запахом Ф., т. пл. 120–170 °С, в холодной воде р-ряется медленно, в горячей – быстро, образуя р-ры Ф., плохо раств. в ацетоне; горюч, т. всп. 72 °С.

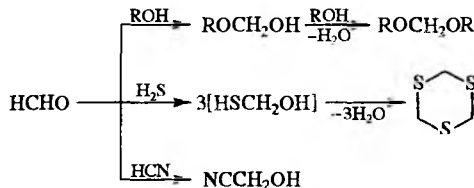
Известны циклич. полимеры Ф.: триоксан (ф-ла I, т. пл. 64 °С), получаемый перегонкой 60%-ного водного р-ра Ф. с разб.  $H_2SO_4$ , и тетраоксиметилтен (ф-ла II, т. пл. 112 °С), образующийся при нагр. диацетата высококомол. полиоксиметилтена.



Ф. обладает высокой реакционной способностью. Восстанавливается  $H_2$  в присут. многих металлов или их оксидов (напр., Ni, Pt, Cu) до метанола; окисляется  $HNO_3$ ,  $KMnO_4$  до муравьиной к-ты или  $CO_2$  и  $H_2O$ ; осаждает мн. металлы (Ag, Pt, Au, Bi и др.) из р-ров их солей, окисляясь при этом в муравьиную к-ту.

С альдегидами в присут. сильных щелочей Ф. вступает в т. наз. перекрестную р-цию Канинциаро ( $C_6H_5CHO + HCHO \xrightarrow{NaOH} C_6H_5CH_2OH + HCOONa$ ); с ацетальдегидом в присут.  $Ca(OH)_2$  образует пентаэритрит, в паровой фазе при 285 °С – акролеин; под действием алкоголятов Al или Mg Ф. подвергается диспропорционированию с образованием метилформиата (см. *Тищенко реакция*).

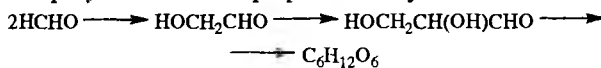
Р-ция Ф. со спиртами в присут. сильных к-т приводит к ацеталам (формальам), с  $H_2S$  – к циклич. тритиану, с  $HCN$  в присут. щелочей – к циангидрину:



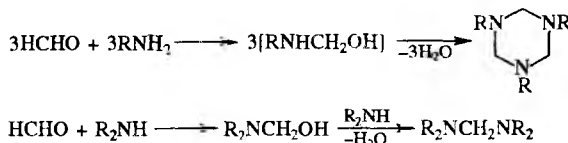
Ф. присоединяется к олефинам в присут. кислых катализаторов с образованием 1,3-дигликолей и 1,3-диоксанов (см. *Принса реакция*), р-ция Ф. с изобутиленом дает изопрен, жидкофазная конденсация с пропиленом в присут.  $BF_3$  или  $H_2SO_4$  – бутадиев. Из Ф. и кетена в пром-сти получают  $\beta$ -пропиолактон.

Р-ция Ф. с ацетиленом – пром. способ получения бутадиев (см. *Репте реакции*), при взаимодей. двух молекул Ф. с ацетиленом образуется 2-бутин-1,4-диол.

В присут. извести Ф. превращается в углеводы:



При взаимодей. Ф. с  $NH_3$  образуется гексаметилентетрамин, с первичными аминами – тримеры, с вторичными – *бис*-(диалкиламино)метаны:



Соед. с подвижным атомом водорода реагируют с Ф. и  $NH_3$  (или аминами) по *Манниха реакции*. Р-ция Ф. с  $NH_4Cl$  – пром. способ получения метиламина:  $2HCHO + NH_4Cl \longrightarrow CH_3NH_2 \cdot HCl + HCOOH$  (р-ция может идти дальше с образованием ди- и триметиламинов). С мочевиной в щелочной среде Ф. дает моно- и диметиловых производных, поликонденсацией к-рых получают *мочевино-формальдегидные смолы*, а из меламина и Ф. – *меламино-формальдегидные смолы*.

Ароматич. соед. (бензол, анилин, толуол) образуют с Ф. соответствующие диарилметаны: в присут.  $HCl$  бензол хлорметируется Ф. по Блана реакции, образуя бензилхлорид; с фенолами в присут. к-т или оснований Ф. конденсируется с образованием *орто*- и *пара*-метиловых производных, к-рые далее превращаются в *феноло-формальдегидные смолы*. Продукты конденсации Ф. с фенол- и нафталинсульфо-кислотами используют как дубильные в-ва (неразол и др.).

В пром-сти Ф. получают окислит. дегидрированием метанола в паровой фазе  $O_2$  воздуха в присут. Ag при 680–720 °С (конверсия метанола 97–98%) либо в присут. Ag или серебряной сетки при 600–650 °С (конверсия 77–87%) с возвращением непрореагировавшего метанола в рецикл. Процесс мож-

но проводить в избытке воздуха в присут. оксидов металлов (Fe-Mo-V) при 250–400 °С (конверсия 98–99%). Ф. может быть получен окислением метана, пропана, бутана, этилена, гидрированием СО, однако эти методы не имеют пром. значения по экономич. причинам.

В лаб. условиях Ф. получают дегидрированием метанола над медью, термич. разложением формиата цинка, деполимеризацией параформа.

Для обнаружения Ф. используют реагент Шиффа или р-цию Ф. с фенилгидразином и  $K_3[Fe(CN)_6]$  в щелочной среде (красное окрашивание). Определяют Ф. иодометрически либо применяют р-цию Ф. с сульфитом Na с послед. титрованием выделившейся щелочи к-той:  $HCHO + Na_2SO_3 \longrightarrow HOCH_2SO_3Na + NaOH$ , а также жидкостной хроматографией и др. методами.

Ф. используют в орг. синтезе, в произ-ве синтетич. смол и пластмасс, для синтеза мн. лек. в-в и красителей, для дубления кож, как дезинфицирующее, антисептич. и дезодорирующее средство.

Ф. токсичен, вызывает дегенеративные процессы в паренхиматозных органах. Сильное действие на нервную систему, по-видимому, связано с наличием примесей метанола в техн. Ф. или превращением Ф. в организме в метанол и муравьиную к-ту. В то же время считается, что Ф. быстро окисляется в организме до  $CO_2$  (на 70–80%).

ПДК в атм. воздухе 0,003 мг/м<sup>3</sup>, в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,05 мг/л. Т. самовоспл. 430 °С, КПВ при 20 °С 7–72% (по объему).

Мировое произ-во Ф. ок. 5 млн. т в год (1980), из них в США 28%, Германии 17%, Японии 12%.

Лит.: Уокер Дж. Ф., Формальдегид, пер. с англ., М., 1957; Walker J.F., Formaldehyde, 3 ed., N. Y., 1964; Kirk - Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 11, N. Y., 1980, p. 231–50. В. Н. Розанов.

**ФОРМАМИД** (амид муравьиной к-ты, метанамид),  $HCONH_2$ , мол. м. 45,04; бесцв. гигроскопич. жидкость без запаха; т. пл. 2,55 °С, т. кип. 210,5 °С;  $d_4^{20}$  1,1334,  $n_D^{20}$  1,4475;  $\eta$  3,76 мПа·с,  $\gamma$  58,2 мН/м (20 °С),  $\mu$  11,24·10<sup>-30</sup> Кл·м; давление пара (кПа): 0,13 (70,5 °С), 2,67 (122,5 °С), 13,33 (157,5 °С), 53,32 (193,5 °С);  $C_p$  2,3 кДж/(кг·К) (19 °С);  $\Delta H_{деп}^0$  1673 кДж/кг,  $\Delta H_{сгор}^0$  -12530 кДж/кг,  $\Delta H_{обр}^0$  -3529 кДж/кг; теплопроводность 0,352 Вт/(м·К),  $\epsilon$  109 ± 1,5 (25 °С).

Ф. хорошо раств. в воде, низших спиртах, орг. к-тах, эфирах, гликолях, ацетоне, феноле, хлороформе, не раств. в углеводородах, нек-рых хлоруглеводородах, нитробензоле. Ф. – хороший р-ритель для неорг. солей, он растворяет казеин, желатин, животный клей, не раств. углеводороды, жиры и масла. Высокомол. полимеры и прир. продукты либо р-ряются в Ф., либо набухают в нем.

По хим. св-вам Ф. – типичный представитель алифатич. амидов карбоновых кислот. При т-ре ниже 100 °С устойчив к действию света и  $O_2$  воздуха, выше 160 °С начинается разложение, к-рое при т-ре кипения составляет 0,5% в мин. Продукты разложения пл. обр. СО и  $NH_3$ , а также небольшие кол-ва HCN и  $H_2O$ . При т-рах выше 500 °С в присут. воздуха и катализатора ( $Al_2O_3$ , алюмосиликат) Ф. дегидрируется до HCN (выход 90%). При комнатной т-ре Ф. устойчив к воде, при повышенной т-ре в присут. к-т и щелочей гидролизует до муравьиной к-ты и  $NH_3$ , к-рые образуют формиат аммония. При р-ции Ф. с  $H_2SO_4$  образуется муравьиная к-та с почти количеств. выходом, при р-ции с  $CH_3ONa$  – диформиламид Na, с ацилхлоридами – триациламины. Алкоголиз Ф. приводит к эфирам муравьиной к-ты.

В пром-сти Ф. получают: 1) прямым синтезом из  $NH_3$  и СО при 80–100 °С и 10–30 МПа в метанольном р-ре  $CH_3ONa$ ; из реакц. смеси извлекают метанол, затем удаляют катализатор и соли и перегоняют Ф.; 2) при двухстадийном способе сначала получают метилформиат р-цией СО и  $CH_3OH$  в присут. каталитич. кол-в  $CH_3ONa$ , а далее очищенный метилформиат вводят в р-цию с  $NH_3$  (жидким или газообразным) при 80–100 °С и 0,2–0,6 МПа. Выделяющийся метанол от-

правляют в рецикл. При двухстадийном синтезе получаются более чистые Ф. и  $CH_3OH$  и упрощается их очистка.

Ф. – р-ритель, мягчитель для бумаги, входит в состав масел для бальзамирования. Сырье для синтеза муравьиной к-ты, а также разл. гетероциклов (имидазола, пиримидина, триазина и др.) и нек-рых алкалоидов.

Ф. действует на нервную и сосудистую системы, паренхиматозные органы (особенно на печень), на плод; проникает через неповрежденную кожу, обладает способностью к кумуляции.

ПДК в атм. воздухе 0,035 мг/м<sup>3</sup>, в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,5 мг/л. Т. всп. 175 °С, т. самовоспл. > 500 °С.

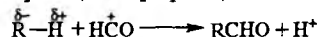
Лит.: Органические растворители, пер. с англ., М., 1958, с. 434–36; Kirk - Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 11, N. Y., 1980, p. 258–62. В. Н. Розанов.

**ФОРМАНИЛИД**, см. Анилиды.

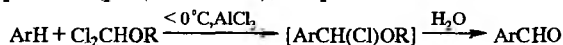
**ФОРМИАТЫ**, соли и эфиры муравьиной кислоты.

**ФОРМИЛИРОВАНИЕ**, введение формильной группы СНО в молекулу орг. (реже неорганических) соединений. В зависимости от того, к какому атому в субстрате присоединяется формильная группа, различают С-, N-, O- и S-Ф. С-Ф. – один из важнейших методов получения альдегидов. Ф. гетероатомов применяют для защиты групп  $NH_2$ , OH, SH; для получения формамида, эфиров муравьиной и тиоуравьиной к-т; для проведения р-ций циклизации.

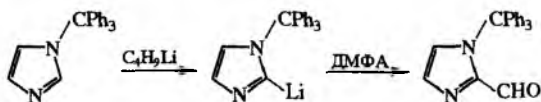
Формальными синтонами (см. Органический синтез) в р-циях Ф. могут быть формил-катион, формил-радикал и формил-анион. Большинство р-ций Ф. протекает с участием формил-катиона  $HCO^+$ , э-рый атакует электроноизбыточные положения субстрата (алктероф. Ф.):



В качестве электроф. формилирующих реагентов (синтетич. эквивалентов формил-катиона) применяют соед., в к-рых формильная группа присутствует либо в явном виде, напр. муравьиная к-та, формилфторид, этилформиат, смешанный ангидрид муравьиной и уксусной к-т, ДМФА и др., либо в маскированном, напр. ортомуравьиный эфир, синильная к-та, гексаметилентетрамин, 1,3,5-триазин. В последнем случае формильная группа образуется в результате гидролитич., восстановления, и прочих превращений, к-рым подвергаются промежуц. продукты присоединения формилирующего агента к субстрату. Так, Ф. ароматич. соед. может быть осуществлено действием N, N-дизамец. производных формамида и  $POCl_3$  (Вильсмайера реакция) либо действием смеси СО и HCl (Гаттермана-Коха реакция); для Ф. фенолов и их эфиров используют HCN и HCl в присут. к-т Льюиса (Гаттермана синтез), нагревание с гексаметилентетрамином и  $H_2BO_3$  (Даффа реакция), взаимодействие фенолов с  $SNCl_3$  в щелочной среде (Раймера-Тимана реакция). В качестве формилирующих агентов (для ароматич. углеводородов, фенолов и их эфиров, azulena, гетероциклич. соед.) применяют также ди-хлорметилалкиловые эфиры  $Cl_2CHOR$ ; р-цию проводят в присут.  $AlCl_3$  или других к-т Льюиса ( $TiCl_4$ ,  $SnCl_4$ ) с послед. гидролизом (р-ция Рихе), напр.:



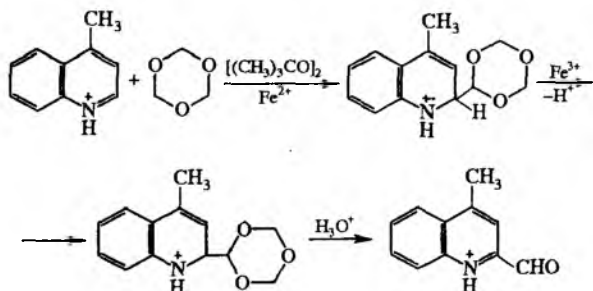
В нек-рых случаях формилируют не сам субстрат, а его металлоорг. производное; это позволяет вводить альдегидную группу и в неактивир. (для электроф. замещения) положение молекулы, напр.:



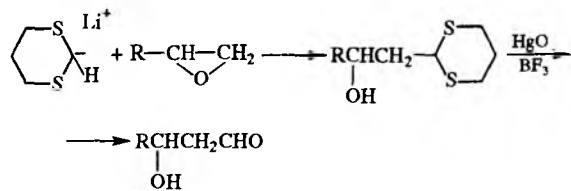
Вместо ДМФА в подобных р-циях можно использовать N-метилформамид, N-формилпиперидин, N-формилморфолин и др. Формильная группа может замещать остаток  $MgX$  в реактивах Гриньяра (р-ция Буво):  $HCONR'R'' +$

+ RMgBr → RCHO. В р-цию вступают только замещенные формамиды.

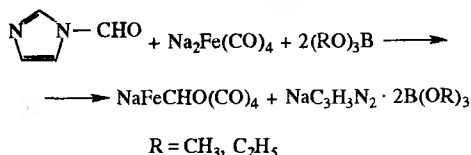
Ф. электронодефицитных соединений проводят в условиях свободно-радикального процесса. Так, лепидин (4-метилхинолин) формилируется триоксаном в присут. CF<sub>3</sub>COOH или *трет*-бутилпероксида и Fe<sup>2+</sup> в положении 2 с выходом 61%. В ходе р-ции генерируемый триоксанильный радикал (синтетич. эквивалент формил-радикала) благодаря нуклеоф. характеру атакует атом С-2 в катионе лепидиния:



Нуклеоф. формилирующим агентом может служить анион 1,3-дителиана (синтетич. эквивалент формил-аниона), напр.:



Примером Ф. неорг. соед. служит р-ция динатрийтетракарбонилжелеза с N-формилимидазолом в присут. триалкилборатов в среде ТТФ; в результате один атом Na замещается на формильную группу:



Ф. имеет важное биохим. значение, напр. в биосинтезе имидазолов, пуринов и пиримидинов. В живых организмах переносчиком формильных групп служит тетрагидрофолиевая к-та (см. Фолаты).

См. также Гидроформилирование.

Лит.: Бюлер К., Пирсон Д., Органические связи, пер. с англ., т. 2, М., 1973, с. 49, 77; Мищенко Г.Л., Вацуро К.В., Синтетические методы органической химии, М., 1982, с. 372; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1982, с. 488; Olah G.A. [а.о.], «Chem. Rev.», 1987, в. 87, № 4, р. 671-86. А. Ф. Пожарский.

**ФОРМОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**, образование из р-ра или расплава волокнообразующего полимера тонких струй с послед. их затвердеванием в виде волокон (нитей, жгутов), ориент. вытягиванием термич. и др. обработками. Иногда вместо термина «формование» (Ф.) используют исторически сложившийся текстильный термин «прядение», хотя эти два процесса не имеют ничего общего.

Процесс Ф. включает следующие основные стадии:

1) Расплавление, растворение или пластификация полимера с целью перевода его в вязкотекучее (жидкое) состояние; подготовка полученной полимерной жидкости (расплава или р-ра) к Ф., включающая фильтрование, дегазацию и введение добавок.

2) Собственно Ф., включающее дозирование расплава или р-ра, истечение струй из тонких отверстий металлич. пластинки (фильеры) и перевод их в переохлажденное или

пересыщенное состояние, в результате чего происходит образование твердой полимерной фазы в форме волокон, имеющих еще недостаточно упорядоченную и неравновесную структуру.

3) Ориент. вытягивание и термич. обработка полученных волокон (вторая стадия Ф.) с целью придания им оптим. структуры и св-в.

Существует неск. методов Ф.; основными являются следующие: Ф. из расплава или пластифицир. полимера с охлаждением струй ниже т-ры затвердевания; сухое Ф. из р-ра с испарением р-рителя и повышением концентрации полимера до перехода струй в твердообразное состояние; мокрое Ф. из р-ра в среде осадителя, приводящее к изменению состава системы и затвердеванию струй; Ф. с фазовым распадом из р-ра при охлаждении струй до перехода их в затвердевшее состояние.

Ф. из р-ров применяют в тех случаях, когда т-ра разложения полимера близка к т-ре плавления или ниже ее.

**Теоретические основы.** Волокнообразующие полимеры должны иметь определенные структурные характеристики и удовлетворять ряду техн. требований:

1) Заданная мол. структура, в т.ч. наличие полярных функц. групп, от чего зависит возможность плавления или растворения полимера, выбор метода формования и мн. св-ва волокон.

2) Линейное или слабоветвленное строение макромолекулы, от чего зависит возможность получения высокоупорядоченной, ориентированной структуры волокон и их мех. св-ва.

3) Средняя мол.м. в пределах 15-150 тыс. (иногда до 300 тыс.) и по возможности узкое ММР. Нижний предел мол. масс лимитируется нестабильностью образования жидких струй и низкими мех. св-вами получаемых волокон, верхний — технол. трудностями переработки высоковязких расплавов и р-ров и возможностью образования в них гелеобразных частиц, приводящих к возникновению дефектов в волокнах.

4) Устойчивость к термич. и(или) хим. воздействиям в процессах получения волокон.

5) Однородность состава, св-в и миним. содержание посторонних примесей и загрязнений, от чего зависит стабильность технол. процесса и качество получаемых волокон.

При всем различии строения полимеров важнейшим показателем, определяющим процессы структурообразования при Ф., является гибкость макромолекул. По их собственной гибкости, характеризующей, напр., величиной статич. сегмента А, полимеры разделяют на гибкоцепные (А < 3 нм), полужесткоцепные (3 нм < А < 10 нм) и жесткоцепные (А > 10 нм). Для гибкоцепных полимеров термодинамически равновесной является изогнутая форма макромолекул и их ориентирование требует затраты внеш. работы, что при получении волокон вызывает необходимость значительных кратностей вытяжки. Жесткоцепные полимеры со стержнеобразными молекулами способны переходить в термодинамически равновесное жидкокристаллич. состояние и при течении или наличии незначит. начальной ориентации в них проходят процессы самопроизвольного упорядочения и ориентирования.

При Ф. протекает комплекс реологич., тепло- и(или) массообменных, аэро- и гидродинамич. явлений, фазовых и структурных превращений, определяемых видом исходного волокнообразующего полимера, методами и условиями Ф. и послед. обработок. Основные из них рассмотрены ниже.

Образование струй происходит при истечении дозированного кол-ва расплава или р-ра полимера из отверстий фильеры. При малых скоростях истечения вблизи пов-сти фильеры возникает расширение струи, обусловленное действием поверхностных сил и релаксаци. процессами (рис. 1). При больших скоростях истечения расширение струи сменяется ее утонением. Под влиянием сдвиговых напряжений в каналах фильеры возникает незначит. ориентация макромолекул. При малых временах релаксации (маловязкие р-ры гибкоцепных полимеров) и малых скоростях Ф. эта ориентация почти полностью исчезает. В жесткоцепных полимерах времена релаксации велики и ориентация сохраняется.



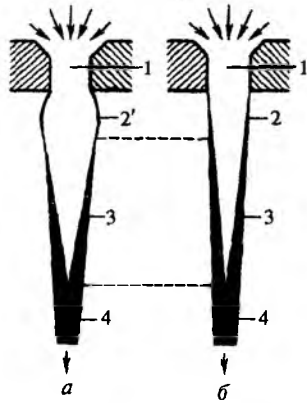


Рис. 1. Схемы истечения струек расплава или р-ра и образования волокна при малых (а) и больших (б) критических фильерных вытяжках: 1 - течение в канале фильеры; 2, 2' - жидкая часть струи (2' - расширение струи); 3 - зона осаждения полимера и образования первичной структуры волокна; 4 - зона затвердевшего волокна и вторичного структурообразования.

Важнейшим условием протекания процесса Ф. является стабильность образования струй, к-рая зависит от чистоты расплава или р-ра и их вязкоэластич. св-в: при малых вязкостях возможен капиллярный распад струй под влиянием поверхностных сил, при очень большой вязкости возможно нарушение сплошности истечения с появлением разрывов струи. Эти нарушения существенно усугубляются под влиянием примесей и гелеобразных частиц, к-рые кроме того уменьшают прочность волокна.

Динамика и кинематика Ф. определяются действующими на вытекающие из отверстий фильеры струи и формуемые волокна след. сил: поверхностного натяжения; реологич. сопротивления деформациям; инерционных сил, необходимых для приращения скорости и кинетич. энергии волокна; аэро- или гидродинамич. сопротивления; тяжести. Все эти силы изменяются по длине пути Ф. и в конечном счете уравниваются усилием отвода волокна из зоны Ф., к-рое существенно увеличивается с ростом скорости отвода.

Под влиянием этих сил происходит растяжение полимерных струй и волокна, вследствие чего структурообразование протекает в поле продольного градиента скорости, меняющегося по длине пути Ф. соотв. изменению реологич. св-в и изменению сил по длине пути Ф. Это приводит к S-образной форме кривой распределения скоростей с макс. градиентом в ее средней части (рис. 2).

По изменению реологич. св-в и кинематике движения формируемых волокон весь путь Ф. следует разделить на три основные зоны: истечения с образованием струй расплава или р-ра; выделения твердой полимерной фазы и первичного структурообразования; вторичного структурообразования (частичной кристаллизации или синерезиса гель-волокон).

Обобщенный показатель кинематики Ф. - изменение скоростей формируемого волокна (его деформация и изменение поперечного сечения), к-рые характеризуются величинами кажущейся и истинной фильерной вытяжки, соотв.  $\Phi_x$  и  $\Phi_{x'}$ :

$$\Phi_x = v_n/v_0; \quad \Phi_{x'} = \frac{v_n}{v_0} \cdot \frac{d_p^2}{d_0^2}, \quad (1)$$

где  $v_0$  и  $v_n$  - соотв. скорости истечения из фильеры и выхода волокна из зоны Ф.;  $d_0$  и  $d_p$  - соотв. диаметры отверстий фильеры и расширенной части струи.

При отсутствии расширения струй значения  $\Phi_x$  и  $\Phi_{x'}$  совпадают. Величины фильерных вытяжек обычно больше 1 и возрастают с увеличением скорости Ф. Однако при мокром методе Ф.  $\Phi_x$  может иметь значения менее 1.

Процессы тепло- и(или) массообмена определяют переход струи расплава или р-ра в состояние пересыщения, что необходимо для протекания фазовых переходов и структурообразования.

При Ф. из расплава перенос тепла внутри волокна осуществляется по механизму теплопроводности (см. Теплообмен), а его отдача в окружающую среду определяется вынужденной конвекцией. Т-ра по длине пути получаемого волокна непре-

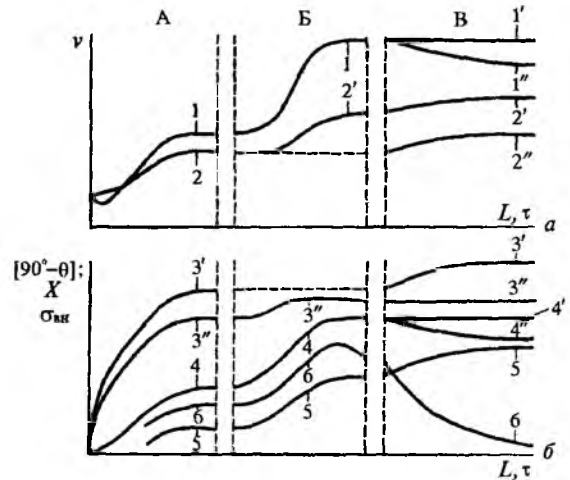


Рис. 2. Схема распределения скоростей (а) и процессов структурообразования (б) по зонам формирования волокон (нитей): А - зона осаждения и первичного структурообразования; Б - зона ориент. вытягивания; В - зона термич. или термопластич.жидк. обработки; v - скорость волокна (нити), θ - угол разориентации волокон, X - степень кристалличности волокон, σ<sub>н</sub> - внутр. напряжения в волокнах, L - длина пути формования, τ - время; 1, 1', 1'' - распределение скоростей при формовании из гибкоцепных полимеров, 1' и 1'' - термич. обработка под натяжением и в свободном состоянии (с усадкой); 2, 2', 2'' - распределение скоростей при Ф. из жесткоцепных (жидкокристаллических) полимеров, 2', 2'' - с термич. вытягиванием или без него; 3', 3'' - изменение ориентации при формовании из жесткоцепных (жидкокристаллич.) полимеров с термич. вытягиванием или без него; 4, 4', 4'' - изменение ориентации при Ф. из гибкоцепных полимеров, 4', 4'' - термич. обработка под натяжением и в свободном состоянии (с усадкой); 5 - изменение степени кристалличности; 6 - изменение внутр. напряжений.

рывно понижается, но если при Ф. происходит кристаллизация, сопровождающаяся тепловыделением, то на небольшом участке пути она остается примерно постоянной.

При Ф. по сухому методу из р-ров происходит конвективный подвод тепла к волокну, диффузия в волокне, испарение р-рителя и встречный процесс отвода его паров в окружающую среду. Состав волокна по длине пути Ф. непрерывно меняется - увеличивается концентрация полимера. Т-ра на значит. длине пути меняется мало и соответствует т-ре мокрого термометра и только после испарения основного кол-ва р-рителя постепенно повышается, приближаясь к т-ре окружающей среды. Значительная по сравнению с теплотой кристаллизации теплота испарения и большое кол-во испаряемого р-рителя требуют во много раз большего времени для теплообмена, чем при Ф. из расплава; это существенно ограничивает скорость Ф. по сухому методу.

При Ф. из р-ров по мокрому методу происходит встречная диффузия осадителя внутрь волокна и р-рителя из него. Вследствии этого состав волокна по длине пути Ф. непрерывно меняется. Выходя из осадит. ванны волокно содержит значит. кол-во жидкости, существенно обогащенной осадителем. Процессы диффузионного переноса происходят достаточно медленно, что ограничивает скорость Ф. по мокрому методу.

Во всех методах формования тепло- и(или) массообмен определяется последовательно протекающими процессами внутр. (в волокне) и внеш. (в окружающей среде) переноса. В большинстве случаев основное сопротивление представляют процессы теплопроводности и(или) диффузии внутри волокна и окружающем его ламинарном пограничном слое, к-рые достаточно хорошо описываются дифференц. ур-ниями переноса, представленными в цилиндрич. координатах.

При Ф. пучка волокон, особенно с использованием фильер с большим числом отверстий, важное значение имеет однородность температурного и(или) концентрац. полей. Неоднородность граничных условий вокруг отдельных волокон создает различия в тепло- и(или) массообмене, структурооб-

разовании и вызывает неравномерность их физ. и механич. св-в. По этой причине ограничивается максимально допустимое число отверстий в фильерах, особенно при Ф. из расплава и р-ра по сухому методу.

Структурообразование при Ф. определяется процессами затвердевания струй расплава или осаждения в них полимера с одновременным формированием надмол. и микроструктуры волокна. При Ф. из расплава или пластифицир. полимера процессы структурообразования начинаются при охлаждении ниже темп-ры плавления или потери текучести. При Ф. из р-ра возможны три пути выделения твердой полимерной фазы: испарением р-рителя с повышением концентрации р-ра, заменой р-рителя на осадитель и охлаждением р-ра. Применимость этих путей определяется св-вами системы полимер – р-ритель или полимер – осадитель, а также видом соответствующих диаграмм фазового равновесия и текучести в координатах состав – т-ра. Повышение концентрации полимерной фазы приводит к потере текучести и образованию студнеобразного гель-волокна, содержащего значит. кол-во жидкости, удаляемой затем вследствие испарения или синерезиса.

Обычно твердая полимерная фаза выделяется в аморфном состоянии, а в случае если полимер способен к быстрой кристаллизации (что характерно, напр., для нек-рых гибкоцепных полимеров), волокно может частично закристаллизоваться.

Кинетика фазовых переходов (кристаллизации) при Ф. определяется двумя осн. стадиями: образованием зародышей в переохлажденной или пересыщенной полимерной жидкости и их ростом в радиальном направлении и следует экспоненциальному Колмогорова – Аврами:

$$x_t = x_\infty [1 - \exp(-k_t \tau^{q_t})], \quad (2)$$

где  $x_\infty$  и  $x_t$  – соотв. предельное и текущее кол-во образовавшейся новой фазы;  $k_t$  – константа скорости;  $\tau$  – время;  $q_t$  – коэф., зависящий от механизма зародышеобразования, имеет значения от 2 до 4.

Вторичное структурообразование подчиняется ур-нию:

$$x_t = x_{нач} + a_x \ln \tau, \quad (3)$$

где  $x_{нач}$  – начальное кол-во образованных структур;  $a_x$  – коэф., характерный для данной системы.

Входящие в эти ур-ния коэф. зависят от т-ры, состава и величины мех. напряжения, что ограничивает область применения ур-ний.

Образование ориентированной надмол. структуры в волокне происходит под влиянием продольного градиента скорости формируемого волокна, матричного эффекта на границе раздела с уже осажденным полимером, поперечной контракции (сжатия) гель-волокна и др. Ориентация тем выше, чем больше величина фильерной вытяжки. Возникновение ориентации может способствовать кристаллизации. Вследствие быстрого структурообразования надмол. структура волокна неравновесна. На рис. 2 представлено изменение осн. характеристик надмол. структуры по длине пути Ф.: ориентации, кристалличности и внутр. напряжений.

Особым случаем является Ф. из расплава с использованием ориентац. кристаллизации путем подбора соответствующих условий. В этом случае увеличение мех. напряжения в зоне структурообразования путем увеличения аэродинамич. сопротивления при увеличении скоростей Ф. или использования тормозных устройств существенно увеличивает степень ориентации, скорость кристаллизации и кристалличность получаемых волокон.

При Ф. волокон из расплавов или р-ров жесткоцепных полимеров, находящихся в жидкокристаллич. состоянии или переходящих в это состояние во время Ф., уже небольших значений фильерных вытяжек достаточно для получения значит. ориентац. упорядоченности.

Радиальная направленность тепло- и(или) массообмена в волокне приводит к неодновременному образованию и ориентации твердой полимерной фазы по его сечению и возник-

новению гетерогенной микроструктуры (рис. 3). Поверхностный слой образуется раньше, чем сердцевина, на него раньше начинают действовать силы растяжения, что приводит к появлению слоистой структуры, причем ориентация поверхностного слоя (оболочки) обычно выше, чем сердцевины. С увеличением скоростей Ф. и фильерных вытяжек гетерогенность структуры возрастает. Особенно заметна гетерогенность микроструктуры при мокром методе Ф., чему способствует также периодичность процесса осаждения вследствие образования периодич. зон пересыщения под влиянием встречной диффузии р-рителя и осадителя. Чем больше скорость структурообразования, тем значительнее выражена слоистость структуры, поэтому она особенно характерна для вязкозых волокон.

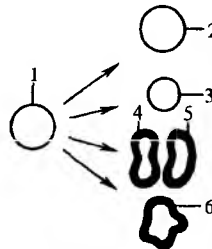


Рис. 3. Схема образования и форма поперечного сечения сформованных волокон: 1 – стружка расплава или р-ра; 2 – круглое сечение при формировании из расплава; 3, 4, 5, 6 – сечение при формировании из р-ра при разл. соотношениях скоростей массообмена и осаждения: круглое, гантелевидное, бобовидное, амебовидное. В сечениях 4, 5, 6 видна гетерогенная микроструктура.

При Ф. из расплава или р-ра по сухому методу слоистость микроструктуры выражена существенно слабее. Из жидкокристаллич. или переходящих в жидкокристаллич. состояние р-ров осаждение полимера происходит достаточно медленно и почти одновременно по всему сечению, что приводит к получению достаточно однородной по сечению микроструктуры.

Форма поперечного сечения волокна при Ф. из расплава сохраняет профиль (обычно круглый) отверстия фильеры. При Ф. из р-ра форма поперечного сечения волокна может изменяться и зависит от различия в скоростях осаждения полимера по поперечному сечению и образования слоистой структуры, а также величины поперечной контракции волокна при удалении р-рителя. При близком к одновременному осаждению полимера по сечению формируемого волокна поперечная контракция происходит равномерно, сохраняется круглая форма сечения. Неодновременное осаждение и образование достаточно жесткого наружного слоя препятствует поперечной контракции при удалении р-рителя из сердцевинной части, что приводит к появлению некруглого сечения разл. формы (гантелевидное, бобовидное, амебовидное и др.), а в нек-рых случаях и к возникновению пустот (рис. 3).

При вытягивании и термич. обработке волокон происходит повышение степени ориентации, дальнейшая кристаллизация и релаксация внутр. напряжений. Эффективное проведение ориентац. вытягивания и термич. обработки возможно только при достаточной мол. подвижности полимера, т. е. в высокоэластич. состоянии, что достигается двумя путями: 1) нагревом в среде горячего теплоносителя (воздуха, инертной жидкости) или контактом с нагретой пов-стью до т-р, лежащих между т-рами стеклования и плавления полимера; 2) пластификацией низкомол. жидкостями или парами с целью снижения т-р стеклования и плавления, что позволяет существенно снизить т-ру обработки.

Вытягивание и термообработку в присут. пластификаторов проводят обычно при получении волокон по мокрому методу, причем второй процесс иногда совмещают со стадией сушки.

Ориентац. вытягивание м.б. одно- и двухстадийным с общей кратностью вытяжки  $K_v$ , определяемой соотношением скоростей выхода  $v_2$  и входа  $v_1$  нитей в зоне вытягивания:  $K_v = v_2/v_1$ . Кратность вытяжки составляет от 1,3 до 12 и более, время процесса вытягивания, необходимое для структурных перестроек, составляет от сотых долей секунды до неск. сек.

Ориентац. вытягивание приводит к повышению прочности и снижению деформативности (росту модуля деформации и уменьшению удлинения при разрыве). Однако одновременно

увеличивается неравновесность структуры и возрастают внутр. напряжения, что вызывает усадочность волокон, особенно заметную при малых временах вытягивания.

Степень ориентации и мех. св-ва волокон возрастают до определенного предела, ограничиваемого величиной мех. напряжений, приводящего к обрывам волокон в местах имеющихся дефектов.

Процессы термич. и термопластификац. обработки можно проводить в своб. состоянии или под натяжением. Для завершения кристаллизац. и релаксац. процессов требуется значит. время – от неск. сек до десятков мин в зависимости от мол. подвижности в принятых условиях обработки. При обработке под натяжением время увеличивается или требуется более высокая т-ра.

Кинетика структурных перестроек, в частности кристаллизация волокон при термич. обработке, подчиняется ур-нию (3).

Релаксац. процессы, в частности релаксация внутр. напряжений, описывается экспоненц. ур-нием типа ур-ния Кольрауша:

$$\sigma_{\text{вн.т}} = \sigma_{\text{вн.нач}} \exp(-k_{\sigma} t^{q_{\sigma}}), \quad (4)$$

где  $\sigma_{\text{вн.нач}}$  и  $\sigma_{\text{вн.т}}$  – соотв. начальное и текущее значения внутр. напряжения;  $k_{\sigma}$  – константа скорости релаксации;  $q_{\sigma}$  – коэф. Константа скорости  $k_{\sigma}$  зависит от величины мех. напряжений и т-ры. Аналогичные экспоненц. зависимости описывают изменение размеров (при обработке в своб. состоянии) и усадочность полученных волокон.

Изменение структуры и св-в волокон при термич. обработке зависит от гибкости макромолекул и ориентации после вытягивания. Для большинства волокон термич. обработка в своб. состоянии сопровождается усадкой, что приводит к некому снижению степени ориентации и соотв. к уменьшению прочности и увеличению деформативности. При термич. обработке без усадки (под натяжением) мех. св-ва меняются незначительно.

В процессе ориентации, вытягивания и термич. обработки микроструктура волокон существенно не изменяется, хотя может неск. увеличиться поперечная гетерогенность.

Для получения высококи мех. св-в волокон из гибкоцепных и нек-рых полужесткоцепных полимеров необходимы макс. значения ориентации, вытяжек (3–12-кратные) и проведение термич. обработки под значит. натяжением. Получение же сверхпрочных волокон на основе высококомол. полиэтилена и поливинилового спирта ведется с вытяжками, достигающими 15–50-кратных, что позволяет получить высокоориентированную структуру.

Существенные особенности имеют структурные перестройки в волокнах на основе полужесткоцепных и особенно жесткоцепных полимеров, способных к переходу в жидкокристаллич. состояние. С увеличением жесткости макромолекул величина ориентации, вытяжки уменьшается или она полностью исключается. В то же время при термич. обработке происходит самопроизвольное удлинение волокон, увеличение степени ориентации, снижение разнородности мол. цепей. Следствием этого является увеличение прочности, модуля деформации и снижение удлинения при разрыве.

При всем различии методов и технол. процессов Ф. высокопрочных волокон и нитей их можно разделить на две принципиально разл. группы, отличающиеся способностью волокнообразующего полимера к образованию ориентированной структуры: из гибкоцепных и полужесткоцепных полимеров, ориентирование к-рых возможно только при больших величинах вытяжек; из жесткоцепных полимеров, упорядоченные структуры к-рых требует небольших величин первоначальной ориентации, а далее происходит самопроизвольное или при небольших величинах послед. вытяжек.

Метод и условия Ф. оказывают существенное влияние на микроструктуру волокон: поперечную гетерогенность, форму поперечного сечения, пористость, характер пов-сти. Чем более однородна и менее дефектна микроструктура волокон, тем выше их мех. св-ва.

**Технология формования.** Технол. процессы и аппаратурное оформление процессов Ф. и послед. обработок хим. волокон весьма разнообразны; они м. б. полунепрерывными и непрерывными в зависимости от необходимого ассортимента, мощности произ-ва, техн. уровня и др. факторов. Важное значение имеют энерго- и материалоемкость процессов, регенерация химикалий, обеспечение санитарно-гигиенич. и экологич. безопасности.

Получение и подготовка к Ф. расплавов и р-ров полимеров производится периодич. или непрерывными методами. Часто применяются прямые процессы их получения без промежуточного выделения полимера после синтеза, что более экономично.

При Ф. из расплава используют два основных вида процессов. В полунепрерывном процессе заранее полученный гранулир. полимер обычно расплавляют и дегазифицируют в шнековом экструдере (см. *Полимерных материалов переработка*). В прямом процессе расплав полимера после синтеза непрерывно дегазифицируется в тонком слое, фильтруется и подается на Ф.

Получение р-ров полимеров и их подготовку к Ф. производят периодич. (при малых мощностях) и непрерывными методами. Применяемые р-рители должны обеспечивать полное р-рение полимера с образованием стабильного технол. р-ра максимально возможной концентрации и заданной вязкости, обладать миним. токсичностью, быть доступными и легко регенерироваться или утилизироваться.

Периодич. растворение производят в реакторах с мешалками по заданному циклу. Для усреднения состава р-ра обычно смешивают неск. партий в промежуточных баках с мешалками. Непрерывное растворение обычно производят в аппаратах с вращающимися роторами, создающими сильное гидродинамич. поле, в к-рые непрерывно дозируются компоненты.

Прямые процессы синтеза и растворения полимера также могут производиться периодич. и непрерывными методами.

Полученный р-р транспортируется шестеренными насосами. Его подвергают фильтрованию в аппаратах с намывным слоем или фильтр-прессах, дегазации в баках (в толстом слое), или непрерывно (в тонком слое), затем повторному фильтрованию (в фильтр-прессах или керамика. пористых свечевых фильтрах) и направляют на Ф. Существенные отличия имеет технология получения *вискозных волокон*.

Введение матирующих в-в, пигментов или других добавок производят на стадии расплавления или растворения полимера, но чаще готовится конц. расплав или р-р, к-рый смешивают с основным потоком, направляемым на Ф. Основные характеристики методов Ф. приведены в табл.

Ф. из расплава применяют при получении след. видов нитей и волокон: полиолефиновых (полиэтиленовых, полипропиленовых), полиамидных (из поликапроамида, полигексаметиленадипинамида и др. алифатич. полиамидов), полиэфирных (из полиэтилентерефталата, а также жидкокристаллич. ароматич. полиэфиров и сополиэфиров), плавких сополимеров тетрафторэтилена и др. Расплавы этих полимеров имеют рабочую т-ру на 30–60 °C выше т-ры плавления. Основные условия получения волокон из расплавов также приведены в таблице.

Машины для формования из расплава имеют устройства для подачи расплава, шахты для формования, механизмы транспортирования (иногда вытягивания) и приемки нитей или жгутиков. Расплав дозируется насосом, дополнительно фильтруется и поступает в фильеру. Струи расплава охлаждаются в вертикальной шахте, к-рая состоит из двух частей: обдувочной (охлаждающей) с подачей кондиционир. воздуха и сопроводительной без подачи воздуха. Сформованные нити замасливаются, принимаются на паковки, а жгутики объединяются в общий жгут и укладываются в контейнер.

Вытягивание и термич. обработку нитей производят индивидуально на крутильно-вытяжной машине. Текстильные нити могут выпускаться без термич. обработки, если они предназначены для получения *текстурированных нитей* или подлежат термообработке при отделеке готовых текстильных полотен или изделий. В произ-ве техн. полиэфирных нитей

применяют групповую обработку 100–200 нитей на проходном агрегате, что позволяет достигать более высоких мех. св-в. Вытягивание и термич. обработку жгутов производят также на проходном агрегате, где заключит. стадиями являются авиважная обработка, гофрировка и, при необходимости, резка.

полотна, к-рое затем подвергается иглопрокальванию и, при необходимости, термоскреплению (каландрованию).

Получение *фибриллированных нитей* производится из расплавов полиолефинов (полиэтилена, полипропилена), полиамидов и полиэфиров на основе пленок, формируемых на проходном агрегате по непрерывной схеме.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМОВАНИЯ ВОЛОКОН

	Из расплава <sup>а</sup>	Из расплава, высокоскоростное <sup>а</sup>	Из пластифицированных полимеров <sup>б</sup>	Из р-ра по сухому методу <sup>в</sup>	Из р-ра по мокрому методу <sup>г</sup>	Из р-ра по мокрому методу <sup>д</sup>
Характеристика расплава или р-ра						
концентрация, %	100	100	100	15–30	5–25	6–10
вязкость, Па·с	50–500	50–500	>200	20–100	5–50	4–10
Фильеры:						
диаметр отверстий, мм	0,25–0,5	0,25–0,5	0,3–1,5	0,08–0,3	0,05–0,12	0,05–0,1
число отверстий	1–50*	10–50*	10–30**	9–40*	50–500**	10–100*
	50–500*			100–1000*	4800–120000*	500–12000*
	1000–2000*					4800–120000*
Характеристика зоны формования (длина пути, м)	Охлаждение воздухом в вертикальной шахте (6–10)	Охлаждение воздухом в вертикальной шахте (6–10)	Охлаждение в водной ванне (0,8–1,3)	Испарение р-рителя нагретым воздухом в вертикальной шахте (3–6)	Осаждение в ванне, желобе или трубке (0,5–2,5)	Осаждение в кислотно-солевой ванне, желобе или трубке (0,3–1,5)
Ф. скорость на выходе из зоны формования, м/мин	10–100	30–500	3–50	3–7	0,5–1,5	0,5–1,5
Послед. обработка	Термич. вытягивание в 3,5–10 раз. Термич. обработка в среде воздуха или водяного пара	—	Термич. или (реже) пластификация, вытягивание в 2–5 раз. Термич. обработка на воздухе	Пластификация и (или) термич. вытягивание в 2–6 раз. Термич. обработка на воздухе (кроме ацетатных и триацетатных)	Пластификация (иногда дополнит. термич.) вытягивание в 2–12 раз	Пластификация, вытягивание в 1,3–2,5 раза, термопластификация, обработка совместно с сушкой
Линейная плотн. готовых волокон, текс/м	0,25–20	0,25–1,0	20–1000	0,2–1,0	0,1–1,0	0,1–2,0

<sup>а</sup> Полиолефины, поликарбамид, полиэтилентерефталат. <sup>б</sup> Сополимеры винилхлорида, винилиденхлорида. <sup>в</sup> Ацетат и триацетатцеллюлозы, полиакрилонитрил. <sup>г</sup> Полиакрилонитрил, ПВХ, поливинилловый спирт. <sup>д</sup> Вискоза. \* Текстильные нити. \*\* Технические нити. \* Жгуты.

Использование совмещенного процесса «формование – вытягивание» позволяет повысить скорости приема на паковку до 3000–4000 м/мин. Однако этот процесс целесообразен только в случае, если не требуется дополнит. термич. обработка, и применяется в осн. при получении полиамидных нитей.

Используется также высокоскоростное Ф. из расплава при скоростях 6000–8000 м/мин. В этом случае крайне быстро протекает структурообразование (ориентация, кристаллизация) в мех. поле с большим градиентом скорости, что позволяет получать нити с ориентированной равновесной структурой без дополнит. вытягивания и термообработки. Этот процесс в осн. реализован для текстильных полиэфирных нитей, предназначенных для послед. текстурирования или применения в произ-ве трикотажа, что объясняется повышенным удлинением получаемых нитей.

Ф. из расплава имеет существенные преимущества перед др. методами: высокая скорость, санитарно-гигиенич. и экологич. безвредность. Недостаток: невозможность использования фильера с числом отверстий более 2000 из-за затруднений с обеспечением равномерности охлаждения формируемых волокон.

При получении мононитей большой толщины Ф. может производиться как с охлаждением в шахте, так и в водной охлаждающей ванне. В этом случае скорости формования, послед. вытягивания и термообработки существенно ниже.

Применяют также Ф. из расплава волокон с неконтролируемыми размерами: центробежное, аэродинамическое. При центробежном Ф. капля расплава, срываясь с вращающегося ротора, растягиваются в виде волокон с одновременным охлаждением воздухом.

Широко используется аэродинамич. Ф. из расплавов полиолефинов, полиамидов и полиэфиров. Струи расплава, вытекающие из отверстий фильеры, растягиваются высокоскоростной струей воздуха, охлаждаются и образовавшиеся нити раскладываются на сетчатом транспортере в виде нетканого

Ф. из р-ров по сухому методу применяют при получении след. видов нитей и (реже) волокон: ацетатных (р-ритель – ацетон с добавкой воды), триацетатных (метиленхлорид с добавкой этанола), полиакрилонитрильных (ДМФА, ДМСО, этиленкарбонат), поливинилхлоридных (смесь ацетона и сероуглерода или бензола), поливинилспиртовых (вода) и др.

Машины для Ф. имеют устройство для подачи р-ра, обрабатываемые шахты для Ф., механизмы транспортирования и приемки нитей или жгутиков. Р-р дозируют насосиком, подогревают и подают через фильтр в фильеру. Образующиеся струи р-ра поступают в вертикальную шахту, куда подается горячий теплоноситель (обычно воздух) противотоком или прямотоком и где происходит испарение р-рителя и образование волокна. Воздух подается в таком кол-ве, чтобы парогазовая смесь имела концентрацию вне пределов взрывоопасности (обычно ниже этого интервала), но достаточно высокую для послед. рекуперации р-рителей. Нити принимаются на паковку или объединяются в общий жгут. Полученные нити или жгуты (за исключением ацетатных и триацетатных) подвергают термич. вытягиванию и термич. обработке примерно теми же методами, что и формируемые из расплава.

Схожий метод используют для Ф. нитей на основе полимеров, пластифицир. летучими р-рителями (концентрация 30–60%), ПВХ, поливинилового спирта. В этом случае скорости Ф. существенно ниже, волокна имеют более высокую линейную плотность.

Отсасываемую из шахт для Ф. парогазовую смесь подвергают регенерации с применением методов низкотемпературной конденсации и сорбции с послед. ректификацией и возвратом р-рителей в процесс.

Ф. по сухому методу позволяет получать волокна из неплавких полимеров, разлагающихся ниже т-ры плавления, достигая достаточно высоких скоростей Ф. Возможность получать высокие концентрации р-рителей в парогазовой смеси и отсутствие сточных вод позволяет эффективно их регенери-

ровать и до минимума свести выбросы в окружающую среду. Однако процесс испарения р-рителя лимитирует возможность использовать фильтры с числом отверстий более 500 и вышай скорости Ф., что ограничивает производительность процесса и делает применение сухого метода менее эффективным при получении волокон в резаном виде или жгутов.

Предложены методы сухого Ф. волокон с неконтролируемыми размерами: центробежное, аэродинамическое, электростатическое. Практич. значение имеет последний метод для получения ультратонких волокон (микроволокон) на основе сополимеров акрилонитрила, винилхлорида в легколетучих р-рителях (напр., ацетон). Струи р-ра, вытекающие из капилляров, растягиваются в электростатич. поле, из них испаряется р-ритель и образовавшиеся тонкие волокна раскладываются на сетчатом барабане или транспортере с образованием тонкого нетканого полотна (материала).

Ф. из р-ров по мокрому методу включает два типа процессов: без протекания хим. р-ций и с их протеканием. Первый из них применяют при получении след. волокон и нитей: полиакрилонитрильных (р-рители – водный р-р роданида натрия, ДМФА, диметилацетамид; осадитель – водный р-р этих соединений); поливинилхлоридных (р-ритель – ДМФА; осадитель – его водный р-р); поливинилспиртовых (р-ритель – вода; осадитель – водный р-р  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ); триацетатных [р-ритель – ацетилирующая смесь (см. *Целлолозы ацетаты*); осадитель – ее водный р-р]. По мокрому методу формируются также мн. сверхпрочные, сверхвысокомолекулярные и термостойкие волокна на основе ароматич. полимеров.

Обычно применяют машины непрерывного процесса, имеющие устройства для подачи р-ра, пластификац. вытягивания, промывки, сушки и приемки. Р-р дозируется насосиком и подается через фильтр в фильеру. Ф. происходит в горизонтальном желобе, горизонтальных или вертикальных трубках, куда подается осадит. ванна, в к-рую вытекают струйки р-ра из отверстий фильеры и происходит образование волокна. Сформованные нити и жгуты (последние объединяются в общий жгут) подвергают послед. обработкам, включающим операции: пластификац. вытягивание, противоточную промывку и сушку. Операцию замасливания нитей проводят при дальнейшей переработке. Жгуты дополнительно подвергают авиаживной обработке, гофрированию и, при необходимости, резке. Термич. вытягивание и термообработку проводят только при получении нек-рых видов нитей и волокон техн. назначения.

Разновидность мокрого метода – Ф. через воздушную прослойку (сухо-мокрое Ф.), применяемое в осн. при получении нитей из высоковязких формовочных р-ров (особенно на основе жесткоцепных полимеров), что требует использования фильер с большим диаметром отверстий и соотв. высоких значений фильерных вытяжек. Ф. ведется сверху вниз глубоким методом или в трубках. Струи формовочного р-ра проходят путь 5–50 мм на воздухе, где происходит основная доля фильерной вытяжки, после чего поступают в осадит. ванну, где происходит образование волокна. Этот метод позволяет в неск. раз увеличить скорость Ф. по сравнению с обычным процессом и достигнуть более высокой степени ориентации волокон.

По мокрому методу получают также волокнисто-пленочные материалы (фибриды) путем осаждения полимера из р-ра смешением его с осадит. ванной в гидродинамич. поле с большими градиентами скоростей. После промывки и сушки они имеют вид волокнистых частиц неправильной формы.

При получении волокон по мокрому методу образуется избыток технол. р-ров (осадит., пластификац. ванн и промывных вод), а в отсасываемом от оборудования воздухе содержатся летучие в-ва, используемые в процессе. Производятся их регенерация с возвратом в технол. цикл и очистка разбавленных сточных вод и газов, что имеет важное экологич. и экономич. значение.

Ф. с протеканием хим. р-ций применяют при получении гидратцеллюлозных волокон (*вискозных волокон и медноаммиачных волокон*). Процессы их Ф. и послед. обработок имеют ряд существенных отличий. Так, вискозные волокна

формируются в осадит. ванне, содержащей в качестве основных компонентов серную к-ту, сульфаты натрия и цинка, при более высоких скоростях, чем др. виды волокон, получаемых по мокрому методу. Сформованные нити или жгутыки подвергают пластификац. вытягиванию, промывке, десульфурации (удалению образовавшейся при Ф. серы), авиаживной обработке, сушке и, при необходимости, резке. При получении вискозных и медноаммиачных волокон особо важное значение имеют процессы регенерации химикатов и очистки выбросов.

Ф. по мокрому методу является сложным многостадийным процессом, в к-ром образуется большое кол-во отходов, а достижение их эффективной регенерации часто затруднено. Малые скорости Ф. делают процесс малоэкономичным при получении нитей, он применяется только тогда, когда невозможно использование сухого метода (напр., при употреблении в качестве р-рителей водно-солевых р-ров, при высокой т-ре кипения орг. р-рителей или их терморазложении).

Процесс мокрого Ф. эффективен при получении жгутов и штапельных волокон в случае применения фильер с большим числом отверстий, что позволяет достигать высокой производительности оборудования, локализовать места газовых и жидких выбросов, существенно повысить их концентрацию и эффективность регенерации и снизить санитарно-гигиенич. вредность.

Ф. из р-ров с фазовым распадом при охлаждении и используют при получении волокон из полиолефинов (р-рители – высококипящие углеводороды), предложено также для волокон из полиакрилонитрила (смесь ДМФА с диметилсульфоном или мочевиной), поливинилового спирта (вода с мочевиной, капролактан), поливинилхлорида (капролактан или его смеси с циклогексаном) и др. Ф. производится в шахте с охлаждением или в охладит. ванне. Волокна подвергают пластификац. вытягиванию. Р-ритель удаляют осторожной (напр., вакуумной) сушкой или промывкой легкотекучими жидкостями, смешивающимися с р-рителем полимера (во мн. случаях водой), с послед. сушкой. После этого, при необходимости, проводят термич. вытягивание и термообработку. Практич. применение метод нашел при гель-формовании высокопрочных нитей на основе сверхвысокомолекулярной полиэтилена.

Возможность использования достаточно конц. р-ров (15–30%) и высоких скоростей (200–1000 м/мин) делает этот метод перспективным при получении нитей; он м. б. применен также при получении волокон на основе нек-рых жесткоцепных полимеров.

Нетрадиционные методы используют для получения и послед. обработки нек-рых видов волокон. К этим методам относятся Ф. из дисперсий неплавких и нерастворимых полимеров в др. полимере – загустителе с послед. термич. обработкой, полимераналогичные превращения, хим. модификация и др. См., напр., *Неорганические волокна, Термостойкие волокна, Углеродные волокна, Фторволокна*.

Для придания волокнам новых св-в применяются методы физ., физ.-хим. и хим. модификации. Физ. модификация позволяет получать волокна с разл. формой поперечного сечения, высокоэластич. пов-стью: профилированные, ультратонкие, высокопористые, бикомпонентные, высокоосажденные и др. Физ.-хим. модификация используется для введения в волокна дисперсных наполнителей или нанесения поверхностных слоев со спец. св-вами – оптическими, электрофизическими, биологическими и др. При хим. модификации в макромолекулы волокнообразующего полимера на стадии синтеза или путем полимераналогичных р-ций в процессе формования и послед. обработок вводят функц. группы; таким путем получают волокна с повышенной гидрофильностью, окрашиваемостью, биостойкостью, пониженной горючестью, ионообменными св-вами и др.

Развитие процессов Ф. происходит по неск. направлениям. Для традиционных полимеров и технол. процессов наиб. важно: увеличение единичной мощности оборудования, повышение скоростей Ф., создание непрерывных и совмещен-

ных процессов «формование – вытягивания – термообработка», автоматизация оборудования.

Для произ-ва текстильных синтетич. нитей из расплава развиваются непрерывные процессы Ф.: вытяжка со скоростями приема 3000–4000 м/мин и более; высокоскоростное Ф. со скоростями 7000–8000 м/мин, а в перспективе до 10 000–12 000 м/мин. Для произ-ва техн. нитей и волокон в жгуте создаются агрегаты с высокой единичной мощностью.

При произ-ве нитей по мокрому методу перспективно повышение концентрации р-ров, развитие процессов Ф. через воздушную прослойку (что позволяет существенно повысить скорости), создание нового поколения непрерывных технол. процессов с прореждением всех операций на одной машине. Применение блочных фильер и интенсивных процессов отделки позволит увеличить массу жгутов при Ф. по мокрому методу и повысить производительность оборудования до 50 т в сут.

Наиб. трудности представляет развитие произ-ва гидратцеллюлозных волокон из-за большой их материало- и энергоемкости, а также несоответствия совр. санитарно-гигиенич. и экологич. требованиям. Очевидно, что их произ-во будет постепенно снижаться.

Альтернативны этим процессам методы прямого получения концентрат. целлюлозных р-ров и Ф. из них волокон без проведения полимераналогичных р-ций. Существенным является выбор р-рителей, не вызывающих быстрой деструкции целлюлозы. Так, пром. значение начинают приобретать процессы получения гидратцеллюлозных волокон из р-ров в N-оксидах третичных аминов, особенно N-метилморфолин-N-оксиде.

Дальнейшее развитие получают Ф. из жидкокристаллич. состояния для получения волокон с высокими мех. св-вами, Ф. с фазовым распадом, а также разл. нетрадиционные методы, необходимые для получения волокон со спец. св-вами.

Одним из перспективных направлений является использование принципов природного прямого синтеза ориентированных волокнистых структур (аналогично образованию целлюлозных волокон в растениях или волокон шерсти у животных) или одностадийного Ф. ориентированных волокон из р-ров с фазовым распадом в мех. поле (аналогично образованию фиброиновых нитей шелка гусеницами шелкопряда или паутины пауками). Последнее требует создания новых видов полимеров (сополимеров), близких по св-вам к фиброину, возможно, с применением методов биотехнологии.

Существенными для развития всех направлений является разработка технол. и аппаратурных решений, обеспечивающих сохранение или повышение качества и равномерности свойств получаемых волокон и нитей, разработка процессов макс. регенерации химикатов, обезвреживания выбросов; снижение материало- и энергоемкости.

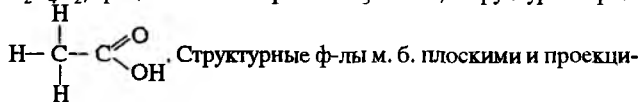
Лит.: Химические волокна, под ред. З.А. Роговина и др., т. 1–10, М., 1973–84; Роговина З.А., Основы химии и технологии химических волокон, 4 изд., т. 1–2, М., 1974; Перележкин К.Е., Физико-химические основы процессов формирования химических волокон, М., 1978; его же, Структура и свойства волокон, М., 1985; Зяблицкий А.Т., Теоретические основы формирования волокон, пер. с англ., М., 1979; Перележкин К.Е. (и др.), «Химические волокна», 1984, № 3, с. 17–24; № 4, с. 14–19; Юркевич В.В., Пакшвер А.Б., Технология производства химических волокон, М., 1987; Высокоскоростное формование волокон, пер. с англ., М., 1988; Панков С.П., Теоретические основы производства химических волокон, М., 1990.

К. Е. Перележкин.

**ФОРМУЛА ХИМИЧЕСКАЯ**, изображение состава и строения молекул с помощью хим. знаков (хим. символов) и числовых индексов. Хим. символ атома состоит из первой буквы или из первой и одной из следующих букв латинского названия элемента, напр. углерод – С (Carboneum), медь – Cu (Cuprum), кадмий – Cd (Cadmium). Число атомов в молекуле принято писать в подстрочном индексе справа от символа элемента (единицу опускают), напр. H<sub>2</sub>O.

Различают эмпирич. ф-лы (показывают простейшее количество соотношения между элементами), молекулярные (указывают число атомов, входящих в молекулу данного соедин.), рациональные (при изображении выделяют функциональные группы) и структурные (характеризуют расположение атомов,

порядок связи и валентность каждого атома в молекуле). Так, для уксусной к-ты эмпирич. ф-ла C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, молекулярная ф-ла C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, рациональная ф-ла CH<sub>3</sub>COOH, структурная ф-ла



Структурные ф-лы м. б. плоскими и проекци-

онными (см. Ньюмена формулы, Фишера формулы, Хоуорса формулы).

М. А. Федоровская.

**ФОРПОЛИМЕРЫ** (предполимеры, преполимеры), олигомеры или полимеры, содержащие функц. группы и способные участвовать в р-циях роста или(и) сшивания цепи с образованием высокомогл. линейных и сетчатых полимеров.

Ф.– осн. компоненты полимерных материалов, вводимые на разл. стадиях их получения или формирования. Термин «Ф.» в первую очередь относится к жидким аддуктам полиолов с избытком ди- или полиизоцианатов в произ-ве изделий из полиуретанов, твердым продуктам, образующимся при предеварит. полимеризации эфиров аллилового спирта в произ-ве прессматериалов на их основе, а также р-римым полиамидокислотам в произ-ве полиимидных пленок. См. также Олигомеры, Смолы синтетические.

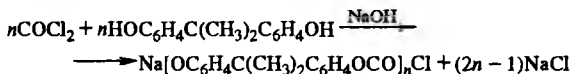
П. Г. Бабаевский.

**ФОСГЕН** (дихлорангидрид угольной к-ты), СОСl<sub>2</sub>, мол. м. 98,92; бесцв. газ с запахом прелого сена или гниющих фруктов; т. пл. –118 °С, т. кип. 7,56 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,381; γ 34,6 мН/м (0 °С); давление пара 8,86 Па; летучесть 6370 мг/л (20 °С); t<sub>крит</sub> 182,3 °С, P<sub>крит</sub> 5,6 МПа; ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –218 кДж/моль; плохо раств. в воде (0,9% по массе при 20 °С), хорошо – в орг. р-рителях.

Ф. обладает св-вами галогенангидридов карбоновых кислот. Влагой воздуха газообразный Ф. гидролизуетс медленно, в жидкой фазе гидролиз происходит быстро, в присут. щелочей – моментально. С аммиаком Ф. образует мочевины и NH<sub>4</sub>Cl; с аминами, в зависимости от условий, – алкил(арил)замещенные мочевины или изоцианаты (с избытком Ф. при нагр.):



Взаимод. Ф. со спиртами приводит к хлоркарбонатам ClCOOR и карбонатам ROCOOR; с солями карбоновых к-т – к соответствующим ангидридам; с оксидами металлов (при нагр.) – к галогенидам металлов, напр.: 3COCl<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> → 2AlCl<sub>3</sub> + 3CO<sub>2</sub>. При поликонденсации Ф. с двухатомными фенолами образуются поликарбонаты, напр.:



Ф. вступает в р-цию Фриделя–Крафтса, напр. с третичными ароматич. аминами образует аминозамещенные диарилкетоны, используемые в синтезе красителей:



Осн. способ получения Ф.– хлорирование СО на активном угле при 125–150 °С; образуется также при окислении полихлорсодержащих углеводородов.

Для качеств. и количеств. анализа Ф. используют его р-цию с анилином с образованием N,N'-дифенилмочевины CO(NHC<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>, т. пл. 235 °С или р-цию с n-фенетидином H<sub>2</sub>N-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub> с образованием N,N'-(4,4'-диэтоксидифенил)мочевины CO(NHC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>, т. пл. 174 °С.

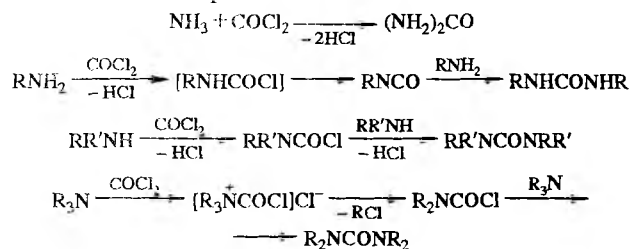
Ф.– важный пром. продукт, применяется как сырье в произ-ве красителей, поликарбонатов, мочевины и ее производных, изоцианатов, безводных хлоридов металлов, пестицидов, лек. средств, р-рителей. Ф.– отравляющее в-во удушающего действия, использовался в 1-ю мировую войну. Смертельная концентрация 3,2 мг/л при экспозиции 1 мин. Вызывает отек легких, раздражение глаз и слизистых оболочек. Скрытый период действия 2–12 ч. Обладает кумулятивными св-вами. Защита от Ф.– противогаз.

ПДК в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м<sup>3</sup>. В. И. Емельянов.



**ФОСГЕНИРОВАНИЕ**, взаимодействие орг. и неорг. соединений с фосгеном. Осуществляется как в газовой, так и в жидкой фазе.

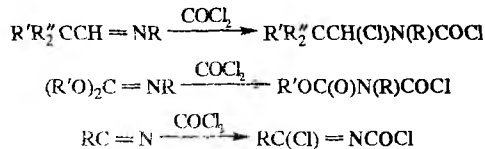
Ф. первичных аминов приводит к изоцианатам, вторичных – к N,N-дизамещенным карбамоилхлоридам (последние м.б. выделены с хорошим выходом), третичных – также к карбамоилхлоридам через промежуточное образование нестабильных катионных комплексов, к-рые при нагревании элиминируют алкилхлорид. При избытке амина во всех случаях образуются замещенные производные мочевины:



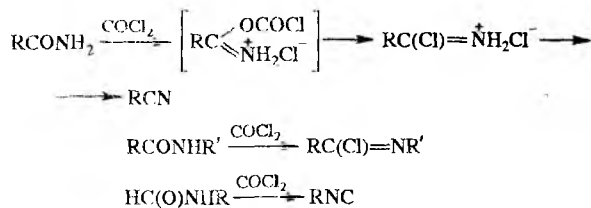
Ф. спиртов и фенолов протекает аналогично р-ции с вторичными аминами с образованием хлорформатов, к-рые при избытке спирта превращаются в соответствующие алкилкарбонаты; р-ция протекает при повышенных т-рах в присут. азотистых оснований:



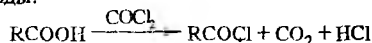
Фосген присоединяется по кратной связи углерод-азот аминов, имидокарбонатов, нитрилов, напр.:



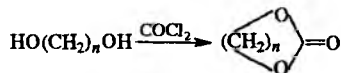
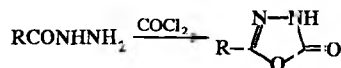
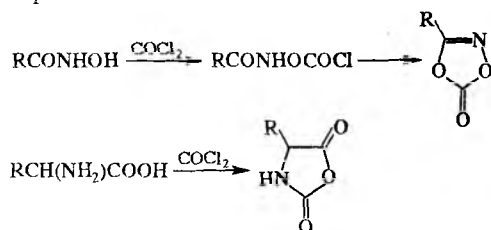
При Ф. амидов карбоновых к-т образуются нитрилы, N-мозамещенных амидов – имидогалогениды, N-замещенных формамидов – изонитрилы:



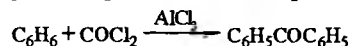
Ф. карбоновых к-т позволяет получать с хорошим выходом хлорангидриды:



С бифункциональными соедин. фосген образует циклич. продукты. Так, гидроксамовые к-ты превращаются в хлорформилпроизводные, к-рые далее циклизуются; α-аминокислоты дают оксазолидин-2,5-дионы (последние используются в пептидном синтезе); гидразиды – 1,3,4-оксадиазолонны; диолы – циклич. карбонаты:



С ароматич. соедин. фосген реагирует в условиях р-ции Фриделя-Крафтса с образованием бензофенонов, напр.:



Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 550-56.

Е. Ш. Казан.

**ФОСФАЗОСОЕДИНЕНИЯ** (иминофосфораны, фосфазены), соедин. общей ф-лы  $\text{R}'\text{N}=\text{PR}_3$ , где  $\text{R}' = \text{H}, \text{Alk}, \text{Ar}, \text{Ac}, \text{Hal}$  и др.,  $\text{R} = \text{Alk}, \text{Ar}, \text{Hal}, \text{OR}'', \text{NR}_2'$  и др.

Ф. подразделяют на группы в зависимости от строения  $\text{R}'$  [напр.,  $\text{R}' = \text{R}''\text{SO}_2$  – фосфазосульфоны,  $\text{R}' = \text{R}''\text{C}(\text{O})$  – фосфазокарбамилы,  $\text{R}' = \text{H}$  – фосфазогидриды]. Полимерные соедин., содержащие в макромолекулах группу  $\text{R}_2\text{P}=\text{N}-$ , наз. *полифосфазены*, циклич. Ф. общей ф-лы  $(-\text{R}_2\text{P}=\text{N}-)_n$  – циклофосфазены ( $n$  – обычно 3), Ф. типа  $\text{R}_2\text{C}=\text{N}-\text{N}=\text{PR}_3$  – фосфазины. Назв. Ф. включает назв. радикалов у атомов  $\text{P}$  и  $\text{N}$ , к-рые являются префиксами к слову «фосфоран» или используются в сочетании с корнем «фосфазо» [напр.,  $\text{Ph}_3\text{P}=\text{NCH}_3$  – трифенил(метилимино)фосфоран, трифенилфосфазометан].

Ф. – жидкости или кристаллич. соедин.; многие перегоняются в вакууме и имеют четкие т-ры плавления; раств. в орг. р-рителях. Конфигурация молекул Ф. – тетраэдрическая с атомом  $\text{P}$  в центре.

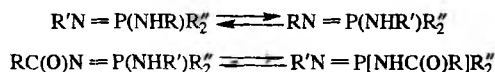
Атому  $\text{N}$  свойственна преимущественно  $sp^2$ -гибридизация; степень двоевязанности атомов  $\text{P}$  и  $\text{N}$  возрастает с увеличением электроотрицательности заместителя у атома  $\text{N}$ . Дипольные моменты у Ф. от  $6,00 \cdot 10^{-30}$  до  $3,04 \cdot 10^{-29}$  Кл·м и достигают наиб. высоких значений среди известных орг. соедин. фосфора; направление диполя  $\text{P} \rightarrow \text{N}$ .

В ИК спектрах полосы поглощения связи  $\text{P}=\text{N}$  находятся в области  $1150-1370 \text{ см}^{-1}$ . В спектрах ЯМР  $^{31}\text{P}$  хим. сдвиги от  $-50$  до  $+140$  м.д.

Ф. с заместителями (прежде всего, у атома  $\text{N}$ ), обладающими небольшой электроотрицательностью, проявляют основные св-ва: протонируются к-тами и алкилируются алкилгалогенидами по атому  $\text{N}$ , образуют комплексы с к-тами Льюиса и галогенидами металлов ( $\text{Cu}, \text{Co}, \text{Ni}, \text{Hg}$  и др.).

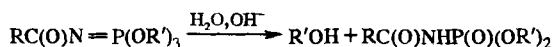
Термич. устойчивость Ф. изменяется в широких пределах. Так, напр.,  $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{N}=\text{PCl}_3$  разлагается при  $0^\circ\text{C}$ , а  $\text{CCl}_3\text{C}(\text{O})\text{N}=\text{PCl}_3$  перегоняется без разложения (т. кип.  $255-259^\circ\text{C}$ ); эфиры  $\text{ROC}(\text{O})\text{N}=\text{PR}_2\text{Hal}$  сравнительно легко отщепляют  $\text{RHal}$  (для  $\text{R} = \text{Alk}$  при  $\sim 20^\circ\text{C}$ ) и образуют изоцианаты  $\text{R}_2\text{P}(\text{O})\text{NCO}$ .

При повышенных т-рах Ф. типа  $\text{R}'\text{N}=\text{PNHR}$  испытывают равновесные превращения по схеме:

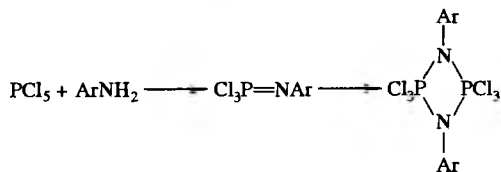


Ф. общих ф-л  $\text{R}_2(\text{R}'\text{O})\text{P}=\text{NR}''$  и  $\text{R}_2(\text{R}'\text{O})\text{P}=\text{NP}(\text{O})\text{R}_2'$  перегруппировываются соотв. в  $\text{OPR}_2\text{NR}'\text{R}''$  и  $\text{OP}(\text{R}')_2\text{N}=\text{P}(\text{R}'')\text{OR}'$ .

Ф. типа  $\text{YN}=\text{PR}_3$  ( $\text{Y} = \text{H}, \text{Alk}$ ) гидролизуются уже на воздухе; при  $\text{Y} = \text{Ar}, \text{R}'\text{C}(\text{O}), \text{R}'\text{OC}(\text{O})$  и  $\text{R} = \text{Hal}$  – лишь в кислых или щелочных средах, напр.:

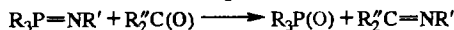


Ф. типа  $\text{Hal}_3\text{P}=\text{NAr}$  легко димеризуются образуя циклодифосфазаны, напр.:



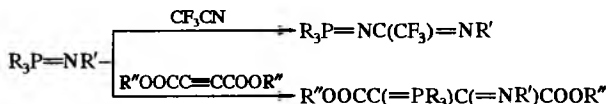
Фосфазогидриды  $R_3P=NH$  реагируют с металлоорг. соед.  $R_2M$  ( $M$  – металл I–III гр. периодич. системы,  $n = 1-3$ ) с образованием Ф. типа  $R_3P=NMR_{n-1}$ ; при действии  $RLi$  на фосфазоалкилы или фосфазоарилы образуются пентакарбофосфораны  $R_5P$ .

Большинство Ф. активно взаимодей. с карбонильными и тиокарбонильными соед., напр.:

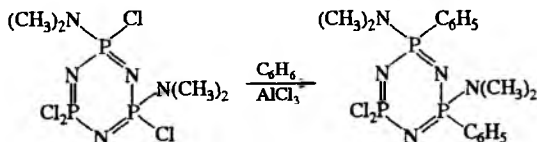


Фосфорильные соед. образуются также в р-циях Ф. с изоцианатами, кетенами,  $SO_2$  и  $NOCl$ .

В р-циях Ф. с нитрилами образуются новые типы Ф., а с ацетиленами – алкилиденфосфораны, напр.:

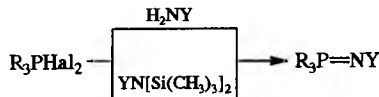


Циклофосфазены легко вступают в р-ции замещения (в т. ч. по Фриделю–Крафтсу), напр.:



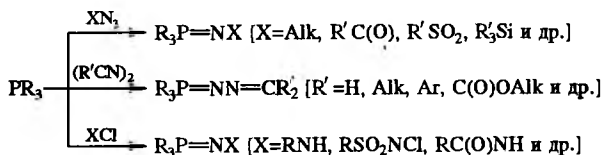
Для получения Ф. наиб. часто используют два способа:

1) Взаимод. дигалогенфосфоранов с амидами разл. к-т (т. наз. фосфазореакция; см. *Кирсанова реакция*) или с арил-либо силиламинами:



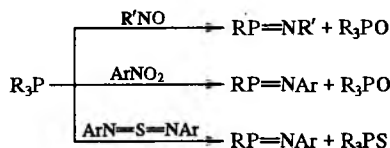
$R = Alk, Ar, OR', NR'_2$ ;  $Hal = Cl, Br$ ;  
 $Y = RC(O), RSO_2, FSO_2, PF_2$  и др.

2) Окислит. иминирование соед. трехкоординац. P:

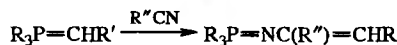
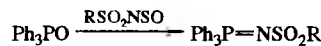


$R = Alk, Ar, OR', NR'_2$

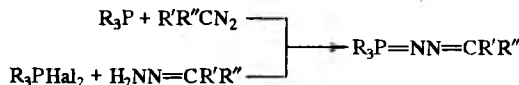
Возможно также применение иминирующих агентов др. структуры и внутримол. окислит. иминирование:



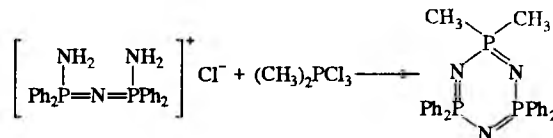
Иногда для получения Ф. используют соед. 4-координац. P – алкилиденфосфораны, фосфиноксиды и фосфинсульфиды, напр.:



Фосфазины получают по схеме:



Циклофосфазены обычно получают взаимодей. линейных Ф., имеющих концевые группы  $NH_2$ , с галогенфосфоранами, напр.:



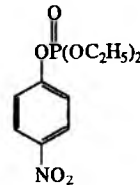
Среди Ф. имеются соед. с инсектицидной активностью, нек-рые Ф. (в частности, содержащие группы  $-N=P-F$  и  $-N=POC_6H_4NO_2-n$ ) обладают общеядовитым действием по отношению к теплокровным.

Ф. применяют для синтеза полифосфазенов и в препаративной практике (напр., в синтезе нитрилов сложного строения, алкилиденфосфоранов, циклофосфазенов и др.).

Лит.: Фосфазосоединения, К., 1965; Кирсанов А. В., в кн.: Химия и применение фосфорорганических соединений. Труды III конференции, М., 1972, с. 75–88; Олжок Г., Фосфоразотистые соединения, пер. с англ., М., 1976; Корбридж Д., Фосфор, пер. с англ., М., 1982, с. 309–16.

Г. И. Дрозд.

**ФОСФАКОЛ** (*n*-нитрофениловый эфир диэтилфосфорной к-ты, минтакол, миотизал), мол. м. 275,2; желтоватая маслянистая жидкость; т. кип. 175 °C/133 Па, 150 °C/40 Па;  $d_{20}^{20}$  1,274–1,278,  $n_D^{20}$  1,508–1,510; раств. в этаноле и диэтиловом эфире, хуже – в воде (1:1000). В щелочной среде гидролизует быстро, но при pH 5–6 за 60 суток гидролизу подвергается менее 1% препарата. Ф. получают фосфорилированием *n*-нитрофенола хлорангидридом диэтилового эфира фосфорной к-ты (выход 73%).



Ф. относится к *антихолинэстеразным средством*. Применяется в качестве миотич. и противоглаузного ср-ва. При побочных эффектах противоядием служит атропин.

Лит.: Organic phosphorus compounds, eds. G. M. Kosolapoff, L. Maier, v. 6, N. Y., 1973, p. 445. А. И. Боканов.

**ФОСФАТАЗЫ**, ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз моноэфиров фосфорной к-ты.

Большое число Ф. представлены неспецифич. ферментами, способными расщеплять разнообразные соед. (моноэфиры фосфорной и тиофосфорной к-т, фосфамиды и полифосфаты). Нек-рые Ф., напр., глюкозо-6-фосфатаза и фруктозо-бисфосфатаза проявляют избират. специфичность к субстрату.

Неспецифич. Ф. в зависимости от pH среды, в к-рой проявляются их макс. ферментативная активность, подразделяют на щелочные (оптимум действия при pH 8–10) и кислые (pH 4–6). Щелочные Ф. обнаружены в тканях животных (слизистая кишечника, плацента, почки, кости и др.), сыворотке крови, молоке, бактериях, грибах, но не в растениях; кислые – в тканях предстательной железы, селезенке, в высш. растениях, бактериях, дрожжах. Различие между двумя группами Ф. наблюдается также при их действии на серосодержащие субстраты: щелочная Ф. гидролизует S-эфиры, а кислая Ф. – O-эфиры тиофосфорной к-ты.

Наиб. хорошо изучена щелочная Ф. кишечной палочки. Известны ее первичная структура и пространственное строе-

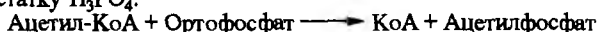
ние. Фермент (мол. м. 94 тыс.) состоит из двух одинаковых субъединиц, каждая из которых имеет активный центр, но сама по себе неактивна. Активные центры находятся в молекуле фермента друг от друга на расстоянии 3 нм. В каждом активном центре есть три участка связывания ионов двухвалентных металлов: первый связывает  $Zn^{2+}$ , второй —  $Zn^{2+}$  или (хуже)  $Mg^{2+}$ , третий —  $Mg^{2+}$ . Гидролиз субстрата включает стадию фосфорилирования остатка серина активного центра с послед. отщеплением фосфата под действием воды, входящей в координац. сферу  $Zn^{2+}$  первого центра. Общую скорость р-ции лимитирует выход фосфата из активного центра, ускоряемый его взаимодей. с ионом металла, находящимся во втором центре. Функционирование Ф. сопровождается конформационными перестройками молекулы, к-рые обуславливают взаимодей. активных центров.

Ф-ция Ф. в организме состоит в поддержании концентрации фосфата, необходимого для разл. биохим. процессов, и, возможно, для транспорта фосфата в клетку.

Определение активности кислых и щелочных Ф. имеет важное значение при диагностике нек-рых заболеваний, сопровождающихся изменением их концентрации (напр., увеличение концентрации кислой Ф. при раке простаты и щелочной Ф. при заболеваниях печени и нарушении метаболизма костей).

Лит.: Диксон М., Уэбб Э., Ферменты, пер. с англ., М., 1982; Coleman J., Getting P., «Adv. Enzymol.», 1983, v. 55, p. 381-452; Wysocki H. [a.o.], там же, p. 453-80. С. М. Аваева.

**ФОСФАТ-АЦЕТИЛТРАНСФЕРАЗА** (ацетил-КоА: ортофосфат ацетилтрансфераза, фосфотрансациетилаза, фосфоацилаза), фермент класса *трансфераз*, катализирующий перенос ацетильной группы от ацетил-кофермента А (ацетил-КоА; см. *Коферменты*, *Пантотеновая кислота*) к остатку  $H_2PO_4$ :



Ф. выделена только из бактериальных источников, получена в кристаллич. состоянии. Ф. играет роль связующего звена между макроэргическими (высокоэнергетическими) связями тиоловых эфиров и макроэргическими фосфатными связями. Ацетильный остаток в ацетил-КоА м. б. заменен на остаток др. к-ты с короткой углеводной цепью. Такие соед. также проявляют св-ва субстрата по отношению к Ф.

Активность Ф. существенно зависит от концентрации ионов  $K^+$ ,  $NH_4^+$  (наибольшая при концентрации 20-80 мМ). Ионы  $Na^+$  и  $Li^+$  не проявляют активирующего эффекта, ферментативная активность Ф. существенно не зависит от двухзарядных ионов. Оптимальный рН среды находится в пределах 7,4-8,2. Ф. способна катализировать также р-цию арсенюлиза, когда в качестве субстрата вместо ортофосфата вводят арсенат-ионы. В этом случае фосфат-ионы выступают в роли ингибитора р-ции арсенюлиза.

Ф. используют для определения кофермента А, а также активности ацетил-КоА-зависимых ферментов. Ацетилфосфат, образующийся по катализируемой Ф. р-ции, взаимодей. с гидроксилламином с образованием гидроксамовой к-ты, к-рую детектируют колориметрически в виде комплекса с  $Fe(III)$ . Ф. применяют также для получения ацетил-КоА по обратной р-ции.

Лит.: Диксон М., Уэбб Э., Ферменты, пер. с англ., т. 1, М., 1982, с. 44, 315; Липман Ф., «Harvey Lectures», 1949, v. 44, p. 99-123; Stadtmann E., «J. Biol. Chem.», 1952, v. 196, p. 535-46. А. Г. Габеева.

**ФОСФАТИДИЛГЛИЦЕРИНА АМИНОКИСЛОТНЫЕ ЭФИРЫ** (липоаминокислоты), производные *фосфатидилглицерина* общей ф-лы  $ROCH_2CH(OR')CH_2OR''(O^-) - OCH_2CH(OR''')CH_2OR''''$ , где R и R' — ацилы жирных к-т; R'' или R''' — ацил аминокислоты (соотв. R'' или R''' — атом Н). Могут составлять значит. долю (до 80% по массе) липидов клеточных стенок или наружных мембран мн. бактерий (гл. обр. грамположительных). Среди липидов животных и растит. тканей встречаются редко и в малых кол-вах (доли %).

В составе Ф. а. э. найдены остатки мн. аминокислот (в большинстве случаев — остатки лизина и аланина), к-рые могут иметь как L- (чаще), так и D-конфигурацию. Обычно аминокислотный остаток занимает положение R'''. Наиб.

вероятная физиол. роль этих липидов в бактериальной мембране — регуляция ее проницаемости для ионов.

Лит.: Macfarlane M. G., в кн.: *Advances Lipid Res.*, N. Y. — L., 1964, v. 2, p. 91-125. Ю. Г. Молотковский.

**ФОСФАТИДИЛГЛИЦЕРИНЫ** (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицерин), соед. общей ф-лы  $ROCH_2CH(OR')CH_2OR''(O^-)OCH_2CH(OH)CH_2OH$ , где R и R' — ацилы жирных к-т. Жирнокислотный состав Ф. соответствует таковому др. *фосфолипидов* из того же источника; из хлоропластов растений выделен Ф. с необычными жирнокислотными остатками и их размещением в молекуле (полиненасыщенный остаток в положении 1) — 1-линолеоил-2-(*транс*-3-гексадеценоил)-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицерин.

Кристаллич. или воскоподобные в-ва, неустойчивы в виде своб. к-ты. Для Ва-соли дистеароил-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицерина т. пл. 166 °С,  $[\alpha]_D^{25} +9,2^\circ$  (пиридин), для Na-соли 1-олеоил-2-пальмитоил-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицерина — соотв. 176-179 °С и +1,02° (хлороформ).

Ф. — одни из осн. фосфолипидов растений и водорослей (до 60% по массе от всех фосфолипидов в хлоропластах), а также большинства бактерий (до 70% от всех фосфолипидов); в тканях животных — обычно минорный фосфолипид (содержится в осн. в митохондриях).

Биосинтез Ф. включает ацилирование *sn*-глицеро-3-фосфата действием ацил-кофермента А (фермент — ацилтрансфераза), образующаяся фосфатидовая к-та в р-ции с *sn*-глицеро-3-фосфатом (фермент — фосфатидилглицерин-фосфатсинтетаза) дает фосфатидилглицеринфосфат (Ф., фосфорилируемый по концевой группе OH остатка глицерина); расщепление последнего специфич. фосфатазой приводит к Ф.

Ф. являются метаболит. предшественниками *дифосфатидилглицерина*, *бис*(моноацилглицеро)фосфатов и *фосфатидилглицерина аминокислотных эфиров*. Катаболизм Ф. осуществляется фосфолипазами и нек-рыми др. ферментами.

Получают Ф. из прир. источников, полным хим. синтезом, а также полусинтезом — действием на фосфатидилхолин глицерина и фосфолипазы (образуется Ф. с рацемич. остатком глицерина).

Лит.: *Phospholipids*, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. — N. Y. — Oxf., 1982, p. 215-61; *The lipid handbook*, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. V. Padley, L. — N. Y., 1986. Ю. Г. Молотковский.

**ФОСФАТИДИЛИНОЗИТ**, см. *Фосфоинозитиды*.

**ФОСФАТИДИЛСЕРИНЫ** (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфосеринил), фосфолипиды общей ф-лы  $ROCH_2CH(OR')CH_2OR''(O^-)OCH_2CH(NH_3^+)COO^-$ , где R и R' — ацилы насыщенных или ненасыщенных к-т с 16-24 атомами С в цепи.

Ф. — минорные компоненты мембран клеток. Больше всего Ф. содержится в мозге млекопитающих (ок. 15% по массе от общего кол-ва фосфолипидов) и тканях сердца, печени, почек и легких (до 10% от всех фосфолипидов).

Ф. относятся к кислым фосфолипидам. Они выполняют ф-ции регуляторов активности ряда мембраносвязанных ферментов и являются предшественниками *фосфатидилэтанолламинов*.

Осн. путь биосинтеза Ф. включает р-цию цитидиндифосфатидилглицериды с L-серином. Катаболизм осуществляется под действием фосфолипаз.

Получают Ф. обработкой прир. или синтетич. *фосфатидилхолинов* фосфолипазой D в присут. L-серина (р-ция трансфосфатидилирования). Хим. синтез Ф. осуществляется двумя путями: взаимодей. фосфатидовых к-т  $ROCH_2CH(OR')CH_2OR''(OH)_2$  с защищенным серином в присут. конденсирующих агентов (карбодиимиды, триэтилопропилфенилсульфенилхлорид) или путем р-ции фосфорилирования 1,2-диацил-*sn*-глицерина активированными производными защищенного фосфосерина.

Лит.: Овчинников Ю. А., *Биоорганическая химия*, М., 1987, с. 527; Hermetter A. [a.o.], «Chem. Phys. Lipids», 1982, v. 30, № 1, p. 35-45; *Phospholipids*, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. — N. Y. — Oxf., 1982; *The lipid handbook*, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. V. Padley, L. — N. Y., 1986. Г. А. Серебрянникова.

**ФОСФАТИДИЛХОЛИНЫ** (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфохолины, лецитины), соед. общей ф-лы  $ROCH_2CH(OR')CH_2OP(O)(O^-)O(CH_2)_2\dot{N}(CH_3)_3$ , где R – обычно ацил насыщенной, R' – ненасыщенной к-ты с 16–24 атомами C в цепи (преобладают к-ты C<sub>16</sub> и C<sub>18</sub>). Физ.-хим. св-ва нек-рых Ф. приведены в табл.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФОСФАТИДИЛХОЛИНОВ**

Соединение	R, R'	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. раз-мьтч., °С	$[\alpha]_D^{25}$ (р-ритель)
Димиристоилфосфатидилхолин	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> C(O)	677,93	236–237	90	+7,0 (хлороформ – этанол)
Дипальмитоилфосфатидилхолин	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> C(O)	733,93	235–236	120	+7,0 (хлороформ)
Дистеароилфосфатидилхолин	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> C(O)	790,13	230–232	120	+6,1 (хлороформ – метанол)
Диолеилфосфатидилхолин	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> C(O)	786,13	—	—	+6,2* (хлороформ – метанол)

\*  $[\alpha]_D^{25}$

Ф. имеют структуру цвиттер-ионов в широком диапазоне pH. В щелочной среде гидролизуются с образованием к-т и *sn*-глицеро-3-фосфохолина (в общей ф-ле R = R' = H).

При диспергировании в водной фазе Ф. образуют везикулы и *липосомы*, к-рые широко используют для моделирования биол. мембран, а также для направленного транспорта разл. биологически активных в-в в организме животных.

Ф. – осн. липидные компоненты плазматич. мембран клеток и мембран субклеточных органелл (ядра, митохондрий и др.) животных, растений и микроорганизмов. В больших кол-вах Ф. содержатся в сердечной мышце, печени, почках, яичных желтках.

Биосинтез Ф. включает перенос остатка фосфохолина с цитидиндифосфатхолина на 1,2-диацил-*sn*-глицерин или метилирование фосфатидилэтаноламина с помощью *S*-аденозилметионина. Катаболизм Ф. осуществляется под действием фосфолипаз.

Получение Ф. из прир. источников включает экстрагирование липидов, выделение фосфолипидов фракционным осаждением и хроматографирование их на силикагеле. Прир. Ф. – смеси, компоненты к-рых отличаются ацильными остатками. Для разделения их на индивидуальные соед. применяют высокоэффективную жидкостную хроматографию. Синтез Ф. с одинаковыми R и R' включает щелочное деацилирование прир. Ф. и ацилирование *sn*-глицеро-3-фосфохолина ангидридами или имидазолидами жирных к-т. Синтез Ф. с разными R и R' основан на деацилировании Ф. с одинаковыми R и R' фосфолипазой A<sub>2</sub> с послед. ацилированием лизофосфатидилхолина (в общей ф-ле R' = H). Наиб. распространенный вариант хим. синтеза Ф. включает последоват. обработку 1,2-диацил-*sn*-глицеринов POCl<sub>3</sub> и тозилатом холина.

Близкий по хим. строению к Ф. 1-О-алкил-2-ацетил-*sn*-глицеро-3-фосфохолин [в общей ф-ле R – гексадеканил, октадеканил или 1-октадеценил; R' = CH<sub>3</sub>C(O)] – фактор активации тромбоцитов (ФАТ), обладает сильной биол. активностью, активирует форменные элементы крови, является медиатором аллергии. и воспалит. р-ций у животных и человека, оказывает гипотензивный, иммуностимулирующий эффекты и др. Перспективно создание мед. препаратов на основе аналогов и антагонистов ФАТ.

Ф. применяют в мед., пищ. и парфюмерной пром-сти.

Лит.: Гордеев К. Ю. [и др.], «Биоорганич. химия», 1984, т. 10, № 12, с. 1589–1605; Phospholipids, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst.– N. Y.– Oxf., 1982; The lipid handbook, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. V. Padley, L.– N. Y., 1986; Serebrennikova G. A., Evstigneeva R. P., «Chem. Rev.», 1988, v. 12, № 4, p. 209–68. Г. А. Серебренникова.

**ФОСФАТИДИЛЭТАНОЛАМИНЫ** (1,2-диацил-*sn*-глицеро-3-фосфоэтаноламины), соед. общей ф-лы  $ROCH_2CH(OR')CH_2OP(O)(O^-)O(CH_2)_2NH_3$ , где R – обычно

ацил насыщенной, а R' – ненасыщенной к-ты с 16–24 атомами C в цепи.

Бесцв. кристаллы. Для димиристоил-, дипальмитоил- и дистеароилфосфатидилэтаноламинов т. пл. соотв. 195–196, 186–187 и 180–182 °С; т. размягч. 86, 88 и 83 °С;  $[\alpha]_D^{25}$  +6,7, +6,4 и 6,0 °С (хлороформ). При обработке щелочью Ф. гидролизуются с образованием к-т и *sn*-глицеро-3-фосфоэтаноламина.

При диспергировании в воде и солевых р-рах при pH ок. 7 Ф. *липосом* не образуют, однако при диспергировании в р-рах с низкой ионной силой, а также при высоких значениях pH формируют бислойные модельные мембраны. Аналогичные структуры они образуют в смеси с *фосфатидилхолинами*.

Ф. содержатся во всех органах животных. В значит. кол-вах обнаружены в головном мозге, в плазме крови, печени и почках. Ф. и N-ацил-Ф. найдены и в разл. видах морских организмов, в т. ч. у рыб; являются одними из осн. представителей липидов бактерий.

Биосинтез Ф. осуществляется путем переноса остатка фосфоэтаноламина с цитидиндифосфатэтаноламина на 1,2-диацил-*sn*-глицерин. Минорный путь – декарбоксилирование *фосфатидилсеринов* ферментами *фосфатидилсериндекарбоксилазами*. Катаболизм Ф. осуществляется под действием *фосфолипаз*. Ф. – предшественники *фосфатидилхолинов*.

Получение Ф. из прир. источников включает процессы экстрагирования липидов и послед. хроматографирования. Разделение на индивидуальные Ф. достигается с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии. Получают Ф. также из *фосфатидилхолинов* с помощью р-ции трансфосфатидилирования, катализируемой фосфатазой, в присут. этаноламина. Синтез Ф. с R = R' из прир. Ф. включает получение N-тригил-Ф., их деацилирование, реакцирование активированными производными жирных к-т с послед. удалением N-тригильной защитной группы.

Хим. синтез Ф. основан на фосфорилировании 1,2-диацил-*sn*-глицеринов разл. активированными производными N-защитного фосфоэтаноламина или на взаимод. фосфатидовых к-т с N-защитным этаноламином в присут. активирующих агентов.

Лит.: Химия липидов, М., 1983; Phospholipids, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst.– N. Y.– Oxf., 1982; Hermetter A. [a. o.], «Chem. Phys. Lipids», 1983, v. 32, № 2, p. 145–52; The lipid handbook, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. V. Padley, L.– N. Y., 1986. Г. А. Серебренникова.

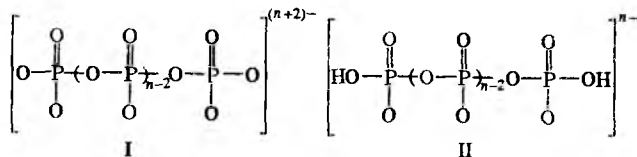
**ФОСФАТИДОВЫЕ КИСЛОТЫ**, диацильные производные глицеро-3-фосфорной к-ты общей ф-лы  $ROCH_2CH(OR')CH_2OP(O)(OH)_2$ , где R и R' – остатки насыщенных или ненасыщенных жирных к-т. Воскоподобные в-ва. В незначит. кол-вах содержатся в тканях животных, растениях и микроорганизмах. Являются промежут. продуктами биосинтеза фосфолипидов; образуются этерификацией *sn*-глицеро-3-фосфата или дигидроксиацетонфосфата ацил-коферментом А. Получают расщеплением *фосфатидилхолинов* или др. *фосфолипидов* *фосфолипазой* либо синтетически.

Лит.: Химия липидов, М., 1983; Phospholipids, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst.– N. Y.– Oxf., 1982; The lipid handbook, eds. F. D. Gunstone, J. L. Harwood, F. V. Padley, L.– N. Y., 1986. Э. В. Дятловская.

**ФОСФАТЫ КОНДЕНСИРОВАННЫЕ**, соли конденсированных фосфорных к-т (см. *Фосфора кислоты*, *Фосфаты неорганические*), в к-рых степень окисления фосфора +5. Подобно к-там образуют гомологич. ряды с цепочечными, циклич. и разветвленными строением аниона. Построены из тетраэдров PO<sub>4</sub>, связанных общими кислородными вершинами. Получены в аморфном, стеклообразном и кристаллич. виде. Способность к кристаллизации меняется в зависимости от мол. м. аниона. Так, в ряду цепочечных фосфатов (Ф.) Na<sub>2n+2</sub>P<sub>n</sub>O<sub>3n+1</sub> моно- (n = 1) и дифосфат (n = 2) кристаллизуются легко и аморфное состояние для них нехарактерно; трифосфат (n = 3) м. б. получен в кристаллич., высоковязком и стеклообразном состояниях, средние члены ряда не кристаллизуются, а высокомолекулярные соед. образуют неск. кристаллич. модификаций. Такая закономерность объясняется на основе теории перестройки цепей Ван Везера: при больших n разница между

св-вами цепей разл. длины нивелируется и фосфатные смеси ведут себя подобно индивидуальным солям с  $n = 1-3$ , способным кристаллизоваться.

**Печочечные Ф.** (полифосфаты). Анионы полифосфатов построены в виде цепей:



При  $n > 3$  цепь содержит две концевые и переменное кол-во срединных групп  $\text{PO}_4$ , ф-ла  $(\text{P}_n\text{O}_{3n+1})^{(n+2)-}$  (I) соответствует коротким цепям, ф-ла  $(\text{H}_2\text{P}_n\text{O}_{3n+1})^{n-}$  (II) – длинным цепям ( $n \rightarrow \infty$ ), на концах к-рых имеются группы OH. Условно ряд делат на 3 группы: олигофосфаты ( $n < 30-35$ ), к-рые м. б. разделены методом ионообменной хроматографии и отделены от соед. P в степенях окисления от +1 до +4, при малых  $n$  кристаллизуются; среднемол. Ф. ( $30-35 < n < 100-200$ ) – некристаллизующиеся смеси, м. б. разделены на фракции, к-рые характеризуются средней длиной цепи  $m$ , средней мол. массой, видом ф-ции ММР анионов; высококомол. Ф. ( $n > 10^2-10^3$ ) образуют аналогичные фракции, нек-рые кристаллизуются. Индивидуальные Ф. обозначают  $\text{P}_m$ , смесевые фракции –  $\text{P}_{m'}$ . Известно не менее 6 типов печочек анионов высококомол. срединных Ф. ( $\text{MPO}_3$ ) $_{\infty}$  (рис. 1, а-е). В солях Rb и Cs (а), Li (низкотемпературная форма) и K (б) двулученные цепи содержат повторяющуюся структурную единицу, состоящую из двух тетраэдров  $\text{PO}_4$ . Цепи анионов соли Na и высокотемпературной соли Маддрелла (в, см. *Натрия фосфаты*) являются трехлученными, а солей Rb и Ca (г) – четырехлученными. У серебряной и натриевой соли Курроля-А (д) и натриевой соли Курроля-В (е) цепи завиваются в спираль по-разному.

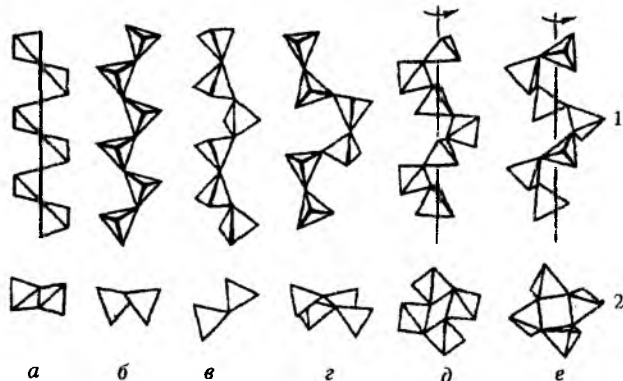
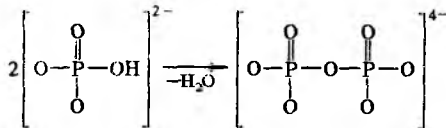


Рис. 1. Типы цепочек высокомолекулярных кристаллич. фосфатов в просциях перпендикулярно (1) и параллельно (2) оси цепочки: а – полифосфат Rb; б – Li и K; в – Na и высокотемпературная соль Маддрелла; г – Rb и Ca; д – серебряная и натриевая соли Курроля-А; е – натриевая соль Курроля В.

При плавлении, переходе в аморфное состояние, образовании вязкой массы индивидуальные полифосфаты превращаются в смесевые фракции ( $\text{P}_n \rightarrow \text{P}_m$ ). В воде раств. лишь полифосфаты щелочных металлов. В водных р-рах фосфаты  $\text{P}_n$  и  $\text{P}_m$  нестабильны и разлагаются до ортофосфатов, р-ция ускоряется при нагр., понижении рН, добавлении ферментов и комплексобразователей. Полифосфаты – типичные полиэлектролиты, с ионами металлов образуют раств. в воде комплексы, Ф. с длинными цепями коагулируют белок.

Получают печочечные Ф. дегидратацией кислых ортофосфатов при определенных режимах нагревания и охлаждения. Применяют в произ-ве фосфатных стекол, моющих ср-в, как пептизирующие и флокулирующие реактивы, ионообменные смолы и др.

Ф. с  $n = 2$  (дифосфаты, пирофосфаты) – соли пирофосфорной к-ты  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ . Эти соед. принято включать в ряд конденсированных Ф. условно, т.к. их анион  $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$  не содержит срединной группы  $\text{PO}_4$ ; по св-вам заметно отличаются от Ф. с  $n > 2$ . Обычно пирофосфаты получают твердофазной конденсацией гидрофосфатов:



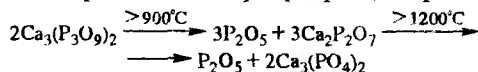
Ф. с  $n = 3$  (трифосфаты) способны удерживать в р-ре ионы тяжелых металлов, стабилизировать коллоидные системы, усиливать действие моющих ср-в и др. Триполифосфат натрия  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – промежут. продукт в синтезе моющих средств; гексагидрат образует кристаллы. Плавление, высаливание из р-ра, мех. активация и др. виды обработки, вызывающие переход  $\text{P}_n \rightarrow \text{P}_m$  приводят к изменению во времени ф-ции ММР.

Ф. с  $n = 4$  (тетрафосфаты). Хорошо изучен тетрафосфат  $\text{Na}_4\text{H}_2\text{P}_4\text{O}_{13}$ ; он не кристаллизуется из водного р-ра, при упаривании р-ра образует вязкую массу. Получены немногие кристаллич. соли – раств. в воде тетрафосфаты аммония, гуанидина, акридина, не раств. в воде соли Ba, Bi, Pb(II).

Ф. с  $5 \leq n < 30-35$ . Разделяются методами хроматографии и электрофореза, нек-рые низшие соли получены препаративно. Известны кристаллич. соед.  $\text{Na}_3\text{Mg}_2\text{P}_5\text{O}_{16}$ ,  $\text{Ca}_4\text{P}_6\text{O}_{19}$ ,  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]_8(\text{P}_6\text{O}_{19})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

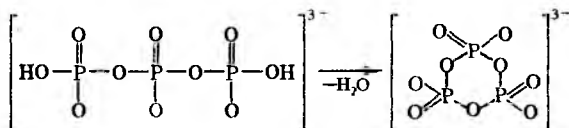
Ф. с  $n > 30-35$ . По мере увеличения  $n(m)$  и уменьшения величины  $R = \text{M}_2\text{O} : \text{P}_2\text{O}_5 = \text{M}^1 : \text{P}$  ( $1 \leq R \leq 3$ ) фосфатные смеси обогащаются выш. компонентами, нек-рые из них образуют по неск. кристаллич. модификаций. Так, высококомол. Ф. аммония образует до 5 кристаллич. форм. В пром-сти выпускают стеклообразные Ф. натрия («гексаметафосфат», «калгон»), используемые как умягчители воды, компоненты моющих ср-в и буровых р-ров.

**Циклические Ф.** (метафосфаты). Эти соед. – соли метафосфорных к-т  $(\text{HPO}_3)_x$ , где  $x \geq 3$ . Содержат циклич. анионы  $(\text{PO}_3)_x^{x-}$ . Неустойчивые анионы  $\text{PO}_3^-$  ( $x = 1$ ) м. б. стабилизированы в результате присоединения орг. радикалов, они образуются в нек-рых высокотемпературных процессах и р-циях фосфорилирования. Низшие члены гомологии ряда циклофосфатов  $\text{P}_x$  имеют состав  $\text{M}_x^1\text{P}_x\text{O}_{3x}$  ( $3 \leq x < 12-15$ ), их отделяют друг от друга и от полифосфатов методами хроматографии и электрофореза. Метафосфаты – кристаллич. или стеклообразные соед., при прокаливании отщепляют  $\text{P}_2\text{O}_5$  и переходят в пиро-, а затем в ортофосфаты, напр.:



Метафосфаты щелочных металлов и аммония хорошо раств. в воде, соли Ca, Al, Cu – плохо. В нейтральных водных р-рах при 25 °С стабильны, в щелочных р-рах быстро разлагаются из-за размыкания цикла. Получают метафосфаты из ортофосфатов при нагр. или взаимодей.  $\text{P}_2\text{O}_5$  с карбонатами металлов.

Ф. с  $x = 3$  (трициклофосфаты). Образование тримера можно представить как замыкание цепочки дигидротрифосфата в кольцо  $\text{P}_3$ :



В присут. уксусного ангидрида процессы циклизации – дегидратации протекают обратимо:  $\text{P}_{n=3} \rightleftharpoons \text{P}_{n=3}$ . Средняя длина связи P–O в кольце для  $\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$  0,1615 нм, вне

кольца — 0,1484 нм, углы  $OP_1O$  и  $POP$  в кольце равны соотв. 101,1 и 126,9°.

$\Phi$ . с  $x = 4$  (тетрациклофосфаты). Кольцо  $P_4$  может принимать конформации типа «кресла» и «ванны». Для солей  $Na$  и аммония длина связи  $P-O$  в кольце 0,147–0,165 нм, угол  $OP_1O$  101–124°,  $POP$  130–131°. Конфигурации кольца  $P_4$  разл.  $\Phi$ . представлены на рис. 2.

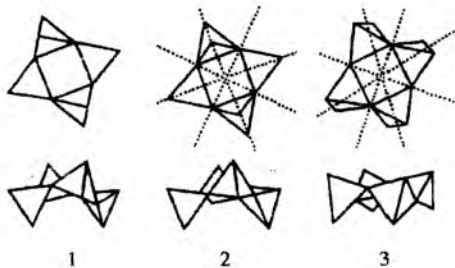


Рис. 2. Конфигурация тетрациклофосфатного кольца: 1 —  $Al_4(P_4O_{12})_3$ ; 2 —  $Cu_2P_4O_{12}$ ; 3 —  $Mg_2P_4O_{12}$ .

$\Phi$ . с  $5 \leq x < 12-15$ . Известны пента-, гекса-, гепта- и октациклофосфаты щелочных металлов и их кристаллогидраты —  $Na_5P_5O_{15} \cdot 4H_2O$ ,  $M_6P_6O_{18} \cdot 6H_2O$ , где  $M = Li, Na, M_7P_7O_{24} \cdot 6H_2O$ , где  $M = Na, K$ . Термич. св-ва кристаллич.  $Na_6P_6O_{18} \cdot 6H_2O$  и  $Na_3P_3O_9 \cdot 6H_2O$  сходны — при нагр. они превращаются в безводные соли без разрыва кольца.

Вопрос о существовании макроциклов с  $x = 12-15$  не решен. Состав высокомогл. цепочечных и циклич.  $\Phi$ . практически не различим. Методом рентгеноструктурного анализа обнаружен циклич. анион  $P_{12}O_{36}^{12-}$  в семействе метафосфатов  $Al, Fe, Cr, V, Ga$ .

**Ультрафосфаты** (изополифосфаты, изометафосфаты). Имеют разветвленное строение анионов ( $0 < R < 1$ ), в к-рых по крайней мере неск. тетраэдров  $PO_4$  имеют три общих вершинных атома  $O$ . При уменьшении  $R$ , начиная с  $R = 1$ , число точек разветвления увеличивается и сравнительно простые комбинации цепей и колец или разветвленных цепей, встречающиеся у изомеров низших  $P_n$  и  $P_x$ , сменяются более сложными вплоть до образования характерной для  $P_2O_5$  плотной сетчатой структуры. Вследствие существования трехсвязанных тетраэдров  $PO_4$  (точек разветвления) ультрафосфаты неустойчивы. В противоположность  $\Phi$ ., содержащим только двухсвязанные тетраэдры, при контакте с влагой быстро разлагаются по точкам разветвления с образованием поли- и метафосфатов. Плохо раств. в воде.

Известны стеклообразные ультрафосфаты, а также кристаллич. состава  $M^{III}P_5O_{14}$ , где  $M = R_3E$  и  $Vi$  и  $M_2^IVP_6O_{17}$ , и  $M^IVP_4O_{11}$ , где  $M = Ca, Co, Mn, Cd, UO_2^{2+}$ . Структуры типа ультрафосфатов встречаются в стеклах, расплавах, вязких и аморфных в-вах, образующихся при взаимод.  $P_2O_5$  с  $H_2O$ , фосфатами, солями и оксидами металлов при соотношении  $0 \leq R \leq 1$ . Кристаллич. ультрафосфаты — лазерные материалы с низким порогом возбуждения.

Лит.: Ван Везер Дж., Фосфор негго соединения, пер. с англ., М., 1962, с. 462–548; Продан Е.А., Продан Л.И., Ермоленко Н.Ф., Триполифосфаты и их применение, Мянск, 1969, с. 5–49, 160–238; Кузьменков М.И., Печковский В.В., Плышевский С.В., Химия и технология метафосфатов, Мянск, 1985, с. 25–64; Продан Е.А., Тополимеры кристаллов, Мянск, 1990, с. 169–88.

Е.А. Продан.

**ФОСФАТЫ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ**, соли кислородных к-т фосфора в степени окисления +5 (см. *Фосфора кислоты*). Существуют ортофосфаты — соли ортофосфорной к-ты  $H_3PO_4$  и *фосфаты конденсированные* — соли полифосфорных к-т. Различают средние, кислые и основные фосфаты, разнокатионные (двойные и тройные соли) и разноанионные (смешанные соли), оксифосфаты, а также разл. неорг. производные (напр., трифосфаты). Анионы  $\Phi$ . н. построены из тетраэдров  $PO_4$  с атомами  $O$  в вершинах. Ортофосфаты состоят из изолирован-

ных тетраэдров, в конденсированных  $\Phi$ . н. тетраэдры связаны в кольца или цепочки через общие вершины.

Кислые  $\Phi$ . н. образуются в результате частичной нейтрализации  $H_3PO_4$  или полифосфорных к-т основаниями. При полной нейтрализации гидроксидами одного или неск. металлов получают средние  $\Phi$ . н. — соотв. одного металла или двойные  $\Phi$ . н. Смешанные соли образуются при нейтрализации смеси к-т, напр. ди- и трифосфорных, одним гидроксидом (ординарные разноанионные  $\Phi$ . н.) или неск. гидроксидами (разнокатионно-разноанионные  $\Phi$ . н.). Нейтрализующим агентом служит и  $NH_3$ . Конденсированные  $\Phi$ . н. получают также термич. обработкой кислых  $\Phi$ . н., смесей  $\Phi$ . н. При этом состав исходного продукта (в пересчете на оксиды)  $R = M_2O : P_2O_5 = (M_2O + H_2O) : P_2O_5 = M^{II}O : P_2O_5$  должен отвечать составу синтезируемого соединения ( $0 < R \leq 3$ ). В области значений  $3 < R \leq 8$  получают оксифосфаты. Характеристики нек-рых  $\Phi$ . н. приведены в таблице.

Ортофосфаты встречаются в природе в виде минералов (известно ок. 190), важнейшие из них — *апатит* и *фосфорит* (см. также *Фосфор*).

**Средние  $\Phi$ . н.** Общее св-во безводных солей — стабильность при нагр. до т-ры плавления. Ортофосфаты  $M^{II}(PO_4)_2$  плавятся при 1375 ( $M = Mg$ ), 1777 ( $Ca$ ), 1600 ( $Sr$ ), 1605 ( $Ba$ ), 1152 ( $Mn$ ), 1345 ( $Ni$ ), 1060 ( $Zn$ ), 1014 °C ( $Pb$ ), дифосфаты  $M_2^IVP_2O_7$  — при 1382 ( $Mg$ ), 1355 ( $Ca$ ), 1375 ( $Sr$ ), 1430 ( $Ba$ ), 1195 ( $Mn$ ), 1400 ( $Ni$ ), 1020 ( $Zn$ ), 830 °C ( $Pb$ ). Исключение составляют неустойчивые  $\Phi$ . н. (с катионами  $NH_4^+$ ,  $Hg^{2+}$ ), напр.  $Hg_3(PO_4)_2$ , из к-рого часть ртути улетучивается ниже т-ры плавления. В противоположность ортофосфатам конденсированные  $\Phi$ . н.  $P_n$  при плавлении превращаются в фосфатные смеси  $P_m$ .

Кристаллогидраты мн. ортофосфатов и нек-рых конденсированных  $\Phi$ . н. при нагр. теряют кристаллизационную воду ступенчато без изменения состава аниона. На этом св-ве основан топочим. способ синтеза безводных солей, к-рые не удается получить др. способами. Так, топочим. путем из  $(NH_4)_3P_3O_{10} \cdot xH_2O$ , где  $x = 1, 2$ , в среде газообразного  $NH_3$  получен кристаллич.  $(NH_4)_3P_3O_{10}$ . Средние  $\Phi$ . н. металлов в высоких степенях окисления не раств. в воде, щелочных металлов и аммония — раств., их водные р-ры имеют  $pH > 7$ . Анионы конденсированных  $\Phi$ . н. не стабильны в водных р-рах, они последовательно превращаются в анионы низших  $\Phi$ . н.

**Кислые и основные  $\Phi$ . н.** Р-имость в воде кислых и основных  $\Phi$ . н. выше, чем у средних, в р-р переходят даже нек-рые соли металлов в высокие степени окисления. Благодаря этому св-ву кислые  $\Phi$ . н. используют в качестве удобрений. При  $pH < 7$  сложные анионы быстрее разлагаются до простых (по сравнению с  $pH > 7$ ). При нагр. в результате конденсации кислые соли меняют анионный состав ниже т-ры плавления, благодаря чему они служат исходными соед. для получения мн. конденсированных  $\Phi$ . н.

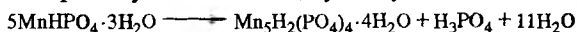
Помимо гидро- и дигидроортофосфатов щелочных металлов известны кристаллич. кислые ортофосфаты:  $M^{II}HPO_4$ , где  $M = Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Zn, Cd, Sn, Pb, Hg$ , их кристаллогидраты с одной молекулой воды ( $M = Be, Mg, Cu, Zn$ ), двумя ( $Ca, Co, Ni$ ), тремя ( $Mg, Mn, Zn$ ) и семью ( $Mg$ );  $M^{II}(H_2PO_4)_2$ , где  $M = Mg, Sr, Ba, Cu, Cd, Sn, Pb$ , их кристаллогидраты с одной молекулой воды ( $M = Ca, Sr$ ), двумя ( $Mg, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Cd$ ) и четырьмя ( $Mg$ ); содержащие неск. анионных форм:  $Co(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2PO_4$ ,  $NaH_2PO_4 \cdot Na_2HPO_4$  (используется при получении триполифосфата  $Na$ ). Получены дигидродифосфаты  $M_2^IVH_2P_2O_7$ , где  $M = Ca, Sn, Ba, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Pb$ ; кислые трифосфаты  $M_3^IVH_3P_3O_{10} \cdot 1,5H_2O$ , где  $M = Na, Rb$ ;  $M_2^IVHP_3O_{10}$ , где  $M = Ca, Pb$ ;  $M^{III}H_2P_3O_{10}$ , где  $M = Al, Cr, Fe$ , а также их моно-, ди- и тригидраты.

Кристаллич. тригидрофосфат  $K_2H_3P_3O_{10} \cdot 2H_2O$  отличается от гидро- и дигидрофосфатов способностью менять консистенцию при мех. активации и превращается в пластиноподобную массу. Эффект связан с диспропорционированием, к-рое в кислых солях разл. металлов проявляется по-разному. При выдерживании кристаллов  $MnHPO_4 \cdot 3H_2O$  во влажной



Соединение	R	Сингония, пространственная группа	Параметры решетки						Плотн., г/см <sup>3</sup>		
			a, нм	b, нм	c, нм	α, град	β, град	γ, град	z	рентгеновская	экспериментальная
Средние соли											
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> · 12H <sub>2</sub> O	3	Тригон., P3c1	1,202	—	1,266	—	—	—	—	—	1,62
Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O (гопент)	3	Ромбич.	1,0629	1,8339	0,5040	—	—	—	4	3,096	3,104
Zn <sub>3</sub> (P <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ) <sub>2</sub> · 17H <sub>2</sub> O	5/3	Триклинная	1,0766	1,0316	0,8525	111,39	115,08	70,19	1	—	—
Ca <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> (тримелит)	4/3	То же	0,940	1,339	0,707	109,5	87,9	108,9	2	2,86	2,85
Mg <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> · I	1	Моноклинная, C2/c	1,1756	0,8285	0,9917	—	118,96	—	4	2,865	—
β-[Cd(PO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sub>n</sub> · H <sub>2</sub> O	1	Орторомбич., P2 <sub>1</sub> 2 <sub>1</sub> 2 <sub>1</sub>	0,7428	0,7360	0,8577	—	—	—	4	3,83	—
Ba <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2/3	Моноклинная, P2 <sub>1</sub>	0,7387	1,3311	0,7418	—	105,56	—	2	—	—
Mn <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	1/2	P2 <sub>1</sub> /n	0,8608	0,8597	1,2464	—	—	97,30	4	—	2,62
Кислые и основные соли											
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O	3	Ромбич., P222	1,034	1,364	1,698	—	—	—	—	—	2,066
MnHPO <sub>4</sub> · 3H <sub>2</sub> O	3	Pbca	1,0434	1,0882	1,0219	—	—	—	—	—	—
Sb <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (OH)	—	P2 <sub>1</sub> /n	0,7176	0,7051	1,0453	—	103,96	—	4	—	—
Zn <sub>2</sub> HP <sub>3</sub> O <sub>10</sub> · 6H <sub>2</sub> O	5/3	Триклинная	1,0714	1,0658	0,8391	114,51	103,21	74,31	2	—	—
Pb <sub>2</sub> HP <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	5/3	Ст	0,693	1,434	0,597	—	135,1	—	2	5,32	5,30
Разнокатионные фосфаты											
KZn <sub>2</sub> H(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 2,5H <sub>2</sub> O	3	P1	0,9109	1,3543	0,8814	102,21	113,35	95,92	4	—	—
Mn <sub>2</sub> Zn(PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	3	Орторомбич.	1,0647	1,8503	0,5066	—	—	—	—	—	—
Li <sub>2</sub> BaP <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	2	Стт	0,7078	1,2164	1,3856	—	—	—	8	3,62	3,62
NH <sub>4</sub> BeP <sub>3</sub> O <sub>10</sub>	5/3	Моноклинная C2/c	1,2200	0,8645	0,8937	—	117,40	—	4	—	—
NH <sub>4</sub> Zn <sub>2</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub> · 7H <sub>2</sub> O	5/3	—	1,073	0,8474	1,0725	65,03	105,94	102,90	2	2,08	2,14
Na <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub> P <sub>3</sub> O <sub>16</sub>	7/5	Моноклинная P2/a	1,8617	0,6844	0,5174	—	90,25	—	2	—	—
NiZnP <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	1	C2/c	1,1689	0,8277	0,9870	—	118,55	—	4	—	—
Ba <sub>2</sub> Zn <sub>3</sub> P <sub>10</sub> O <sub>30</sub>	1	P2/n	2,1738	0,5356	1,0748	—	99,65	—	—	—	—
[K <sub>2</sub> Pb(PO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sub>n</sub> · H <sub>2</sub> O	1	Орторомбич., Pbca	1,5467	1,5417	0,9227	—	—	—	8	3,63	—
Разноанионные фосфаты											
K <sub>2</sub> Ni <sub>4</sub> (PO <sub>3</sub> ) <sub>7</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	3/2	Моноклинная	1,820	1,365	1,031	—	103,1	—	8	3,61	3,65
NH <sub>4</sub> Cd <sub>6</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> (P <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )	2,5/3	—	0,6785	0,5494	2,7199	—	—	107,28	—	4,30	—
BaF <sub>2</sub> O <sub>7</sub> · B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	Гексагон.	0,7111	—	1,3977	—	—	—	—	—	—
Оксифосфаты											
Sr <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	4	Орторомбич., P222 <sub>1</sub>	1,257	0,979	0,738	—	—	—	—	—	—
Ba <sub>6</sub> O(PO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	10/3	—	1,015	—	0,770	—	—	—	—	—	—
Fe <sub>9</sub> O <sub>8</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub>	—	Орторомбич., Вттт	0,5949	0,3064	2,5694	—	—	—	2	5,14	5,12
Pb <sub>6</sub> F <sub>2</sub> O <sub>13</sub>	8	C2/m	1,0641	1,0206	1,4342	—	98,34	—	4	8,306	8,29

среде в их объеме возникают и растут жидкие и твердые включения продуктов распада исходной кислой соли на менее протонированную соль и свободную к-ту:



Известны прир. основные соли — минералы гидроксипатит Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>, вавеллит Al<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub> · 5H<sub>2</sub>O, бирюза CuAl<sub>6</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>(OH)<sub>5</sub> · 5H<sub>2</sub>O. Синтезированы основные Ф. н. типа Co<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>4</sub>, Cu<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>(OH), In<sub>2</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH) · 9H<sub>2</sub>O.

**Разнокатионные Ф. н.** Содержат разноименные катионы металлов и аммония, напр.: KZn<sub>2</sub>H(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · xH<sub>2</sub>O, где x = 0, 2, 5, Na<sub>2</sub>UO<sub>2</sub>HP<sub>3</sub>O<sub>10</sub>, NaPrHP<sub>3</sub>O<sub>10</sub> · 3H<sub>2</sub>O, Ni[GePO<sub>4</sub>(HPO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 8H<sub>2</sub>O, а также основные Ф. н. — минералы краданалит CaAl<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(OH)<sub>5</sub> · H<sub>2</sub>O, миллицит (Na, K)CaAl<sub>6</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>(OH)<sub>9</sub> · 3H<sub>2</sub>O. Встречаются в природе в виде продуктов взаимод. анионов фосфорных удобрений и катионов почвенного поглощающего комплекса. При плавлении нейтральных конденсированных Ф. н. образуются смеси, ММР анионов к-рых зависит не только от R, но и от соотношения между разноименными катионами. Ортофосфаты M<sup>I</sup>PbPO<sub>4</sub> плавятся при 921 (M = Li), 1117 (Na), 885 °C (Ag); дифосфаты M<sup>I</sup>CuP<sub>2</sub>O<sub>7</sub> — при 773 (Li), 648 (Na), 680 °C (K); циклотрифосфаты M<sup>I</sup>Mn(PO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> — при 735 (Li), 800 (Na), 680 °C (Ag). Одна из особенностей Ф. н. этого типа — многообразие изоструктурных рядов с разл. комбинациями разноименных катионов.

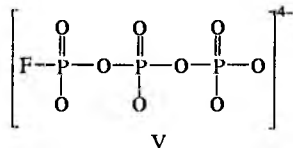
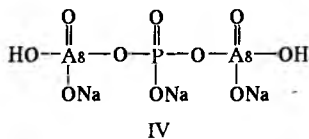
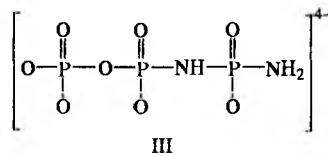
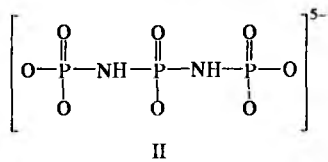
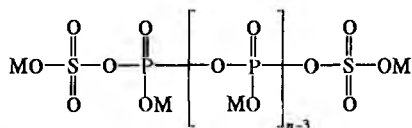
Синтез полифосфатов P<sub>n</sub> > 3 из p-ров солей разноименных катионов имеет специфику, связанную с возникновением вязких фаз, в к-рых происходит быстрая деструкция аниона. Для получения кристаллогидратов эффективен способ подбора скорости кристаллизации, превышающей скорость деструкции. Т. обр. синтезированы кристаллич. NH<sub>4</sub>Mg<sub>2</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub> · 6H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub>Mn<sub>2</sub>P<sub>3</sub>O<sub>10</sub> · 5H<sub>2</sub>O, отличающиеся по св-вам от известных аморфных соотв. гепта- и гексагидратов.

Применяют топочим. синтез, основанный на дегидратации кристаллогидратов, взаимод. безводных солей с парами воды, кислых солей с газообразным NH<sub>3</sub>. Аммонизацией предварительно активированного KZn<sub>2</sub>H(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 2,5H<sub>2</sub>O получена тройная соль KZn<sub>2</sub>NH<sub>4</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 0,6H<sub>2</sub>O. Безводные двойные и тройные соли обрывают получают кристаллизацией из расплава или термич. обработкой соответствующих смесей. Так, перечисленными способами синтезированы M<sup>I</sup>MgPO<sub>4</sub>, где M = Li, Na, NH<sub>4</sub>; M<sup>I</sup>MgPO<sub>4</sub> · 6H<sub>2</sub>O, где M = K, Rb, Cs, Tl, NH<sub>4</sub>; M<sup>I</sup>Cu(PO<sub>3</sub>)<sub>4</sub>, где M = Na, K, Cs, Ag; M<sup>I</sup>Ba<sub>2</sub>(PO<sub>3</sub>)<sub>5</sub>, где M = Li, Cs, Na<sub>2</sub>Mg<sub>2</sub>P<sub>3</sub>O<sub>16</sub> и др.

**Разноанионные Ф. н.** (смешанные соли). Разноименными м. б. анионы к-т фосфора (напр., PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> и P<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>4-</sup>, P<sub>3</sub>O<sub>10</sub><sup>5-</sup> и P<sub>4</sub>O<sub>12</sub><sup>6-</sup>), включая соед. P в низших степенях окисления (анионы изомеров H<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), и др. к-т (PO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> и Cl<sup>-</sup>). Соли типа Rh<sub>4</sub>(HPO<sub>4</sub>)(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>12</sub> с анионами разл. степени протонизации относят к кислым Ф. н., в к-рых вследствие диспропорционирования возможно сосуществование неск. анионных форм. Кристаллич. соль NH<sub>4</sub>Cd<sub>6</sub>(P<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)<sub>2</sub>(P<sub>3</sub>O<sub>10</sub>) получена гидротермальным синтезом; K<sub>2</sub>Pr<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> — при нар. смеси Ф. н. и сульфата. Известны Ba<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>X<sub>2</sub>, где X = F, Cl; Ca<sub>6</sub>M<sup>III</sup>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SiO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>F<sub>2</sub>, где M = La, Nd и др.

**Оксифосфаты** (3 < R ≤ 8). Для этих соед. M<sup>II</sup>O : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 10 : 3, 4 : 1, 5 : 1, 8 : 1. Получают их взаимод. твердых или расплавленных компонентов при заданном значении R. Соли типа 4M<sup>II</sup>O · P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, или M<sup>II</sup>P<sub>2</sub>O<sub>9</sub>, где M = Ca, Sr, Ba, образуют изоструктурный ряд с соед. 4M<sup>II</sup>O · V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 4M<sup>II</sup>O · As<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В оксифосфате Cu<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>9</sub> структурный каркас образован параллельно ориентированными слоями атомов Cu и O, между к-рыми расположены атомы P. Оксифосфаты высокоплавки, напр. Sr<sub>4</sub>P<sub>2</sub>O<sub>9</sub> плавится при 1600 °C, Cu<sub>5</sub>O<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> — при 920 °C. В системе K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>–MgO выделен K<sub>6</sub>MgP<sub>2</sub>O<sub>9</sub>, или 2K<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> · MgO, с т. пл. 1570 °C.

**Неорганические производные Ф.н.** Заменением в конденсированных Ф.н. концевых атомов О атомами S получают тиофосфаты, напр. моноотиотрициклофосфат  $Na_3P_3O_8S \cdot 6H_2O$ , тетраотиотетрациклофосфаты  $M_4P_4O_{10}S_4 \cdot 10H_2O$ , где M = Sr, Ba, а присоединением групп  $SO_3$  к концам цепи – сульфатофосфаты ф-лы I, где M = Na, n = 3–25. При замене мостиковых и концевых атомов О ионов  $P_3O_{10}^{5-}$  соотв. амидо- и имидогруппами образуются ионы димидо-(II) и амидоимидотрифосфаты (III). Известны силикато-, хромато-, ванадато- и арсенатофосфаты типа  $Na_3H_2(P, As)_3O_{10}$  (IV) и др. Фторотрифосфат-ион (V) благодаря смещению положительн. заряда рециклизуется при pH > 7 с образованием трициклофосфат-иона.



О применении Ф.н. см. *Алюминия фосфаты, Аммония фосфаты, Железа фосфаты, Калия фосфаты, Натрия фосфаты, Фосфорные удобрения* и др. Об эфирах фосфорных к-т см. *Фосфаты органические*.

Лит.: Самусевич В.В. [Идр.], «Изв. АНБССР. Сер. хим. наук», 1984, № 1, с. 47–51; № 2, с. 41–46; Продан Е.А., Неорганическая топочимия, Минск, 1986, с. 52–72; Констант З.А., Днидуне А.П., Фосфаты двухвалентных металлов, Рига, 1987; Щегров Л.Н., Фосфаты двухвалентных металлов, К., 1987; Mellor J., *Comprehensive treatise on inorganic and theoretical chemistry*, v. 8, suppl. III, N. Y., 1972, p. 1467. Е. А. Продан.

**ФОСФАТЫ ОРГАНИЧЕСКИЕ**, эфиры фосфорной к-ты общей ф-лы  $(RO)_nP(O)(OH)_{3-n}$ , где R – орг. радикал, n = 1–3. Различают полные (n = 3; средние, или третичные Ф.о.) и кислые Ф.о. (n = 1,2, соотв. первичные и вторичные Ф.о.).

Назв. Ф.о. включает назв. орг. радикала (радикалов) в алкоксильной группе, к-рые являются префиксами к слову «фосфат», иногда Ф.о. наз. как эфир фосфорной к-ты [напр.,  $C_2H_5OP(O)(OH)_2$  – этилфосфат, или этиловый эфир фосфорной к-ты]; кислые Ф.о. наз. также органил- и диорганилфосфорными к-тами [напр.,  $(C_2H_5O)_2P(O)OH$  – диэтилфосфорная к-та].

Кислые Ф.о., в к-рых R – остаток глицерина, углевода, аминоспиртов и др. (напр., *аденозинмонофосфат циклический*,

*нуклеиновые кислоты, нуклеотиды, тейхоевые кислоты, фосфолипиды*), распространены во всех живых организмах и имеют важное значение для их жизнедеятельности.

**Физ.-хим. свойства.** Как правило, Ф.о. с низшими алифатич. радикалами – подвижные (n = 3) или вязкие (n = 1,2) жидкости, остальные – кристаллич. в-ва или масла (табл.). Большинство кислых и полных Ф.о. с низшими алифатич. радикалами раств. в воде; многие Ф.о. раств. в спиртах,  $CHCl_3$  и др. полярных орг. р-рителях; третичные и вторичные Ф.о. с R = Alk, Ar раств. также в простых эфирах, бензоле, галогенуглеводородах.

СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ ФОСФАТОВ

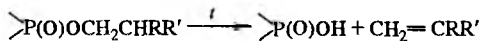
Соединение	Т. кип., °С/мм рт. ст.	Т. пл., °С	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$	Хим. сдвиг в спектре ЯМР <sup>31</sup> P, м.д.
$C_2H_5OP(O)(OH)_2$	Разлагается при нагр.	Сироп	—	—	—
$PhOP(O)(OH)_2$	—	98 + 1	—	—	-5,6
$(CH_3O)_2P(O)OH$	80/10 <sup>-4</sup>	Сироп	1,3337	1,4049	—
$(C_2H_5O)_2P(O)OH$	135–138/10 <sup>-2</sup>	Масло	—	1,4288	-3(± 1)
$(n-C_4H_9O)_2P(O)OH$	136/10 <sup>-4</sup>	Масло	1,0180*	1,4350	—
$(PhO)_2P(O)OH$	—	70	—	—	-10
$(4-BrC_6H_4O)_2P(O)OH$	—	200	—	—	-9
$(CH_3O)_3PO$	192/760	—	1,2144	1,3963	+1,5
$(C_2H_5O)_3PO$	160/15	—	0,9766	1,4250	-1
$(C_4H_9O)_3PO$	167/5	—	0,9608	1,4319	-4
$(CH_2=CHO)_3PO$	58/4	—	1,1209	1,4289	—
$(PhO)_3PO$	245/11	50	—	—	-18
$(4-CH_3C_6H_4O)_3PO$	220–222/2	—	1,1785	1,5566	-17

\*  $d_4^{20}$

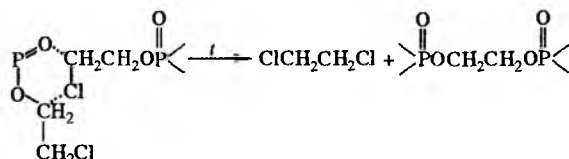
Кислые Ф.о. (их соли также наз. фосфатами) – более сильные к-ты, чем  $H_3PO_4$  [напр.,  $pK_a$  для  $CH_3OP(O)(OH)_2$  1,54 и 6,31, для глюкозо-6-фосфата 0,94 и 6,11, для  $(CH_3O)_2P(O)(OH)$  1,29]. Диалкилфосфаты в р-ре обычно димерны, моноалкилфосфаты в гексане, бензоле и  $CCl_4$  – олигомеры (степень олигомеризации 8–14), в метаноле – мономеры.

Конфигурация молекул – тетраэдрическая с атомом Р в центре. Величины дипольных моментов Ф.о. колеблются в пределах  $7,6 \cdot 10^{-30}$  –  $1,067 \cdot 10^{-29}$  Кл·м. В ИК спектрах полосы поглощения связи P = O 1200–1320, P – OH 820–1030, P – OC 1087–1242, C – OP ок. 1030, O – H 2525–3000 и 2000–2400  $cm^{-1}$ . В спектрах ЯМР <sup>31</sup>P хим. сдвиги от -23 до +28 м.д.; константы спин-спиновой взаимод. атомов P – O – H 6–11 Гц.

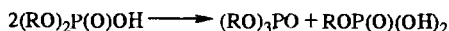
**Хим. свойства.** Триарилфосфаты обычно устойчивы до 300–350 °С; алкил- и арил(алкил)фосфаты разлагаются при т-ре выше 150 °С (разложение полных фосфатов катализируют кислые примеси). При термич. разложении алкилфосфатов обычно образуются олефины:



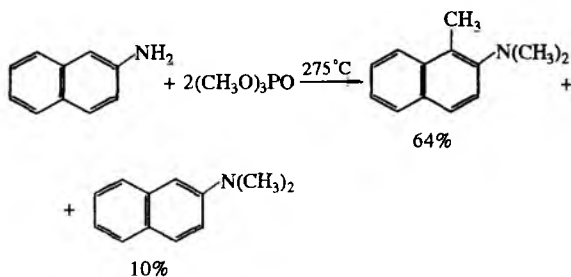
Соед. с линейными цепями более устойчивы, чем с разветвленными; однако, если у атома С в β-положении отсутствует хотя бы один атом водорода, – термич. стабильность существенно повышается. Термич. разложение β-хлоралкилфосфатов протекает без выделения олефина по схеме:



При нагр. и длит. хранении кислые фосфаты частично диспропорционируют, напр.:



Алкилфосфаты достаточно сильные алкилирующие агенты; такая способность возрастает у них с уменьшением объема алкильного радикала. В сравнительно мягких условиях они алкилируют амины, соли галогеноводородных к-т, алкоголяты; при нагр. – спирты и ароматич. соед., напр.:

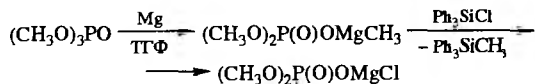


Алкил- и арилфосфаты обычно устойчивы к гидролизу при комнатной т-ре и рН ок. 7. Исключительно высокой гидролитич. и термич. устойчивостью обладают бициклофосфаты (ф-ла I). Гидролиз кислых фосфатов обычно ускоряется в кислых, а полных – в щелочных средах. В зависимости от условий гидролиза и структуры Ф. о. может происходить разрыв связи Р–О (напр., при гидролизе первичных и третичных алкилфосфатов при рН 10), С–О (в любых условиях в диалкилфосфатах) или тех и др. связей. Циклич. фосфаты (II; X = OR, OH) гидролизуются в 10<sup>6</sup>–10<sup>8</sup> раз быстрее, чем (AlkO)<sub>2</sub>P(O)X или их 6- и 7-членные циклич. аналоги.

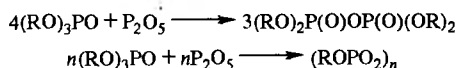
С очень высокими скоростями и экзотермически гидролизуются нек-рые биологически важные высокоэнергетич. фосфаты [напр., ΔС<sup>0</sup> кДж/моль, при рН 7 для HOСС(СН<sub>3</sub>)<sub>2</sub>ОР(О)(ОН)<sub>2</sub> – 62,01; для СН<sub>3</sub>С(О)ОР(О)(ОН)<sub>2</sub> – 41,9; для (НО)<sub>2</sub>Р(О)ОСН<sub>2</sub>СН(ОН)С(О)ОР(О)(ОН)<sub>2</sub> – 49,44; см. также Аденозинфосфорные кислоты].

Алкил- и арилфосфаты подвергаются алкоголизу лишь в жестких условиях. Исключение составляют соед., у к-рых R = алкенил, ацил, СН<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>F, С(СCl<sub>3</sub>)=NH, С(NRH)=NR, используемые в синтезе прир. соединений. Нек-рые из этих соед., а также арилфосфаты вступают в р-цию аминоллиза.

Благодаря электронодонорным св-вам Ф. о. дают устойчивые аддукты с ВХ<sub>3</sub> (X = Hal, OR), образуют комплексы с нек-рыми ионами тяжелых металлов (U, Pu, Np, Zr, Th, Ce и др.). Нек-рые металлы II гр. периодич. системы способны внедряться по связи С–О полных фосфатов, напр.:



В полных фосфатах группы RO м. б. замещены на Hal(Cl, F) действием RC(O)Hal или RHal<sub>3</sub>, а также на орг. радикалы действием R'MgHal. При нагр. с P<sub>2</sub>S<sub>5</sub> полные Ф. о. превращаются в тионные аналоги [в ходе р-ции они частично изомеризуются в тиолфосфаты (RO)<sub>2</sub>P(O)SR]. Взаимод. полных Ф. о. с P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> м. б. получены пиро- или мегафосфаты:

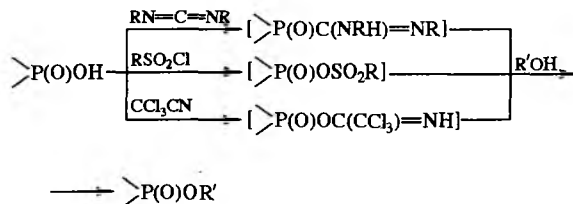


**Получение Ф. о.** Общий метод синтеза Ф. о. в промышленности основан на р-ции POCl<sub>3</sub> со спиртами или фенолами (в присут. акцепторов HCl или с его отдувом) либо с их Na- или K-производными. Атомы Cl в POCl<sub>3</sub> можно последовательно замещать на разл. группы RO. Образующиеся первоначально хлорфосфаты путем гидролиза можно превращать в кислые Ф. о., а действием эпоксидов – в β-хлоралкилфосфаты.

Кислые Ф. о. получают также алкоголизом P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В зависимости от соотношения реагентов и др. условий образуются преим. первичные или вторичные фосфаты, либо эквимолярная смесь этих соединений.

Пром. значение имеют также след. методы синтеза Ф. о.: взаимод. РСl<sub>3</sub> или белого Р со спиртами и хлором; получение (С<sub>2</sub>H<sub>5</sub>О)<sub>3</sub>РО р-ции P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> с диэтиловым эфиром в атмосфере этилена при 180 °С; действие ROH на диалкилфосфиты в среде ССl<sub>4</sub> в присут. третичных аминов (см. *Тодда-Атертона реакция*). Винилфосфаты получают взаимод. (RO)<sub>3</sub>P с α-галогенкарбонильными соед. (см. *Перкова реакция*) или взаимод. хлорфосфатов с карбонильными соед. типа O = СХСНR<sub>2</sub> (X = H, Alk, OR, SR, CN и др.; R = H, Alk, Hal и др.) в присут. оснований.

Для получения нуклеотидов, фосфатов сахаров, фосфолипидов и др. биологически важных Ф. о. обычно используют активир. фосфорилирующие агенты. За редким исключением (напр., морфолидо-, имидазолидо- и триазолидопроизводных) такие соед. получают и применяют без выделения, напр.:



Ограниченное использование в синтезе Ф. о. имеют такие методы, как окисление эфиров фосфористой к-ты (с помощью N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, Н<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и др.), алкилирование солей кислых фосфатов с помощью RHal, алкоголиз или гидролиз ангидридов фосфорной к-ты, взаимод. алкоксисиланов с галогенидами 4-координац. Р.

**Применение.** Ф. о. широко используют в качестве добавок для модификации пластмасс (как пластификаторы, для повышения огнестойкости и способности к прокрашиванию – *трибутилфосфат*, *трифенилфосфат*, *трикрезилфосфат*, *2-этилгексилфосфаты* и др.), экстрагентов (напр., трибутилфосфат и 2-этилгексилфосфаты – для экстракции U, Pu, Np и др. радиоактивных элементов из отработанного ядерного горючего и РЗЭ из минер. сырья), флотореагентов, теплоносителей, пестицидов, лек. ср-в и др.

*Лит.:* Корбриндж Д., Фосфор, пер. с англ., М., 1982, с. 329–429; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 5, М., 1983, с. 44–95; Cherbuliez E., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, v. 6, N. Y., 1973, p. 211–577; Clark V. [u. a.], «Angew. Chem.», 1964, Bd 97, № 3, S. 678. Г. И. Дрозд.

**ФОСФИДЫ**, соединения фосфора с более электроположит. элементами. По типу хим. связи Ф. подразделяют на соед. с преим. ионной связью, металлоподобные и с преим. ковалентной связью. К и о н н ы м относятся Ф. щелочных и щел.-зем. элементов и металлов подгруппы цинка. Эти Ф. легко гидролизуются водой, хорошо раств. в к-тах с выделением РН<sub>3</sub>, сгорают в токе O<sub>2</sub> с образованием оксидов металлов и Р, реагируют с галогенами. Нек-рые из них обладают полупроводниковыми св-вами из-за того, что в межатомной связи присутствует определенная доля ковалентной составляющей.

Металлоподобные Ф. образуют гл. обр. переходные металлы, в т. ч. РЗЭ. Их состав, как правило, не соответствует валентностям образующих их элементов. Эти Ф. тугоплавки, устойчивы к действию воды и к-т. Их хим. стойкость растет с увеличением содержания Р. Так, Ni<sub>3</sub>P, Cr<sub>3</sub>P, Fe<sub>3</sub>P, Ti<sub>3</sub>P легко разлагаются к-тами-окислителями (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>), а также щелочами. В то же время Ф. состава TiP, VP, TaP, CrP, FeP, MnP не взаимодей. с конц. соляной к-той и к-тами-окислителями. Они раств. при нагр. в царской водке. Все металлоподобные Ф. разлагаются смесью HF и HNO<sub>3</sub> и при сплавлении с щелочами и пероксидами металлов. Многие из них – полупроводники благодаря тому, что в хим. связь вносит определенный вклад ковалентная составляющая.

**Ковалентные Ф.** образуются непереходными элементами III и IV гр. периодич. системы (кроме Tl). Они тугоплавки, их хим. стойкость к воде и др. агрессивным средам сильно зависит от чистоты образца. Особенно устойчивы высоко чистые в-ва. Все твердые ковалентные Ф. — полупроводники, ширина запрещенной зоны к-рых тем больше, чем выше доля ионной связи в них. Типичные полупроводниковые Ф. этой группы представляют собой координа. соед., в к-рых помимо простых ковалентных связей присутствуют донорно-акцепторные связи. При этом атом Р — донор, а атомы более электроположит. элемента — акцепторы электронной пары.

Ф. полуметаллов и неметаллов также пл. обр. ковалентные соед. Они м.б. газами (напр., РН<sub>3</sub>), твердыми в-вами; по электр. св-вам — диэлектриками или полупроводниками. Типичный диэлектрик — ВР. Он устойчив к действию к-т-окислителей и щелочей. Другие Ф. этой группы, напр. АlР и SiР, но обладают большой стойкостью к действию хим. реагентов.

Св-ва нек-рых Ф. представлены в табл. Ф. активных металлов — солеобразные в-ва, Ф. металлов подгруппы Zn, у к-рых полностью заполнены (n-1)d-орбитали, — полупроводники. В случае переходных металлов с незаполненными полностью (n-1)d-орбиталями Ф. могут быть как полупроводниками, так и металлоподобными. Для последних характерно относительно меньшее содержание Р в формульной единице. При этом ферромагн. металлы могут образовывать и ферромагн. Ф., напр. Fe<sub>3</sub>P и CoP. Типичные полупроводники — Ф. элементов групп IIIa и IVa (GaP, InP, SiP, GeP).

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФОСФИДОВ

Соединение	Сингония	Т. пл., °С	ΔH° <sub>обр.</sub> , кДж/моль	Ширина запрещенной зоны, эВ
K <sub>3</sub> P <sup>a</sup>	Гексагон.	Разлагается	—	—
Mg <sub>3</sub> P <sub>2</sub> <sup>a</sup>	Кубич.	Разлагается	-254,3	—
Zn <sub>3</sub> P <sub>2</sub> <sup>a</sup>	Тетрагон.	883	-194,9	1,15
Cd <sub>3</sub> P <sub>2</sub> <sup>a</sup>	»	739	-155,2	0,58
Cu <sub>3</sub> P <sup>a</sup>	Гексагон.	1022	-150,6	—
SuP <sup>a</sup>	Моноклинная	891	-121,3	1,4
BP <sup>a</sup>	Кубич.	2250	-395,7	4,5
GaP <sup>b</sup>	»	1465	-102,5	2,25
InP <sup>b</sup>	»	1062	-84,5	1,28
SiP <sup>b</sup>	Ромбич.	1170	-79,1	2,4
GeP <sup>b</sup>	Моноклинная	725	-175,4	1,0
TiP <sup>c</sup>	Гексагон.	1990 <sup>a</sup>	-282,8	—
Cr <sub>3</sub> P <sup>c</sup>	Тетрагон.	1510	—	—
CrP <sup>c</sup>	Ромбич.	1600	—	0,8
Mn <sub>3</sub> P <sup>c</sup>	»	1147 <sup>a</sup>	—	1,1
Mn <sub>3</sub> P <sup>c</sup>	Тетрагон.	1105	—	—
FeP <sup>d</sup>	Ромбич.	—	-121,3	1,0
Fe <sub>3</sub> P <sup>d</sup>	Тетрагон.	1166 <sup>a</sup>	-164,0	—
CoP <sup>d</sup>	Ромбич.	1520	-146,4	—
Co <sub>2</sub> P <sup>d</sup>	»	1386	-196,2	—
Ni <sub>3</sub> P <sup>e</sup>	Тетрагон.	1025	-219,2	—
Ni <sub>2</sub> P <sup>e</sup>	Гексагон.	1106	-184,1	—
ZnGeP <sub>2</sub> <sup>f</sup>	Тетрагон.	1250	—	2,2
CdSiP <sub>2</sub> <sup>f</sup>	»	1200	—	1,8

<sup>a</sup> Солеобразен. <sup>b</sup> Полупроводник. <sup>c</sup> Металлоподобен. <sup>d</sup> Диэлектрик. <sup>e</sup> Ферромагнетик. <sup>f</sup> С разложением.

Осн. метод получения Ф. — синтез из простых в-в в вакууме, атмосфере инертного газа или под давлением паров Р. Можно также получать Ф. взаимодей. РН<sub>3</sub> с металлами или их оксидами, карботермич. восстановлением фосфатов, обменной фосфидизацией (р-ция металла или его хлорида с др. Ф.) и т. д. Наиб. практич. применение нашли галлия фосфид и индия фосфид как полупроводниковые и оптоэлектронные материалы. SiP используют для легирования монокристаллов Si. Перспективные полупроводниковые материалы — тройные Ф., напр. ZnSiP<sub>2</sub>, CdGeP<sub>2</sub>. Соед. Cu<sub>3</sub>P применяют как раскислитель в произ-ве бронз, для пайки латуни вместо серебряного припоя.

Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> и Cu<sub>3</sub>P — полупроводниковые материалы, Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> — также зооцид. Ф. железа и Ni употребляют для создания износостойких покрытий на деталях машин. Благодаря самопроизвольному выделению горючих фосфинов во влажном воздухе Mg<sub>3</sub>P<sub>2</sub> и Ca<sub>3</sub>P<sub>2</sub> являются компонентами спец. сигнальных устройств и пиротехн. составов.

Ф. токсичны из-за выделения РН<sub>3</sub>.

ПДК для Cu<sub>3</sub>P 0,5 мг/м<sup>3</sup>, для Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Самсонов Г.В., Верейкина Л.Л., Фосфиды, К., 1961; Кристаллохимические, физико-химические и физические свойства полупроводниковых веществ. Справочник, М., 1973; Угай Я.А., Введение в химию полупроводников, 2 изд., М., 1975; Гончаров Е.Г., Полупроводниковые фосфида и арсениды кремния и германия, Воронеж, 1989.

Я. А. Угай

**ФОСФИНАЛКИЛЕНЫ** (алкилиденфосфораны, илиды фосфора, реактивы Виттига), соед. общей ф-лы R<sub>3</sub>P=C<sup>+</sup>R<sup>1</sup>R<sup>2</sup>, где R = Alk, Ar; R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> = H, Alk, Hal, COOR<sup>3</sup> и др. Часто к Ф. относят близкие по структуре соед. с R = Hal, OR<sup>1</sup>, NR<sup>2</sup>. Более точно строение Ф. может быть описано резонансными структурами I и II (см. также Илidy):



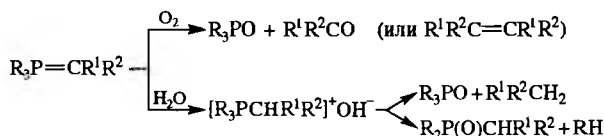
Большинство Ф. — кристаллич. соед. (табл.); раств. в орг. р-рителях, многие Ф. разлагаются водой. Ф. — полярные (μ 1,7 · 10<sup>-29</sup>—2,3 · 10<sup>-29</sup> кл · м), сильноосновные в-ва (образуют соли с к-тами HHal и комплексы с к-тами Льюиса). Порядок связи P=C в молекуле с несопреженными связями ок. 1,3. В ИК спектре полоса поглощения связи P=C находится в

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФОСФИНАЛКИЛЕНОВ

Соединение	Т. пл., °С	Т. кип., °С/мм рт. ст.	Хим. сдвиги в спектре ЯМР <sup>31</sup> P (относительно 85%-ной H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> ), мд.
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> P=CH <sub>2</sub>	13–14	118–120/750	21
(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> P=CH <sub>2</sub>	—	580,001	16
Pb <sub>3</sub> P=CH <sub>2</sub>	96	—	20
Pb <sub>3</sub> P=C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	190	—	23
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> P=C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Si(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	-36	66/11	11
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> P=C[Si(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ] <sub>2</sub>	14–18	60/1	0
Pb <sub>3</sub> P=C=C=O	173	—	2,6
Pb <sub>3</sub> P=C=C=S	225	—	7,7

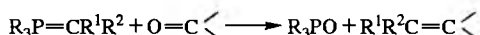
области 900 см<sup>-1</sup>; в УФ спектре обычно наблюдаются две полосы поглощения (λ<sub>max</sub> 265 и 340–400 нм). В спектре ЯМР хим. сдвиги <sup>31</sup>P в области 0–80 м.д.

Ф. относительно устойчивы к нагреванию. Соед. с R = Alk перегоняются в вакууме, большинство Ф., стабилизированных сопряжением, разлагается лишь выше 200 °С. Ф. сравнительно легко окисляются и гидролизуются, давая соответствующие фосфиноксиды;

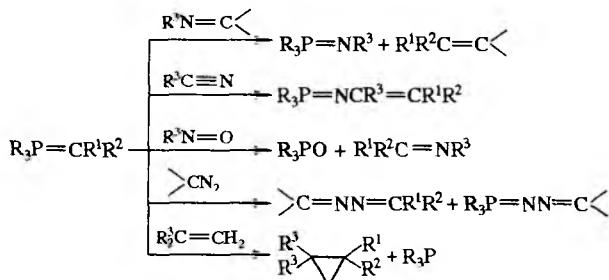


При действии AlH<sub>n</sub>(OR)<sub>4-n</sub> (n = 1–4) Ф. восстанавливаются до соед. P(III). Алкилгалогениды алкилируют Ф. по метиленовому атому С.

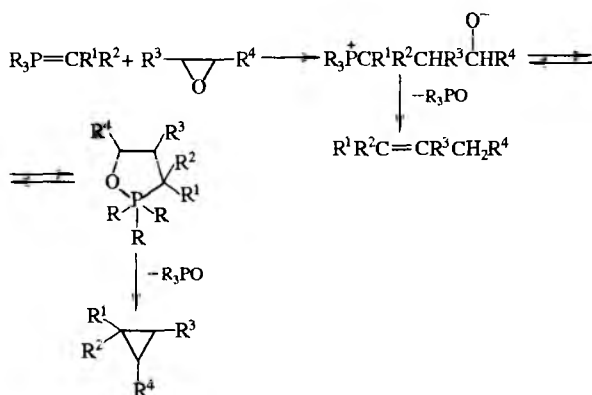
Наиб. изучена р-ция Ф. с карбонильными соед. (см. Виттига реакция), протекающая по схеме:



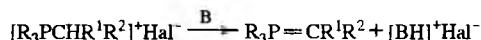
Ф. активно взаимодей. со многими др. соед., содержащими активированные кратные связи, напр.:



В р-циях Ф. с оксиранами образуются производные циклопропана (наряду с олефинами):

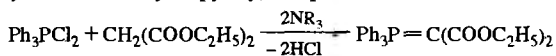


Осн. метод получения Ф. — разложение солей фосфония в присут. оснований В (щелочной металл, RLi, RONa, NaOH, NR<sub>3</sub> и др.):

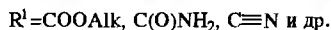
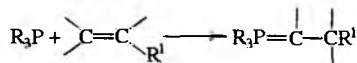


Др. методы получения:

- 1) присоединение карбенов к третичным фосфинам;
- 2) взаимодей. галогенфосфоранов с соед., содержащими активную метиленовую группу, напр.:



- 3) р-ция фосфинов с соед. с активир. связью C=C:



Ф. используют в препаративной практике для получения соед. сложного строения со связью C=C, напр. стероидов, каротиноидов.

Лит.: Корбридж Д., Фосфор, пер. с англ., М., 1982, с. 219–29; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 5, М., 1983, с. 108–29; Bestmann H., Zimmermann R., в кн.: Organic phosphorus compounds, v. 3, N. Y., 1972, p. 3–184; Trippett S., в кн.: Organophosphorus chemistry, v. 3, L., 1972, p. 150. Г. И. Дрозд.

**ФОСФИНАТЫ**, эфиры фосфиновых к-т общей ф-лы R<sub>2</sub>P(O)OR', где R, R' — орг. радикал. Ф. называют также соли фосфиновых к-т. Ф. с небольшими алкильными заместителями — подвижные жидкости, остальные — мазеобразные или твердые в-ва. Как правило, устойчивы к перегонке в вакууме, выдерживают длит. хранение. Молекулы имеют тетраэдрич. конфигурацию. Полосы поглощения связи P=O в ИК спектрах находятся в области 1200–1280 см<sup>-1</sup>; хим. сдвиг в спектрах ЯМР <sup>31</sup>P 23–55.

При щелочном и кислотном гидролизе Ф. образуют соответствующие фосфиновые к-ты; при действии восстановите-

лей (напр., LiAlH<sub>4</sub>) дают вторичные фосфины; при обработке PCl<sub>5</sub> образуют хлорангидриды R<sub>2</sub>P(O)Cl, при действии RC(O)Cl — ангидриды R<sub>2</sub>P(O)OP(O)R<sub>2</sub>; вступают в Хорнера реакцию.

Ф. обычно получают действием спиртов на хлорангидриды фосфиновых к-т; их можно получать также каталитич. этерификацией фосфиновых к-т, алкилированием солей этих к-т, перегруппировкой фосфонитов RP(OR')<sub>2</sub> под действием RNaI (Арбузова реакция), действием алкилирующих агентов на соли RP(OR')ONa (Михаэлиса–Беккера реакция), перегруппировкой фосфонитов R<sub>2</sub>POR' под действием β-галогенкарбонильных соед. (Перкова реакция), присоединением кислотных фосфонитов RP(OR')OH к соед. с активир. двойной связью (альдегидам, производным ненасыщ. карбоновых к-т) и др. способами.

Ф. используют в качестве лек. средств (напр., нибуфин — 4-нитрофенилдибутилфосфинат — как антихолинэстеразное средство), в лаб. практике. Ряд Ф. предложено применять как гербициды и регуляторы роста растений.

Лит.: Weissermel K. [и. а.], «Angew. Chem., Intern. Ed.», 1981, v. 20, № 3, p. 223–33. См. также лит. при ст. Фосфиновые кислоты.

Г. И. Дрозд.

**ФОСФИНИСТЫЕ КИСЛОТЫ**, соед. общей ф-лы R<sub>2</sub>P(O)H, где R — орг. радикал. Соли и эфиры наз. фосфинитами. Большинство Ф. к. существует в таутомерной форме вторичных фосфиноксидов R<sub>2</sub>P(O)H (см. Фосфиноксиды и фосфинсульфиды). В виде Ф. к. существуют соед. с двумя перфторалкильными группами. Эти соед. — подвижные легко перегоняющиеся жидкости; разлагаются при повышенной т-ре, раств. в обычных орг. р-рителях; при действии H<sub>2</sub>O отщепляют одну перфторалкильную группу.

Эфиры Ф. к. и амиды обычно подвижные жидкости; достаточно долго сохраняются в инертной атмосфере. Подобно другим орг. соед. P(III) они легко окисляются на воздухе, присоединяют S и Se, алкилируются AlkHal (в случае эфиров образуются первоначально фосфониевые соли перегруппировываются далее в третичные фосфиноксиды, вступают в р-цию окислит. иминирования). Связь P—N в амидах сравнительно легко расщепляется при действии HX (X = OH, SH, OR, Hal и др.).

Эфиры и амиды Ф. к. обычно получают действием HX (X = OR, NH<sub>2</sub>, NHR, NR<sub>2</sub>) на галогенфосфины R<sub>2</sub>PHal. Алкильные эфиры можно получать также действием RMgHal на дигалогенфосфиты, триалкилфосфиты или эфирохлорангидриды фосфинистых к-т RP(OR')Cl, а также р-цией галогенфосфинов R<sub>2</sub>PCl с эпоксидами (образуются β-хлоралкиловые эфиры).

Ф. к. и их производные используют в лаб. практике.

Лит.: Кабачник М. И., Цветков В. Н., «Изв. АН СССР. Сер. хим.», 1963, с. 1227–32; Нифантьев Э. Е., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971, с. 134–41; Hamilton L., Landies P., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, v. 4, N. Y., 1973, p. 453–531.

Г. И. Дрозд.

**ФОСФИНЫ**, эфиры и соли фосфинистых кислот.

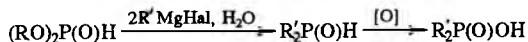
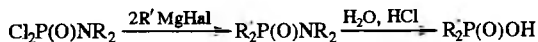
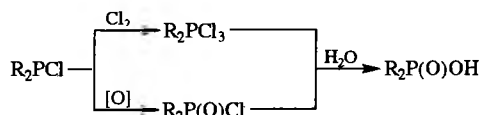
**ФОСФИНОВЫЕ КИСЛОТЫ**, соед. общей ф-лы R<sub>2</sub>P(O)OH, где R — орг. радикал. Соли и эфиры Ф. к. наз. фосфинатами. За редким исключением (напр., при R = CF<sub>3</sub>) Ф. к. — кристаллич. в-ва. Низшие Ф. к. хорошо раств. в воде, с увеличением мол. м. R р-римость в воде снижается и возрастает р-римость в орг. р-рителях. Для алифатич. и ароматич. Ф. к. значения pK<sub>a</sub> в H<sub>2</sub>O 2,3–3,5 (в 80%-ном этаноле примерно на две единицы выше). К-та (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>P(O)OH одна из наиб. сильных (pK<sub>a</sub> < 1).

В спектре ЯМР <sup>31</sup>P хим. сдвиги для Ф. к. находятся в области 22–75 м. д., полоса поглощения в ИК спектре связи P=O — в области 1140–1210 см<sup>-1</sup>.

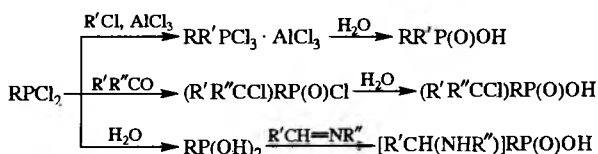
При 400 °С Ф. к. дегидратируются с образованием ангидридов; при обработке Ф. к. диазоалканами, триалкилфосфитами или спиртами в присут. катализаторов (карбодимидов, фениларсоновой к-ты и др.) образуются полные эфиры; при действии SOCl<sub>2</sub>, SOCl<sub>2</sub> или PCl<sub>5</sub> в эквимолярных кол-вах образуются хлорангидриды, с избытком PCl<sub>5</sub> или SF<sub>6</sub> — диорганилтригалогенфосфораны. Разрыв связей P—C наблюдается

ся при действии щелочи на Ф.к. с пергалогеналкильными радикалами. Восстановители превращают Ф.к. в фосфины. Известны многочисленные р-ции Ф.к., сопровождающиеся модификацией орг. радикала, а также алкилирование и ацилирование группы HO.

Ф.к. с незамещенными алкильными и арильными радикалами обычно получают из диорганилхлорфосфинов, амидохлорфосфатов или диорганилфосфитов:



Ф.к. с разноименными орг. радикалами можно получать по схеме:



Ф.к. образуются также в р-ции  $H_3PO_2$  с олефинами, при окислении  $R_2P(S)SH$ , диорганилдифосфиндисульфидов и вторичных фосфинов; в результате присоединения фосфонистой и органилфосфонистых к-т к альдегидам и кетонам. Р-ция  $H_3PO_2$  с альдегидами и вторичными аминами приводит к  $\alpha$ -аминоалкилзамещенным Ф.к., напр.:



Ф.к. используют в лаб. практике.

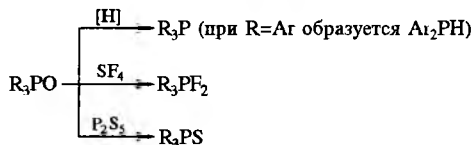
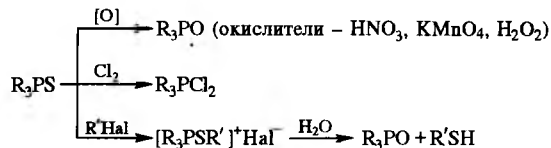
Лит.: Нифантьев Э.Е., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971, с. 260-72; Crofts P., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kozlov и L. Maier, v. 6, N. Y., 1973, p. 1-209. Г. И. Дрозд.

**ФОСФИНОКСИДЫ И ФОСФИНСУЛЬФИДЫ** (фосфинов окиси и тиоокиси), соед. общей ф-лы  $R_nP(X)H_{3-n}$ , где R – орг. радикал; X = O, S; n = 1-3. Различают первичные (n = 1), вторичные (n = 2) и третичные (n = 3) Ф. и ф. Названия соед. образуются от назв. соответствующего фосфина (напр.,  $Ph_2PO$  – трифенилфосфиноксид,  $PhP(S)H_2$  – фенилфосфинсульфид); вторичные Ф. и ф. наз. также фосфинистыми и тиофосфинистыми к-тами соответственно.

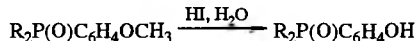
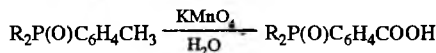
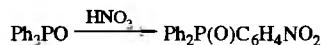
Третичные Ф. и ф.  $R_3P(X)$  наиб. изучены. Они представляют собой бесцв. жидкости или кристаллы; раств. в орг. р-рителях; низшие фосфиноксиды хорошо раств. в  $H_2O$  и гипроскопичны. Большинство третичных Ф. и ф. устойчивы при хранении и нагревании до т-ры кипения; низшие оксиды выдерживают кратковременное нагревание до 450-700 °С, сульфиды – до 350-380 °С. Оксиды с  $\alpha$ -группой OH при т-ре выше 100 °С отщепляют карбонильное соединение. Ф. и ф. обычно устойчивы к гидролизу в нейтральных водных р-рах, медленно гидролизуются в щелочных и кислых средах.

Третичные Ф. и ф. – высокополярные соединения [ $\mu$  (1-2) · 10<sup>-29</sup> Кл · м]. Энергия связей (в  $Alk_3PX$ ) для P=O и P=S соотв. 565,6-586 и 373,1-398,05 кДж/моль. Конфигурация молекул тетраэдрическая. В ИК спектрах полосы поглощения связи P=O в области 1100-1330 см<sup>-1</sup> [для  $(CF_3)_3PO$ ,  $Ph_3PO$ ,  $(C_4H_9)_3PO$  соотв. 1327, 1190 и 1170 см<sup>-1</sup>], связи P=S 530-640 см<sup>-1</sup> [для  $(CH_3)_3PS$ ,  $(C_2H_5)_3PS$  и  $Ph_3PS$  соотв. 558, 535 и 630 см<sup>-1</sup>].

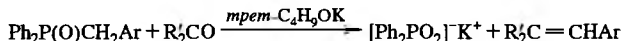
Фосфиноксиды более сильные основания, чем фосфинсульфиды, но слабее N-оксидов. Фосфиноксиды образуют с к-тами HA комплексы или соли  $[R_3P(O)H]^+A^-$ . Комплексы фосфиноксидов с к-тами Льюиса ( $BF_3$ ,  $SO_3$ ,  $SiH_4$ ) и солями металлов более устойчивы, чем комплексы фосфинсульфидов. В мягких условиях фосфиноксиды дают с калием ион-радикалы  $(R_3PO)^-K^+$ , тогда как фосфинсульфиды при действии щелочных металлов восстанавливаются до третичных фосфинов. Известно мн. р-ций с участием фосфорильной P=O и тиофосфорильной P=S групп, напр.:



Фосфиноксиды вступают также во мн. р-ции, не затрагивающие связи P=O, напр.:



В присут. акцепторов протонов фосфиноксиды, содержащие активную группу  $CH_2$ , реагируют с карбонильными соед. по схеме:



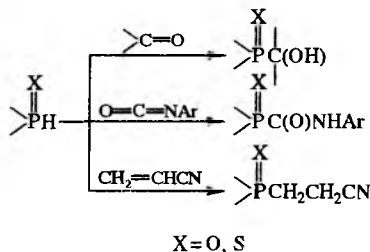
Осн. методы получения третичных Ф. и ф.: действие  $RMgHal$  или  $RLi$  на  $Y_nR_{3-n}PX$  (Y = Hal, OR'; X = O, S; n = 1-3); перегруппировка эфиров  $R_2POR$  или тиоэфиров  $R_2PSR$  в присут.  $I_2$  либо  $RHal$ ; присоединение O или S к третичным фосфинам (окислители –  $H_2O_2$ ,  $N_2O_4$ , S,  $R_2S_n$  и др.); присоединение  $R_nH_{3-n}PX$  (X = O, S) к соед. с активир. двойной связью (к карбонильным соед.,  $CHR=CHCN$  и др.); действие спиртов или меркаптанов на фосфораны  $R_3PNa_2$ ; термич. разложение солей  $[R_4P]^+Y^-$  (Y = OH, OR, OAc; при Y = Hal предварительно обрабатывают  $NaOH$  или  $Ag_2O - H_2O$ ); алкилирование  $P_2O_4$  или элементарного P с помощью RI с послед. гидролизом солей фосфония.

Вторичные Ф. и ф.  $R_2P(X)H$  – вязкие жидкости или кристаллы, раств. в орг. р-рителях (простейшие фосфиноксиды смешиваются с  $H_2O$ ), при хранении и нагревании постепенно разлагаются. Спектральные данные свидетельствуют в пользу тетрагон. конфигурации молекул вторичных Ф. и ф. [исключение – оксиды и тиооксиды бис-(перфторалкил) фосфинов, существующие в виде изомерных фосфинистых кислот  $R_2PXH$  (X = S, O)].

При обработке щелочными металлами или алкоголями образуют соли  $R_2POM$  (ф о с ф и н и т ы); при хлорировании – хлорангидриды  $R_2P(O)Cl$ . При действии окислителей ( $H_2O_2$ ,  $I_2 - H_2O$ ,  $KMnO_4$ ) фосфиноксиды образуют к-ты  $R_2P(O)(OH)H_{2-n}$ , фосфинсульфиды – смесь к-т  $[R_2P(O)OH]$  и  $[R_2P(S)SH]$ . Во вторичных Ф. и ф. атом H может быть замещен на Cl действием  $CCl_4$  в смеси с  $NR_3$ . Большинство соед. рассматриваемого типа способно присоединяться к соед. с кратными связями (альдегидам, кетонам, амидам и нитрилам,



$\alpha$ ,  $\beta$ -ненасыщенным карбоновым к-там, азометинам, азидам и др.), напр.:



Вторичные Ф. и ф. синтезируют действием  $\text{RMgHal}$  на диалкилфосфиты  $(\text{RO})_2\text{P(O)H}$  или  $(\text{RO})_2\text{P(S)H}$ ; р-цией  $\text{H}_2\text{O}$  или  $\text{H}_2\text{S}$  с  $\text{R}_2\text{PY}$  ( $\text{Y} = \text{Cl}, \text{NR}_2$ ); присоединением  $\text{O}_2$  (контролируемое окисление) или  $\text{S}$  к вторичным фосфинам. Кроме того, вторичные фосфиноксиды можно получать действием  $\text{LiAlH}_4$  на фосфинаты  $\text{R}_2\text{P(O)Y}$  ( $\text{Y} = \text{Cl}, \text{OR}$ ) и конденсацией  $\text{PH}_3$  с 2 эквивалентами альдегида или кетона. Препаративное значение имеет синтез вторичных фосфинсульфидов по схеме:



Первичные Ф. и ф.  $\text{RP(X)H}_2$  — неустойчивые соед.; их получают окислением (напр., с помощью  $\text{N}_2\text{O}_4$  или  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) первичных фосфинов либо присоединением  $\text{PH}_3$  к альдегидам или кетонам. Неустойчивые при комнатной т-ре фосфинсульфиды  $\text{RP(S)H}_2$  образуются при смешении в р-рителе первичных фосфинов с серой.

Ф. и ф. — экстрагенты (фосфиноксиды — для экстракции из р-ров ионов лантаноидов и актиноидов,  $\text{Ph}_3\text{PS}$  — селективный экстрагент  $\text{Ag}$  из азотнокислых р-ров), присадки к смазочным маслам, катализаторы, антипирены, реагенты в орг. синтезе.

Лит.: Нифантьев Э. В., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971, с. 307; Maier L., в кн.: Topics in phosphorus chemistry, v. 2, N. Y., 1965, p. 43–131; Hays H., Peterson D., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, v. 3, N. Y., 1972, p. 341; Maier L., «Organophosphorus chemistry», 1972, v. 3, p. 55.

Г. И. Дрозд.

**ФОСФИНЫ.** 1) Неорганические фосфины (гидриды фосфора, фосфиды водорода) — соед. фосфора с водородом. Фосфин и (фосфористый водород)  $\text{PH}_3$  — бесцв. газ с резким запахом гнилой рыбы; конфигурация молекулы — тригон. пирамида; т. пл.  $-133,8^\circ\text{C}$ , т. кип.  $-87,4^\circ\text{C}$ ; плотн.  $1,529$  г/л, относительно воздуха  $1,2$ ;  $C_p^0$   $3,93$  Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $5,4$  кДж/моль;  $S_{298}^0$   $209,93$  Дж/(моль·К); образует кристаллы с гранецентрич. кубич. решеткой. Раств. в бензоле, диэтиловом эфире,  $\text{CS}_2$ . Умеренно раств. в воде, причем, в р-ре устанавливается равновесие:  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{PH}_2 \rightleftharpoons \text{PH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{PH}_4^+ + \text{OH}^-$ . Поскольку значения  $pK_a$  и  $pK_b$  практически равны, водные р-ры  $\text{PH}_3$  можно рассматривать как слабый идеальный амфолит. Электронодонорные св-ва  $\text{PH}_3$  выражены гораздо слабее, чем у  $\text{NH}_3$ , однако они резко увеличиваются при замене атомов Н на орг. радикалы (см. ниже).

Ион фосфония  $\text{PH}_4^+$  малоустойчив. Самая устойчивая соль фосфония (в твердом состоянии) — иодид  $\text{PH}_4\text{I}$ . Водой и щелочными р-рами соли фосфония разлагаются с выделением  $\text{PH}_3$ .

$\text{PH}_3$  и соли фосфония — сильные восстановители. При нагр.  $\text{PH}_3$  разлагается, на воздухе выше  $100^\circ\text{C}$  воспламеняется, в присут. небольших кол-в  $\text{P}_2\text{H}_4$  самовозгорается, в смеси с  $\text{O}_2$  взрывается. В щелочных р-рах окислит.-восстановит. потенциал  $\text{PH}_3$   $-1,12$  В ( $\text{PH}_3 + 5\text{OH}^- - 4e \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O}$ ).  $\text{PH}_3$  восстанавливает ионы мн. металлов из р-ров их солей.

Получают  $\text{PH}_3$  взаимодей. фосфидов (напр.,  $\text{Cu}_3\text{P}_2$ ) с водой или к-той; наряду с  $\text{PH}_3$  образуются небольшие кол-ва  $\text{P}_2\text{H}_4$ . Его синтезируют также р-цией белого Р с р-ром щелочи при нагр., взаимодей.  $\text{KOH}$  с  $\text{PH}_4\text{I}$  в водном р-ре.  $\text{PH}_3$  образуется при получении белого и красного Р; при действии к-т на фосфиды металлов (напр., при травлении сталей, содержащих за-

метную примесь Р); при использовании цианмида Са, загрязненного  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , и ацетилена, полученного из фосфорсодержащего карбида (содержание  $\text{PH}_3$  в  $\text{C}_2\text{H}_2$  иногда достигает  $0,02$ – $0,06\%$ ); при применении вместо карбидных отходов от получения ацетилена. Используют  $\text{PH}_3$  для синтеза фосфорорг. соед., для получения фосфора особой чистоты ( $2\text{PH}_3 + 2\text{PCl}_3 \rightleftharpoons 4\text{P} + 6\text{HCl}$ ). Токсичен, действует преим. на нервную систему, нарушает обмен в-в и др.; минимальная предохраняющая концентрация  $0,00014$ – $0,00028\%$  (по объему), запах ощущается при  $0,002$ – $0,004$  мг/л, при концентрации  $0,01$  мг/л многочасовое воздействие может привести к смерти.

Дифосфин  $\text{P}_2\text{H}_4$  — бесцв. летучая жидкость; по конфигурации молекулы подобен гидразину, но не обладает основными св-вами, не реагирует с к-тами. Сильный восстановитель, на воздухе самовоспламеняется, при нагр. и хранении на свету разлагается. В продуктах распада присутствуют Р,  $\text{PH}_3$  и аморфное в-во желтого цвета (твердый фосфористый водород), представляющее собой низшие гидриды фосфора  $\text{P}_x\text{H}_y$ , где  $x > y$ , напр.  $\text{P}_2\text{H}_4$ ,  $\text{P}_3\text{H}_6$ ,  $\text{P}_4\text{H}_8$ ,  $\text{P}_5\text{H}_{10}$ . Это в-во раств. только в дифосфине и расплавленном Р, при обычных условиях устойчиво; восстановитель.

Лит.: Осадченко И. М., Томилов А. П., «Успехи химии», 1969, т. 38, в. 6, с. 1089–107. См. также лит. при ст. Фосфора галогениды.

Я. А. Угай.

2) **Органические фосфины** — соед. общей ф-лы  $\text{R}_n\text{PH}_{3-n}$ , где R — орг. радикал;  $n = 1$ –3.

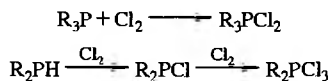
Различают первичные ( $n = 1$ ), вторичные ( $n = 2$ ) и третичные ( $n = 3$ ) Ф. Известны дифосфины (напр.,  $\text{R}_2\text{PPR}_2$ ), трифосфины и циклич. фосфины с неск. атомами Р в цикле, а также с атомом Р и др. гетероатомом в цикле (о последних см. в ст. Фосфорсодержащие гетероциклы).

За исключением неск. низших представителей [напр.,  $\text{CH}_3\text{PH}_2$ ,  $(\text{CF}_3)_n\text{PH}_{3-n}$ ] Ф. — жидкости или кристаллич. в-ва с характерным неприятным запахом; хорошо раств. в орг. р-рителях, ограничено в воде. Ф. — низкополярные в-ва [напр.,  $\mu$  (Дл·м) для  $\text{CH}_3\text{PH}_2$   $4 \cdot 10^{-30}$ , для  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{P}$   $6,14 \cdot 10^{-30}$ , для  $\text{Ph}_3\text{P}$   $4,87 \cdot 10^{-30}$ ]. Конфигурация молекул тригонально-пирамидальная.

Хим. сдвиги в спектре ЯМР  $^{31}\text{P}$  относительно  $85\%$ -ной  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (в м. д.) колеблются в пределах: для первичных Ф. — от  $-110$  до  $-163$ , для вторичных — от  $-40$  до  $-90$ , для третичных — от  $-166$  до  $+7$ . Константы спин-спиновой взаимодей. (в Гц) в пределах  $162$ – $210$  (первичные Ф.) и  $178$ – $240$  (вторичные Ф.). В ИК спектрах первичных и вторичных Ф. полосы поглощения для связи Р—Н в области  $2270$ – $2290$   $\text{cm}^{-1}$ .

Ф. легко окисляются на воздухе, наиб. летучие — самовоспламеняются. Основность Ф. значительно зависит от заместителей у атома Р;  $pK_a$  нек-рых Ф. в  $\text{CH}_3\text{NO}_2$ :  $(\text{iso-C}_4\text{H}_9)_2\text{PH}_2$   $0,02$ ;  $(\text{iso-C}_4\text{H}_9)_2\text{PH}$   $4,11$ ;  $(\text{iso-C}_4\text{H}_9)_3\text{P}$   $7,97$ ;  $(\text{CH}_3)_3\text{P}$   $8,65$ ;  $\text{Ph}_3\text{P}$   $2,73$ . Обычно основность уменьшается в ряду:  $\text{R}_3\text{P} > \text{R}_2\text{PH} > \text{RPH}_2$  (соотв. уменьшается устойчивость солей Ф. с к-тами). Ф. образуют комплексы с к-тами Льюиса, галогенидами и карбонилами переходных металлов, а также с Ni, Pd и Pt; известны многочисленные комплексы третичных Ф. с ненасыщ. соед. ( $\text{CS}_2$ , фторолефинами, хинонами и др.).

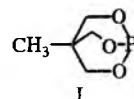
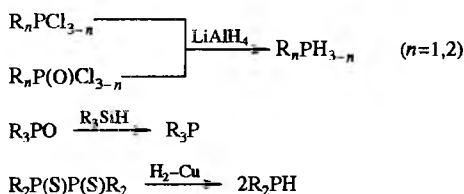
Ф. присоединяют O и S, образуя соотв. фосфиноксиды или фосфинсульфиды; источниками O и S могут служить пероксиды,  $\text{R}_3\text{EO}$  ( $\text{E} = \text{N}, \text{As}$ ), эпоксиды, сульфоксиды, диорганополисульфиды, эписульфиды. При действии на Ф. галогенов образуются галогенфосфины или галогенфосфораны, напр.:



Обработка Ф. щелочными металлами приводит к органилфосфидам  $\text{R}_n\text{PM}_{3-n}$  ( $n = 1, 2$ ), действие  $\text{RHal}$  ( $\text{Hal} = \text{Br}, \text{I}$ ) — к фосфониевым солям. С карбенами или  $\text{CNa}_4$  ( $\text{Hal} = \text{Cl}, \text{Br}$ ) третичные Ф. образуют фосфиналкены (илиды), напр.  $\text{R}_3\text{P} = \text{CVR}_2$ ; с азидами — фосфазосоед., напр.  $\text{R}_3\text{P} = \text{NAr}$ ; с диазоалканами — фосфиназины, напр.  $\text{R}_3\text{P} = \text{NN} = \text{CH}_2$ , или фосфиналкены. Первичные и вторичные Ф. легко присое-

двигаются к альдегидам и кетонам с образованием α-гидроксиалкилфосфинов.

Ф. обычно получают восстановлением галогенангидридов к-т 5- или 3-валентного Р, фосфиноксидов либо фосфинсульфидов, напр.:



этиловый *n*-нитрофениловый эфир фосфористой к-ты]. Ф. о. наз. также соли кислых эфиров фосфористой к-ты.

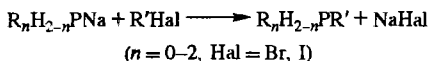
**Полные Ф. о.** Большинство полных Ф. о. — подвижные бесцв. жидкости, нек-рые соед. (напр., содержащие группу AgO, высшие или замещенные алкильные группы) — кристаллич. в-ва (табл.). Соед. обладают неприятным запахом, раств. в орг. р-рителях (со мн. карбонильными соед., галогенуглеводородами полные Ф. о. реагируют), практически не раств. в воде. Конфигурация молекул тригонально-пирамидальная. Величины μ колеблются в пределах (5–6,67) · 10<sup>-30</sup> Кл·м; более высокие значения у циклич. Ф. о. (напр., у соед. I — 1,39 · 10<sup>-29</sup> Кл·м).

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФОСФИТОВ

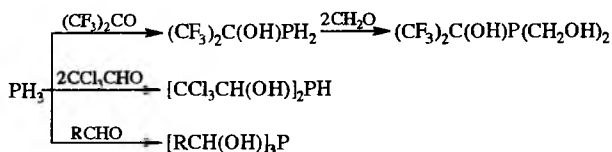
Соединение	Т. вып., °С/мм рт. ст.	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	Хим. сдвиг, в спектре ЯМР <sup>31</sup> P, м. д.	Константа спин-спинового взаимодействия атомов Р—Н, Гц
CH <sub>3</sub> OP(OH) <sub>2</sub> <sup>a</sup>	—	—	—	19	575
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OP(OH) <sub>2</sub> <sup>b</sup>	—	—	1,4230	15	567
(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> P(O)H	56–58/10	1,1944	1,4036	11(±1)	700
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> P(O)H	72–73/9	1,0742	1,4086	7	680(±10)
(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub> P(O)H	125–126/12	0,9850	1,4254	6(±2)	716
( <i>n</i> -C <sub>10</sub> H <sub>21</sub> ) <sub>2</sub> P(O)H	145–146/2	0,9486	1,4335	—	—
(PhO) <sub>2</sub> P(O)H	100/3 · 10 <sup>-4</sup>	1,2318	1,5590	0	740
(4-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O) <sub>2</sub> P(O)H <sup>c</sup>	110/5 · 10 <sup>-3</sup>	1,1700	1,5470	1	740
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> P	108/760	1,0460	1,4095	140	—
(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> P	159/760	0,9687	1,4134	139	—
(ClCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> O) <sub>3</sub> P	119/0,15	1,34434 <sup>a</sup>	1,4840	139	—
(PhO) <sub>3</sub> P <sup>b</sup>	129/10 <sup>-2</sup>	1,1844	1,5910	128(±1)	—
(4-CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> O) <sub>3</sub> P	194/1	1,1280	1,5750	128	—
Соед. ф-лы I <sup>c</sup>	155/174	—	—	91	—

<sup>a</sup> Медленно разлагается при нормальных условиях. <sup>b</sup> Разлагается при нагрев. <sup>c</sup> Т. пл. 30 °С. <sup>d</sup> d<sub>4</sub><sup>26</sup>. <sup>e</sup> Т. пл. 21–25 °С. <sup>f</sup> Т. пл. 97,8 °С.

Препаративное значение имеет также алкилирование фосфидов щелочных металлов в жидком NH<sub>3</sub> или инертных р-рителях:

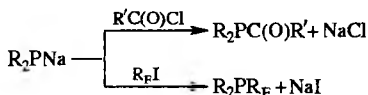


α-Гидроксиалкилфосфины (преим. третичные) получают взаимодей. фосфинов R<sub>3</sub>PH<sub>3-n</sub> (n = 0–2) с альдегидами или кетонами, напр.:



В лаб. практике третичные Ф. часто получают действием металлоорг. соед. RM (M = MgHal, Li, PbR<sub>3</sub>, SnR<sub>3</sub>, AlR<sub>2</sub>) на галогенангидриды или эфиры к-т 3-валентного Р, а также присоединением фосфинов R<sub>n</sub>PH<sub>3-n</sub> (n = 0–2) к олефинам.

Ацилфосфины, а также Ф. с перфторалкильными радикалами (R<sub>F</sub>) можно синтезировать по р-циям:



Ф. типа (R<sub>F</sub>)<sub>3</sub>P получают алкилированием красного Р или его смеси с Р<sub>2</sub>I<sub>4</sub> перфториодалканами (200–280 °С, проточная система или автоклав с мешалкой). Действием R<sub>F</sub>I на циклич. полифосфины (RP)<sub>n</sub> получают Ф. типа RP(R<sub>F</sub>)<sub>2</sub>.

Ф.—реагенты в орг. синтезе (восстановители, инициаторы полимеризации, исходные при получении фосфорсодержащих полимеров и т. д.), добавки к смазочным маслам, антипирены.

Низшие члены Ф. жирного ряда ядовиты и по характеру действия на организмы напоминают РН<sub>3</sub>.

См. также *Триметилфосфин*, *Трифенилфосфин*.

Лит.: Петров К. А., Паршина В. А., «Успехи химии», 1968, т. 37, в. 1, с. 1218–42; Пурдела Д., Вьлчаану Р., Химия органических соединений фосфора, пер. с рум., М., 1972, с. 68–162; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 602–38; Mark V. [а. о.], «Topics Phosph. Chem.», 1967, № 5, р. 227. Г. И. Дрозд.

**ФОСФИТЫ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ**, соли фосфористой к-ты (см. *Фосфора кислоты*).

**ФОСФИТЫ ОРГАНИЧЕСКИЕ**, эфиры фосфористой к-ты общей ф-лы (RO)<sub>n</sub>P(OH)<sub>3-n</sub>, где R — орг. радикал; n = 1–3. Различают полные (средние, или третичные Ф. о., n = 3) и кислые (вторичные, n = 2; первичные, n = 1) Ф. о. Назв. Ф. о. включает назв. орг. радикала (радикалов) в алкоксильной группе, к-рое является префиксом к слову «фосфит»; иногда Ф. о. наз. как эфиры фосфористой к-ты [напр., C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OP(OC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>NO<sub>2</sub>)OH — этил(*n*-нитрофенил)фосфит, или

В спектре ЯМР хим. сдвиги <sup>31</sup>P находятся в области 90–150 м. д. (наименьшие значения у бициклофосфитов, наиб. высокие — у моноциклич. соед.); константа спин-спинового взаимодействия атомов Р и Н в фрагменте Р—О—С—Н 5–10 Гц.

В отсутствие кислых примесей полные Ф. о. довольно устойчивы к нагреванию (до 200–300 °С) и гидролизу. В результате термич. разложения образуются преим. кислые Ф. Полные Ф. о. в кислых средах легко гидролизуются до кислых Ф. о., образуют комплексы с боранами, солями и гидридами металлов; способны отщеплять атом О или S от мн. соед. (напр., N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, RNCО, RSH) с образованием фосфатов.

При взаимодей. полных Ф. о. с азидами и нек-рыми хлораминами образуются *фосфазосоединения*, при действии ROOR, алкадиенов, нек-рых альдегидов и кетонов [напр., (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO] — *фосфораны*. Полные Ф. о. перегруппировываются в фосфонаты при действии RNaI и др. алкилирующих агентов (см. *Арбузова реакция*), а также α, β-непредельных альдегидов и к-т. В р-ции с α-галогенкарбонильными соед. образуются преим. винилфосфаты (см. *Перкова реакция*).

Замещение группы RO на др. орг. радикал происходит при действии RMgHal или AlLi, замещение на атомы Hal — при действии XHal<sub>3</sub> (X = P, B; Hal = Cl, Br, F) и RC(O)F. Триарилфосфиты в мягких условиях присоединяют Cl<sub>2</sub> или Br<sub>2</sub> с образованием фосфоранов (ArO)<sub>3</sub>PRAl<sub>2</sub>, тогда как (AlkO)<sub>3</sub>P перегруппировываются в диалкилхлорфосфаты.

Триалкилфосфиты обычно получают взаимод. PCl<sub>3</sub> с RONa или со спиртами в присут. третичных аминов либо NH<sub>3</sub>; р-цию фенолов с PCl<sub>3</sub> можно вести без акцептора HCl при 160–180 °С. Переэтерификацией (ArO)<sub>3</sub>P или алкоголизом амидов (R<sub>2</sub>N)<sub>3</sub>P длинноцепочечными или функционально замещенными спиртами получают Ф. о. с относительно большой мол. м. В нек-рых случаях такими методами удается последовательно вводить разл. группы RO. β-Хлоралкилфосфиты получают действием эпоксидов на соед. типа Cl<sub>n</sub>P(OR)<sub>3-n</sub>

# 138 ФОСФОГЛИЦЕРАТКИНАЗА

( $n = 1-3$ ). Полные Ф. о. образуются также при восстановлении тионфосфатов (напр., с помощью Na) и действия диазоалканов на диорганилфосфиты. Винилфосфиты образуются в р-циях  $PCl_3$  и хлорфосфитов с  $\alpha$ -меркурированными кетонами и альдегидами, а также с ацетоуксусным эфиром и его производными.

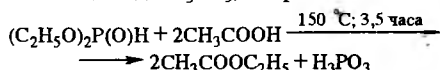
**Кислые Ф. о.** Вторичные Ф. о. с незамещенными алифатич. и смешанными алифатич. и ароматич. радикалами – подвижные, перегоняющиеся при пониженном давлении жидкости; первичные Ф. о. и диарилфосфиты – масла или кристаллич. соединения. Кислые Ф. о. раств. в орг. р-рителях, низшие – в воде.

Кислые Ф. о. существуют в виде таутомеров:



В обычных условиях структура II преобладает (только эта структура фиксируется в спектре ЯМР  $^{31}P$ ), что обуславливает слабые кислотные св-ва этих в-в. Кислые Ф. о. более полярны, чем средние, напр. для  $(CH_3O)_2P(O)H$  и  $(CH_3O)_3P$   $\mu$  соотв.  $9,81 \cdot 10^{-30}$  и  $6,04 \cdot 10^{-30}$  Кл.м, для  $(C_4H_9O)_2P(O)H$  и  $(C_4H_9O)_3P$  соотв.  $1,06 \cdot 10^{-29}$  и  $6,4 \cdot 10^{-30}$  Кл.м. В спектре ЯМР хим. сдвиги  $^{31}P$  находятся в пределах от  $-1$  до  $+24$  м.д. В ИК спектре для  $(RO)_2P(O)H$  полосы поглощения связей  $P-H$   $2400-2450$ ,  $P=O$   $1250-1295$   $cm^{-1}$ .

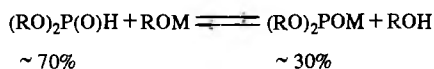
Вторичные Ф. о. в кислых или щелочных средах легко гидролизуются до первичных Ф. о. В избытке к-ты и  $H_2O$  гидролиз может идти до  $H_3PO_3$ , напр.:



При длит. нагревании при  $170-200$   $^\circ C$  диалкилфосфиты частично изомеризуются в пирофосфонаты  $AlkP(O)(OH)OPAlk(O)OH$  [первичные Ф. о. дают первоначально смесь  $(AlkO)_2P(O)H$  и  $H_3PO_3$ ].

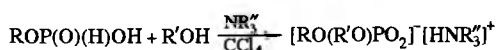
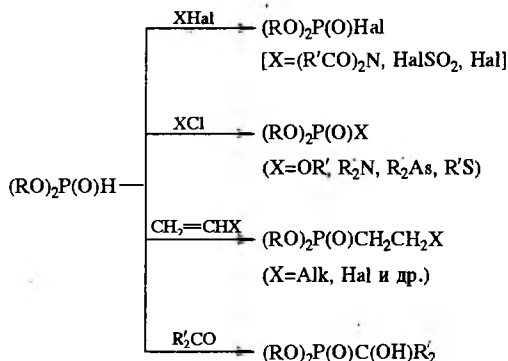
Вторичные Ф. о. образуют соли (их также наз. фосфитами) при взаимодействии с щелочными и щел.-зем. металлами (а также с их гидридами) либо с оксидами и солями.

В смеси вторичных Ф. о. с  $ROM$  ( $M = Na, K$ ) устанавливается равновесие:



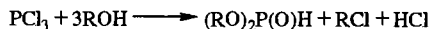
В молекулах солей  $(RO)_2POM$  ( $M = Li, Na, K$ ) атом P трехкоординационный, для солей Hg, по-видимому, присуща структура с атомом четырехкоординационного P –  $(RO)_2P(O)HgX$  ( $X = Hal$ ).

Кислые Ф. о. вступают в многочисленные р-ции с участием группы  $P-H$ , напр.:



При действии  $O_3, SO_3, N_2O_4, S_8$  кислые Ф. о. окисляются до соответствующих фосфатов; при нагр. со спиртами они перезтерифицируются.

Обычно диалкилфосфиты получают по р-ции:



В пром-сти этот процесс часто осуществляют как непрерывный, подавая смесь реагентов в р-рителе при низкой т-ре под давлением в реактор, из к-рого отводят  $HCl$  и пары р-рителя, а жидкие продукты подают на колонну для фракционирования.

Диалкил- и диарилфосфиты получают также гидролизом соед. типа  $(RO)_2PX$  ( $X = OR, R'_2N, Hal$ ); деалкилированием  $(RO)_2POAlk$  с помощью к-т; действием спиртов на  $H_3PO_3$  или  $P_4O_6$ ; действием алкилирующих агентов на фосфиды металлов; перезтерификацией  $(RO)_2P(O)H$ .

Моноарилфосфиты обычно получают нагреванием  $(ArO)_3P$  с  $H_3PO_3$  (2 эквивалента), а моноалкилфосфиты – этерификацией  $H_3PO_3$  или гидролизом эфиров типа  $ROPX_2$  ( $X = OR', NR'_2, Cl$ ).

Ф. о. – добавки для модификации пластмасс и текстильных материалов [напр.,  $X(CH_2)_nOP(OR)_2$ , ( $X = Cl, Br, OH$ ,  $n = 2-10$ ) – антистатик, стабилизаторы, пламегасители, пластификаторы], антиоксиданты и стабилизаторы полимерных пленок в пищ. пром-сти [ $(C_9H_{19}O)_nPOH$  ( $n = 1, 2$ ), добавки к маслам и гидравлич. жидкостям [ $(C_4H_9O)_2P(O)H$ ,  $(PhO)_3P$ ,  $(ArO)_2P(O)H$  и др.], стабилизаторы эмульсий в фотографии [напр.,  $(ArO)_3P$ ], инициаторы полимеризации олефинов [напр.,  $(PhO)_3P$ ], бактерицидные ср-ва [комплексы  $(AlkO)_3P-CuCN$ ], адгезивы, ПАВ [ $(RO)_2P(O)H$ , R содержит 5-16 атомов C]. Ф. о. используют также в синтезе фосфорсодержащих полимеров, пестицидов, лек. ср-в и др.

См. также *Диметилфосфит, Триметилфосфит, Трифенилфосфит, Три-в-хлорэтилфосфит, Фосфористой кислоты амиды*.

*Лит.:* Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 670-718; Нифантьев Э.Е., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971, с. 13-103; Gerrard W., Hundson H., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, N. Y., v. 5, 1973, p. 21-329; Doak G., Freedman L., «Chem. Rev.», 1961, v. 61, № 1, p. 31-44.

G. И. Дрозд.

**3-ФОСФОГЛИЦЕРАТКИНАЗА** (АТФ: 3-фосфо-D-глицерат 1-фосфотрансфераза), фермент класса трансфераз, катализирующий в р-циях гликолиза перенос остатка фосфорной к-ты от 1,3-дифосфоглицериновой к-ты на аденозиндифосфат с образованием АТФ и 3-фосфоглицериновой к-ты. Катализирует также, но с меньшей скоростью, перенос остатка фосфорной к-ты от этого же субстрата на др. нуклеотиды.

Молекула 3-Ф. (мол. м. 45-50 тыс.) состоит из одной полипептидной цепи (ее первичная структура полностью определена) и построена из двух доменов (связывающих АТФ и субстрат), соединенных шарнирным участком; каталитич. центр формируется на границе этих доменов. Оптим. каталитич. активность фермента при pH 6-9; pI 8,0-8,5 (для фермента из мышц животных).

В большинстве тканей животных 3-Ф. представлена одной изоферментной формой; в семенниках присутствует специфический для этой ткани изофермент. 3-Ф. из тканей животных содержит 6-9 групп SH и ингибируется ионами тяжелых металлов, а также реагентами на группу SH. Фермент из дрожжей, содержащий только одну группу SH, устойчив к воздействию этих реагентов; в этом же ферменте значительно меньше остатков метионина (их 3), чем в ферментах из тканей млекопитающих, где их 13. Ингибиторы 3-Ф. – также нек-рые монофосфатнуклеотиды и 2,3-дифосфоглицериновая к-та. Ионы Mg и Mn активируют фермент.

3-Ф. взаимодей. с др. ферментом гликолиза – глицеральдегидфосфатдегидрогеназой, образуя биферментный комплекс.

*Лит.:* Yoshida A., в кн.: Methods in enzymology, v. 42, N. Y. – S. F. – L., 1975, p. 144-48; Kuntz G. W. K., Krietsch W. K. G., там же, v. 90, N. Y. – [a. o.], 1982, p. 103-14.

V. И. Муронец.

**ФОСФОГЛИЦЕРИДЫ** (глицерофосфолипиды), группа фосфолипидов общей ф-лы  $ROCH_2CH(OR')CH_2OP(O)(O)OX$ , где R и R' – ацил, алкил или алкенил; X – остаток спирта

(обычно замещенный алкил). Все Ф.- производные фосфатидовых к-т (в общей ф-ле X = Н).

В зависимости от строения R и R' различают диацильные (R и R' - ацилы) и алкилацильные (R - алкил, R' - ацил или наоборот) Ф., а также плазмалогены (R = R' CH = CH<sub>2</sub>, R' - ацил) и лизофосфолипиды (обычно R - ацил, R' = Н); в зависимости от природы X различают фосфатидилглицерины [X = CH<sub>2</sub>CH(OH)CH<sub>2</sub>OH], фосфатидилсерины [X = CH<sub>2</sub>CH(NH<sub>2</sub>)COOH], фосфатидилхолины [X = CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>], фосфатидилэтанолламины [X = CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>], фосфоинозитиды (X - остаток миоинозита, его моно- или дифосфатных производных), дифосфатидилглицерины [X = CH<sub>2</sub>CH(OR<sup>n</sup>)CH<sub>2</sub>OR<sup>(o)</sup>(O<sup>-</sup>)O<sup>-</sup> - CH<sub>2</sub>CH(OR<sup>m</sup>)CH<sub>2</sub>OR<sup>m'</sup>], фосфатидилглицеринаминокислотные эфиры [X = CH<sub>2</sub>CH(OH)CH<sub>2</sub>OC(O)CH(NH<sub>2</sub>)R<sup>n</sup>] и др. К Ф. относят также нек-рые типы фосфолипидов (напр., когда остаток спирта X связан с атомом Р связью С-Р; подробнее см. в ст. Фосфолипиды).

Положение заместителей в остатке глицерина Ф. в их назв. обозначают с помощью *sn*-номенклатуры (см. Липиды). В положении 1 Ф. обычно находится остаток насыщенной к-ты; в значит. части Ф. животного происхождения в этом положении находится алкильный (плазмалогенные, или плазмалогеновые, Ф.) или алкильный (плазманильные Ф.) остаток. В состав бактериальных и растит. Ф. входят остатки разветвленных жирных к-т, содержащих циклопропановый цикл, а также жирных к-т, содержащих гидроксигруппы в положениях 2 и(или) 3. Наиб. распространенные ацильные остатки имеют 14-22 атома С и четное их число; редко встречаются к-ты с нечетным числом атомов С; к-ты короче C<sub>14</sub> и длиннее C<sub>22</sub> - минорные.

Ненасыщенные ацильные остатки содержат от 1 до 6 двойных связей (почти всегда - *cis*-конфигурации); полиеновые к-ты обычно 1,4-строения, т. е. между кратными связями находятся группировки CH<sub>2</sub>.

Ф.- кристаллич. или аморфные соед. со склонностью к полиморфизму. Плавление Ф. проходит через неск. стадий; при напр. в жидкую фазу сначала переходят углеводородные остатки. Ф. хорошо раств. в низших спиртах, хлоруглеводородах и их смесях (в углеводородах образуют мицеллярные р-ры), плохо - в ацетоне. Во всех случаях р-римость возрастает в присут. воды и с увеличением степени ненасыщенности Ф.

Большинство Ф. при диспергировании в водных системах формирует бислойные структуры - *липосомы*, размер к-рых и кол-во бислоев зависят от способа получения; лизофосфолипиды образуют только мицеллы. На границе вода - воздух или вода - углеводород Ф., если нет ограничений их распространению, формируют монослой с полярными головками, обращенными в водную фазу, и гидрофобными остатками - в воздух (углеводород). Ф. (в виде бислойной структуры) с *гликолипидами* и *стеринами* образуют основу (матрицу) *мембран биологических*. Ф. являются главным компонентом поверхностного монослоя *липопротеинов* крови, а также вирусов, имеющих липидную оболочку.

Нек-рые Ф. имеют высокую физиол. активность. Так, фосфоинозитиды (гл. обр. фосфатидилинозитидифосфаты) участвуют в передаче сигнала от рецептора с внеш. пов-сти мембраны внутрь клетки; 1-алкил-2-ацетилглицеро-3-фосфохолин - фактор активации тромбоцитов. Нек-рые Ф. природного происхождения обладают противоопухолевой активностью.

Многие белки образуют устойчивые комплексы с Ф.; нек-рые Ф. (напр., фосфатидилинозит) ковалентно связываются полярной головкой с рядом белков (напр., с щелочной фосфатазой), выполняя роль «якоря» при фиксации молекулы белка в мембране. Биосинтез Ф. детально изучен; основную роль в нем играют цитидилидифосфатдиацилглицерины.

Из прир. источников Ф. выделяют экстракцией орг. р-рителями (чаще всего смесью хлороформ - метанол). Ф. получают также хим. синтезом, часто с использованием на отдельных стадиях ферментативных р-ций; т. обр. получены Ф. с

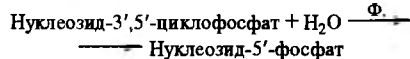
радиоактивными, спиновыми, флуоресцентными и др. метками, а также Ф., не встречающиеся в природе.

При анализе Ф. применяют тонкослойную и высокоэффективную жидкостную хроматографию; содержание Ф. определяют обычно по неорг. фосфору.

Ф. используют в пищ. и мед. пром-сти, а также в парфюмерии (гл. обр. фосфатидилхолины).

Лит.: Phospholipids, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst.- N. Y.- Oxf., 1982; Lipids. Chemistry, biochemistry, N. Y., 1986. Ю. Г. Молотковский.

**ФОСФОДИЭСТЕРАЗЫ** циклических 3', 5'-нуклеотидов (3', 5'-циклонуклеотид 5'-нуклеотидгидролазы), ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз циклич. 3', 5'-аденозин- и 3', 5'-гуанозинмонофосфатов, а также нек-рых др. циклич. нуклеотидов в присут. Mg<sup>2+</sup>:



Ф. присутствуют практически во всех исследованных тканях, а также в клетках бактерий. Функционирование Ф. обуславливает снижение внутриклеточной концентрации циклич. нуклеотидов, в частности, после гормональной стимуляции *аденилатциклазы*. Ф. могут также участвовать во внутриклеточной передаче сигнала.

Известно большое кол-во изоферментов Ф., различающихся по структуре, ферментативной активности, субстратной специфичности и зависимости от коферментов. По последнему двум св-вам их делят на 4 осн. группы: Ca<sup>2+</sup>-кальмодулинзависимые, цГМФ-модулируемые, цАМФ- и цГМФ-специфичные (цАМФ и цГМФ - соотв. циклич. аденозинмонофосфат и циклич. гуанозинмонофосфат).

Ф. первой группы присутствуют в сердечной мышце и в мозговой ткани. Их активность значительно возрастает в присут. Ca<sup>2+</sup>.

Ф. второй группы широко распространены в тканях нервной системы, в корковом в-ве надпочечников, где они, возможно, участвуют в регуляции биосинтеза стероидных гормонов. цГМФ обычно увеличивает скорость гидролиза ферментом цАМФ. В сердечной мышце, в нек-рых типах гладкой мускулатуры, в тромбоцитах, жировых клетках и гепатоцитах присутствуют Ф. этой группы, к-рые ингибируются цГМФ.

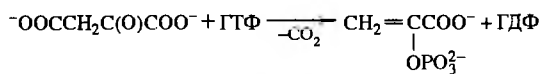
Ф. третьей группы обнаружены в половой системе, где их экспрессия может индуцироваться цАМФ в нервной ткани, в почках и лимфоцитах. У дрозофилы показана центральная роль Ф. этой группы в биохим. механизмах, определяющих поведенческие р-ции.

Ф. четвертой группы присутствуют в легких и тромбоцитах, а также в клетках палочек и колбочек сетчатки. Наиб. изучена Ф. из клеток палочек сетчатки. Она участвует в передаче зрительного сигнала. Этот фермент состоит из трех субъединиц - двух гомологичных каталитич. α, β-субъединиц (мол. м. 90 тыс., рI 5,3) и γ-субъединицы (мол. м. 10 тыс., рI 10,5). Первичная структура всех трех субъединиц известна. В результате активации Ф. светом происходит освобождение γ-субъединицы из комплекса холофермента. При этом скорость гидролиза цГМФ возрастает приблизительно в 100 раз, что ведет к падению локальной внутриклеточной концентрации цГМФ, закрытию катионных каналов на мембране и гиперполяризации клеток (см. *Родопсин*).

Конкурентные ингибиторы Ф. всех типов - теофиллин, папаверин и 3-изобутил-1-метилксантин.

Лит.: Beavo J. A., Reifsnyder D. H., «Trends in Pharm. Sci.», 1990, v. 11, p. 150-55. В. М. Липкин, М. Ю. Наточин.

**ФОСФОЕНОЛПИРУВАТ-КАРБОКСИКИНАЗА** [ГТФ-оксалоацетат-карбоксилата (трансфосфорилирующая)], фермент класса лиаз, катализирующий ключевую стадию *глюконеогенеза*, - образование фосфоенолпирувата из оксалоацетата:



(ГТФ - гуанозинтрифосфат, ГДФ - гуанозиндифосфат)

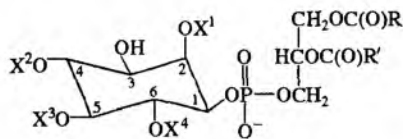
Молекула цитоплазматич. Ф.-к. печени крысы – мономер с мол. м. 74 тыс. Оптим. каталитич. активность при pH 6,9–9,0 требует присутствия  $Mg^{2+}$ . В присут. ионов переходных металлов ( $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ) активность увеличивается; активация происходит под действием белка-активатора (ферроактиватор, мол. м. 82–126 тыс.). Последний состоит из одинаковых субъединиц с мол. м. 23,6 тыс. Специфич. ингибитор Ф.-к. – хинолиновая к-та – один из продуктов распада в тканях триптофана.

Чрезвычайно широкая распространенность Ф.-к. в тканях животных, растений и микроорганизмов определяется ключевой ролью фермента в образовании глюкозы из физиол. предшественника – пировиноградной к-ты. Количество фермента в тканях млекопитающих регулируется гормонами: глюкагон увеличивает синтез Ф.-к., а инсулин – снижает.

Лит.: Tilghman S.M., Hanson R.W., Ballard F.J., в кн.: *Gluconeogenesis: its regulation in mammalian species*, N. Y., 1976, p. 47–91; Bentley L.A., Lardy H.A., «*J. Biol. Chem.*», 1977, v. 252, № 4, p. 1431–40.

А. Д. Виноградов.

**ФОСФОИНОЗИТИДЫ** (инозитфосфатиды, фосфатидинозиты), *фосфолипиды*, содержащие в молекуле остаток *мио*-инозита (замещенного или незамещенного), этерифицированного в положении 1 обычно фосфатидовой к-той.



R, R' – алкил, алкенил

Монофосфоинозитид (фосфатидинозит)	$X^1=X^2=X^3=X^4=H$
Дифосфоинозитид (фосфатидинозит-4-фосфат)	$X^1=X^3=X^4=H, X^2=P(O)(OH)_2$
Трифосфоинозитид (фосфатидинозит-4,5-дифосфат)	$X^1=X^4=H, X^2=X^3=P(O)(OH)_2$
Маниофосфоинозитид (маниозид фосфатидинозита)	$X^2=X^3=H, X^1=\alpha\text{-D-маннопиранозил};$ $X^4=\text{олигосахаридная цепь, содержащая}$ $\text{от 2 до 5 остатков маннозы}$

Остаток *мио*-инозита м. б. этерифицирован по положениям 4 (и/или) 5 ортофосфорной к-той; в микроорганизмах присутствуют Ф., содержащие остатки моно- и олигосахаридов (обычно D-маннозы, D-глюкозы) в положениях 2 и 6 циклического кольца (см. ф-лу). Известно также большое число гликофосфосфинголипидов, у к-рых остаток *мио*-инозита связан в положении 1 эфирной связью с керамидфосфатом  $RCH(OH)CH(NHCO R')CH_2OP(O)(OH)_2$ . Устанавливаются строение т. наз. гликозилфосфатидинозитгликанов, к-рые выполняют «якорную ф-цию» для мембранных белков.

Ф. представляют собой бесцв. или слабоокрашенные аморфные порошкообразные или воскообразные в-ва, легко гидролизуются и окисляющиеся на воздухе (в особенности на свету). Из-за наличия в составе прир. Ф. неск. хиральных центров они являются оптически активными соединениями.

Ф. найдены во всех типах организмов, где они присутствуют в своб. состоянии (в виде солей) или в форме сложных белково-липидных комплексов. Ф. относятся к минорным фракциям фосфолипидов клетки и отличаются наиб. высокой скоростью обмена по сравнению с др. фосфолипидами. В Ф., как правило, положение 1 глицеринового остатка молекулы этерифицировано насыщенн. а положение 2 – ненасыщенн. (чаще всего арахидоновой) к-той. Встречаются Ф., в к-рых в положении 1 остатка глицерина находится не ацил, а R'O (алкильная или плазмалогенная форма Ф.). В природе

биосинтез Ф. осуществляется взаимод. птитидиндифосфатдиглицерина со своб. *мио*-инозитом и послед. фосфорилированием последнего с помощью соответствующих ферментов (киназ).

Получают Ф. обычно из дрожжей или мозга животных экстракцией подкисленными смесями орг. р-рителей с послед. разделением и очисткой с помощью хроматографии (наиб. эффективно на аминокислотосодержащих сорбентах).

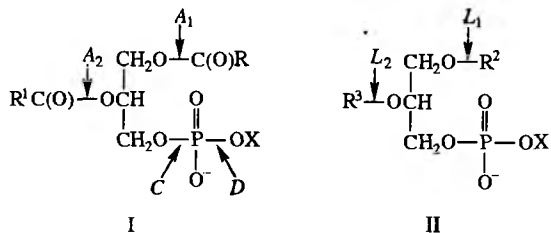
В живой клетке трифосфоинозитиды являются компонентами биол. цикла, обеспечивающего передачу информации клетке и управляющего физиол. активностью клетки на мол. уровне. При внеш. воздействии на клетку происходит расщепление этих Ф., находящихся в мембране, с высвобождением молекул двух вторичных передатчиков – 1,2-диацилглицерина и 1,4,5-трифосфата *мио*-инозита, к-рые путем активации протеинкиназы С и кальцийзависимых ферментов вызывают каскад биохим. р-ций, регулирующих важнейшие физиол. процессы. Имеются данные о связи нарушения метаболизма Ф. с возникновением патологич. состояний – сахарного диабета, гипертонич. болезни, онкологич. заболеваний и др. Нек-рые Ф. (напр., маниофосфоинозитиды) проявляют активность в иммунологич. р-циях, что нашло применение в медицине для серологич. диагностики туберкулеза и проказы.

Осн. представители Ф. получены хим. синтезом через стадии образования рацематов асимметрично замещенных производных *мио*-инозита, разделения их на энантиомеры и селективного фосфорилирования; получение Ф. возможно также с использованием ферментов (фосфатидилтрансферазы, фосфатидинозиткиназы).

Лит.: *мио*-Инозит и фосфоинозитиды, М., 1987; *Phospholipids*, eds. J. N. Hawthorne, G. B. Ansell, Amst. – N. Y. – Oxf., 1982.

В. И. Шевц.

**ФОСФОЛИПАЗЫ** (фосфатазазы), ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз *фосфолипидов*. В зависимости от места действия на субстрат (позиционной специфичности) различают фосфолипазы  $A_1, A_2, C$  и  $D$  (хим. связи, к-рые гидролизуют эти Ф., показаны на ф-ле I); *лизофосфолипиды* расщепляются под действием Ф.  $L$  (ф-ла II; существование позиционно специфичных Ф.  $L_1$  и  $L_2$  не доказано). Ф.  $B$  – устаревшее назв. препаратов, обладающих активностью по типу Ф.  $A$  и  $L$ .



X – остаток холина, серина, *мио*-инозита и др.;

для Ф.  $L_1$   $R^2=C(O)R^4, R^3=H$ ; для Ф.  $L_2$   $R^2=H, R^3=C(O)R^4$

Каждое из семейств Ф. неоднородно и включает ферменты, значительно отличающиеся по мол. массам, субъединичному составу и др. св-вам. Все Ф. наиб. активно катализируют гидролиз на пов-сти раздела фаз фосфолипид – вода; медленно гидролизуют водорастворимые субстраты.

Ф.  $A_1$  в большинстве своем – внутриклеточные ферменты, часто мембраносвязанные, не нуждаются в коферменте. Их мол. массы варьируют в пределах 15–90 тыс.; оптимальная каталитич. активность проявляется при pH 4,0 (для лизосомальных ферментов) или 8,0–9,5 (для ферментов микросом, плазматич. мембран и цитозоля); широко распространены в животных тканях (печень, сердце, мозг) и в микроорганизмах (*Vacillus subtilis*, *B. megaterium*, *Mycobacterium phlei*, *Escherichia coli*).

Ф.  $A_2$  – наиб. изученные представители Ф. Известны 3 группы Ф.  $A_2$ : 1) ферменты ядов змей, рептилий и насекомых, существующие в виде большого кол-ва изоформ (см. *Изоферменты*); 2) ферменты поджелудочной железы млекопитаю-

щих, продуцирующиеся в организме в виде зимогенов (предшественников с большей мол. массой) и активирующиеся трипсином; 3) внутриклеточные ферменты из крови и тканей животных, среди к-рых имеются как р-римые, так и мембраносвязанные. Ф. А<sub>2</sub> первых двух подгрупп являются водорастворимыми ферментами с мол. м. 11–19 тыс. (нек-рые активны в виде димеров), обладают высокой стабильностью благодаря большому числу (6–7) дисульфидных связей; оптимальная каталитич. активность при pH 7,5–9,0; pI от 4,0 до 10,5; кофермент – Ca<sup>2+</sup>. Для мн. представителей этих подгрупп Ф. известны первичная и пространственная структура; в активном центре обнаружены остатки гистидина и аспарагиновой к-ты. Св-ва внутриклеточных Ф. А<sub>2</sub> (третья подгруппа) зависят от субклеточной локализации фермента. Их мол. м. 12–75 тыс.; оптимальная каталитич. активность при pH 4,2–9,0; нек-рые ферменты этой подгруппы не содержат коферментов.

Ф. L выделены из растений, микроорганизмов, яда пчел, тканей млекопитающих. Ферменты этой группы крайне неспецифичны, катализируют гидролиз разл. сложноэфирных связей, обладают литическим (разрушающим) действием по отношению к биол. мембранам (что обуславливает их токсичность). Мол. м. Ф. L 15–65 тыс., они менее стабильны, чем Ф. А; их оптимальная каталитич. активность проявляется при pH от 4,5 (лизосомальный фермент) до 10,0 (ферменты ядов); Ф. L не имеют коферментов, не ингибируются этилендиаминтетрауксусной к-той; нек-рые Ф. L ингибируются диизопропилфторфосфатом и п-хлормеркуробензойной к-той; универсальные ингибиторы для всех Ф. L – ПАВ.

Ф. С обнаружены у бактерий Clostridium, Bacillus и Pseudomonas, а также в клетках млекопитающих (печень, мозг, поджелудочная железа). Для нек-рых из них характерна строгая специфичность по отношению к спиртовой группе молекулы субстрата, напр. к остатку холина (Ф. С<sub>1</sub>) и мио-инозита (Ф. С<sub>2</sub>). Мол. м. Ф. С от 23 до 51 тыс., ионы Zn<sup>2+</sup> являются для них коферментом и стабилизатором; оптимальная каталитич. активность при pH ок. 7 для Ф. С<sub>1</sub> и при pH < 7 для Ф. С<sub>2</sub>.

Ф. D обнаружены в растениях (овощи, водоросли), микроорганизмах и в тканях животных. Их мол. м. 90–116 тыс.; оптимальная каталитич. активность при pH 4,7–8,0. Катионные ПАВ ингибируют Ф. D, анионные – активируют.

Помимо гидролитич. ф-ции Ф. обладают трансацилазной (Ф. А<sub>1</sub>, А<sub>2</sub> и L) и трансфосфатадилазной (Ф. С и D) активностью.

Ф. играют важную роль в обмене липидов в живых организмах. Их используют для определения структуры фосфолипидов и места их локализации в мембранах.

Лит.: Брокерхоф Х., Дженсен Р., Липидные ферменты, пер. с англ., М., 1978, с. 242–356; Van den Bosch H., «Biochim. et Biophys. Acta», 1980, v. 604, № 2, p. 191–246; Dennis E. A., в кн.: The enzymes, 3 ed., v. 16, N. Y.–L., 1983, p. 307–53. Т. В. Ротанова.

**ФОСФОЛИПИДЫ**, природные липиды, содержащие в молекуле остаток фосфорной к-ты, связанной эфирной связью с производным многоатомного спирта.

Наиб. распространенная группа Ф.– фосфоглицериды общей ф-лы ROCH<sub>2</sub>CH(OR')CH<sub>2</sub>OP(O)(O<sup>-</sup>)OX (R, R' – алкил, алкенил, ацил; X = H, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup> и др.). К фосфолипидам относятся также фосфосфинголипиды RCH(OH)CH(NHCOR')CH<sub>2</sub>OP(O)(O<sup>-</sup>)OX (R – алкил, алкенил, R' – ацил), диольные фосфолипиды RO(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>CH<sub>2</sub>OP(O)(O<sup>-</sup>)X (см. Диольные липиды, n = 1–4) и фосфонолипиды [напр., ROCH<sub>2</sub>CH(OR')CH<sub>2</sub>OP(O)(O<sup>-</sup>) – CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup> и ROCH<sub>2</sub>CH(OR')CH<sub>2</sub>P(O)(O<sup>-</sup>)OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup>].

Молекулы Ф. содержат неполярные гидрофобные «хвосты» и полярную гидрофильную «головку» (остаток фосфорной к-ты), что определяет мн. физ.-хим. св-ва, в т. ч. способность формировать мембраны биологические.

При pH ок. 7 фосфатная группа мн. Ф. ионизирована. Ф. гидролизуются фосфолипазами. При мягком щелочном гидролизе отщепляются жирные к-ты, но не затрагиваются слож-

ноэфирные связи остатка фосфорной к-ты; при жестком щелочном гидролизе отщепляется также ХОН. К-ты гидролизуют все сложноэфирные связи.

Фосфонолипиды обнаружены у ряда моллюсков, морских организмов и простейших (иногда до 30% по массе от общего кол-ва Ф.); у млекопитающих найдены лишь в следовых кол-вах. Выделены фосфоглицерофосфонолипиды, сфингофосфонолипиды и сфингогликофосфонолипиды; все они в осн. являются производными 2-аминоэтилфосфононовой к-ты. Производные 2-метиламино- и 2-триметиламиноэтилфосфононовых к-т встречаются в незначит. кол-вах. Роль фосфонолипидов не выяснена; предполагают, что она связана с высокой устойчивостью связи С–Р к хим. и ферментативному гидролизу.

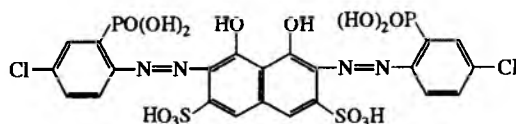
Ф. выделяют из прир. источников или синтезируют.

Лит. см. при ст. Фосфоглицериды.

Ю. Г. Малотковский.

**ФОСФОНАЗО**, группа орг. реагентов, получаемых азосочетанием хромотроповой к-ты с диазонием производным фенолфосфоновой к-ты и ее разл. замещенных.

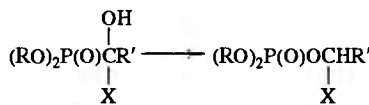
Наиб. важен хлорфосфоназо III (3,6-бис-[4-хлор-2-фосфобензолазо]-4,5-дигидроксинафталин-2,7-дисульфокислота; см. ф-лу), мол. м. 693,25. Коричневый порошок, хорошо



раств. в воде, плохо в этаноле. Водные р-ры при pH < 3,0 розового, при pH > 4,0 фиолетового цвета. Р-ры в конц. HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> обладают ярко-зеленой окраской. В кислых р-рах в присут. комплексона III и др. маскирующих в-в хлорфосфоназо III дает комплексы с ионами мн. элементов; в осн. применяется для фотометрич. определения Ca, Sr, Ba, U(VI); пределы обнаружения 0,02–0,04 мкг/мл. Р-ции комплексобразования контрастны: λ<sub>max</sub> реагента 555 нм, комплексов соед. урана 620 нм и 670 нм. Хлорфосфоназо III предложен как металлоиндикатор при титриметрич. определении сульфат-ионов.

Лит.: Немодрук А. А. [и др.], «Ж. аналит. химии», 1961, т. 16, в. 2, с. 180–84; Саввин С. Б., Акимова Т. Г., Дедкова В. П., Органические реагенты для определения Ва<sup>2+</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, М., 1971, с. 192. А. В. Михайлова.

**ФОСФОНАТ-ФОСФАТНАЯ ПЕРЕГРУППИРОВКА**, изомеризация эфиров α-гидроксиалкилфосфононовых к-т (образуется по *Абрамова реакции*) в эфиры фосфорной к-ты:



R' = H, Alk, COOAlk, Ag и др.;

X = CN, COOAlk, C(O)Alk, P(O)(OAlk)<sub>2</sub> и др.

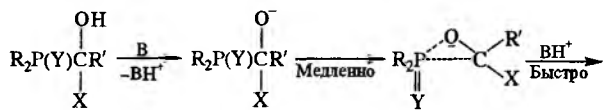
В р-цию вступают фосфонаты с электроакцепторными заместителями у атома С, связанного с гидроксигруппой.

Р-ция экзотермична, ускоряется в присут. щелочных катализаторов (напр., алкоголята Na).

Перегруппировка, подобная Ф.-ф. п., характерна и для эфиров α-гидроксиалкилфосфиновых к-т, фосфиноксидов и их тиоаналогов. Склонность к перегруппировке определяется электроакцепторным характером заместителя X и природой радикалов, связанных с атомом Р. Способность к перегруппировке уменьшается в ряду: (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>P(O) > C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)P(O) > C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)P(O) > (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)<sub>2</sub>P(O) > (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>N(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)P(O) > (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)<sub>2</sub>P(S).

Наиб. вероятный механизм для Ф.-ф. п. и родственной ей р-ции – трехцентровое переходное состояние с внутримол. нуклеоф. замещением у тетраэдрич. атома Р:

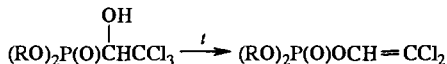




R=AlkO, Alk, Ac; R'=H, Alk, C(O)OAlk;

Y=O, S; B – основание

Перегруппировка нек-рых полигалогенированных соед. происходит при нагр. и сопровождается дегидрогалогенированием, напр.:



Лит.: Реакции и методы исследования органических соединений, кн. 19, М., 1968; Нифантьев Э. Е., Химия гидрофосфорильных соединений, М., 1983.

И. В. Ковалова.

**ФОСФОНАТЫ**, эфиры фосфоновых к-т общей ф-лы  $\text{RP}(\text{O})(\text{OR}')_n(\text{OH})_{2-n}$ , где R, R' – орг. радикал,  $n = 1, 2$  (иногда к Ф. необоснованно относят любые производные фосфоновых, а также тио- и селенофосфоновых к-т). Ф. называют также соли фосфоновых к-т.

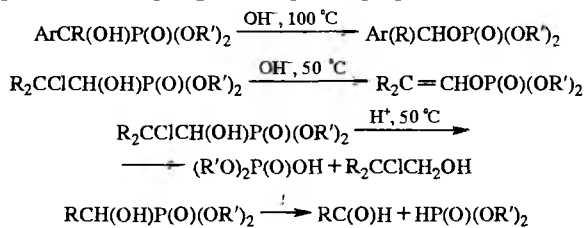
Ф. подразделяют на кислые, или первичные ( $n = 1$ ), и полные, или вторичные ( $n = 2$ ). Назв. Ф. включает назв. орг. радикалов (радикала) в алкоксильной группе (приводятся вначале) и назв. радикала у атома Р, к-рые являются префиксами к слову фосфонат; иногда Ф. наз. как эфиры органилфосфоновых к-т [напр.,  $\text{PhP}(\text{O})(\text{OH})\text{OC}_2\text{H}_5$  – этилфенилфосфонат, или этиловый эфир фенилфосфоновой к-т].

Ф. встречаются в природе, напр. эфиры 2-аминоэтил- и 2-метиламиноэтилфосфоновых к-т обнаружены в нек-рых морских организмах (см. *Фосфолипиды*).

Ф. с низшими алкильными, алкенильными и арильными радикалами у атомов Р и О – жидкости, перегоняющиеся в вакууме без разложения, остальные – кристаллич. в-ва или масла. Ф., как правило, раств. в орг. р-рителях, низшие – также в воде. Первичные Ф. – к-ты средней силы [напр., для  $n\text{-C}_6\text{H}_4\text{P}(\text{O})(\text{OC}_2\text{H}_5)_2\text{OH}$   $pK_a$  1,7], образуют соли с аминами. Соед. с низшими алкоксильными группами обладают выраженной алкилирующей способностью.

Конфигурация молекул Ф. – тетраэдрическая;  $\mu$   $8 \cdot 10^{-30}$ – $1,57 \cdot 10^{-29}$  Кл.м. В спектрах ЯМР  $^{31}\text{P}$  хим. сдвиги (в м.д.) 1–53. Полоса поглощения связи Р=О в ИК спектрах находится в области 1200–1280  $\text{см}^{-1}$ .

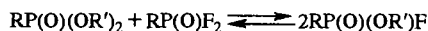
Диарилловые эфиры обычно устойчивы до 300 °С, диалкиловые выше 150 °С постепенно разлагаются, образуя кислый Ф. и олефин. При нагр. кислые Ф. диспропорционируют и дают конденсир. полифосфаты, ди-β-галогеналкиловые эфиры подвергаются гомополиконденсации; α-гидроксиалкилфосфонаты в зависимости от условий проведения р-ции и строения соед. претерпевают разл. превращения:



Большинство Ф. устойчиво к гидролизу. В водных р-рах щелочей полный гидролиз диалкилфосфонатов достигается при т-рах ок. 130 °С под давлением, в присут. к-т для этого требуется многочасовое кипячение. Сравнительно легко гидролизуются Ф., содержащие в β-положении алкоксильного радикала Hal, R'O и R'\_2N, а также нек-рые виниловые эфиры. При щелочном гидролизе эфиров пергалоген- и α-гидроксиалкилфосфоновых к-т наблюдается разрыв связи Р—С.

Благодаря электронодонорным св-вам полные Ф. образуют устойчивые аддукты с  $\text{BX}_3$  ( $\text{X} = \text{Hal}, \text{OR}'$ ) и  $\text{AlR}'_3$ . Кислые Ф. [напр., (2-этилгексил)метилфосфонат] способны связывать в прочные комплексы ионы тяжелых металлов (U, Th, Pu и др.).

При действии  $\text{PCl}_5$  полные и кислые Ф. превращаются в хлорангидриды  $\text{RP}(\text{O})(\text{OR}')\text{Cl}$ , при действии  $\text{RC}(\text{O})\text{F}$  полные Ф. – во фторангидриды. При нагр. хлорангидридов  $\text{RP}(\text{O})(\text{OR}')\text{Cl}$  с кислыми Ф. образуются пиродифосфонаты  $\text{RP}(\text{O})(\text{OR}')\text{OP}(\text{O})\text{R}(\text{OR}')$ . При смешении полного Ф. и  $\text{RP}(\text{O})\text{F}_2$  при 100–150 °С спустя 20–30 ч устанавливается равновесие:



Ф. с активной метиленовой группой у атома Р. используют для алкенилирования карбонильных соед. (см. *Хорнера реакция*). Диэфиры α-алкенилфосфоновых к-т присоединяют по кратной связи  $\text{ROH}, \text{RSH}, \text{HNR}_2$  и  $\text{HP}(\text{O})(\text{OR}')_2$ .

Ф. получают взаимод.  $\text{RP}(\text{O})\text{Cl}_2$  со спиртами, фенолами или с их Na- или K-производными (в зависимости от условий получают полные или кислые Ф.); перегруппировка третичных фосфитов под действием  $\text{RHal}$  (см. *Арбузова реакция*); р-цией алкилирования вторичных фосфитов (см. *Михаллиса-Беккера реакция*); присоединением вторичных фосфитов к соед. с активированными двойными или тройными связями (см., напр., *Кабачника-Филдса реакция*); окислением (с помощью  $\text{H}_2\text{O}_2, \text{N}_2\text{O}_4$  и др.) эфиров фосфонистых к-т  $\text{R}'\text{P}(\text{OR}')_n(\text{OH})_{2-n}$ , где  $n = 1-2$ ; этерификацией фосфоновых к-т окисями олефинов, эфирами ортокарбонных к-т, третичными фосфитами, диазоалканами и спиртами (в присут. карбодимидов или др. конденсирующих агентов); взаимод. алкилгалогенидов с  $\text{RHal}_3$  и  $\text{AlCl}_3$  (см. *Клея-Киннера-Перрена реакция*).

Многие Ф. – пестициды [напр., хлорофос  $\text{Cl}_3\text{CCH}(\text{OH})\text{P}(\text{O})(\text{OCH}_2)_2$ ], экстрагенты (напр., кислые 2-этилгексильные эфиры алкилфосфоновых к-т), лек. ср-ва [напр., армин – этил( $n$ -нитрофенил)этилфосфонат], ПАВ (кислые фосфонаты и их соли; см. *Алканфосфонаты*).

Лит. см. при ст. *Фосфоновые кислоты*.

Г. И. Дрозд.

**ФОСФОНИЕВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**, содержат в молекуле положительно заряженный атом Р, связанный ковалентно с орг. остатками и(или) водородом (т. наз. ион фосфония). Ф. с. имеют общую ф-лу  $[\text{R}_n\text{PH}_{4-n}]^+\text{X}^-$ , где R = H, Alk, Ar, алкенил, C(O)R, COOR; X – анион (напр., Hal, OH,  $\text{NO}_3, \text{BF}_4$ );  $n = 0-4$ .

Простейшие представители Ф. с. – соли фосфония  $[\text{PH}_4]^+\text{X}^-$ . Т. к.  $\text{PH}_3$  представляет собой слабое основание, он образует соли только с сильными к-тами (напр.,  $\text{HClO}_4, \text{HCl}$ ). Сухие соли при нагр. диссоциируют на  $\text{PH}_3$  и  $\text{HX}$ . Перхлораты фосфония при нагр. разлагаются со взрывом.

В водной среде или полярных орг. р-рителях Ф. с. обмениваются анионами с гидроксидами и алкогдалями металлов, к-тами (напр.,  $\text{HNO}_3, \text{H}_2\text{SO}_4$ ) и их солями. Ф. с. образуют устойчивые комплексы с солями Pt, Au, Hg, Cd, а нек-рые и с нитратами  $\text{P}_3\text{O}, \text{CH}_3$  и галогенами.

Орг. Ф. с. подразделяют на первичные ( $n = 1$ ), вторичные ( $n = 2$ ) и т. д. Известны также внутр. четвертичные фосфониевые соли (фосфобетаины) типа  $\text{R}_3\text{PZCOO}^-$ , где Z =  $\text{CH}_2\text{CH}_2$  и др.

Большинство орг. Ф. с. – кристаллич. соед., гидроксиды ( $\text{X} = \text{OH}$ ) – вязкие жидкости. Ф. с. раств. в полярных орг. р-рителях и воде. Р-ры гидроксидов в воде – сильные основания; рН р-ров других Ф. с. близки к 7.

Конфигурация фосфорсодержащего катиона – тетраэдрическая. Ф. с. с 4 разл. заместителями у атома Р могут быть разделены на оптич. изомеры.

Большинство Ф. с. с  $n = 0-2$  при комнатной т-ре неустойчиво; в р-рах существует равновесие:

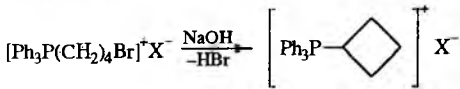
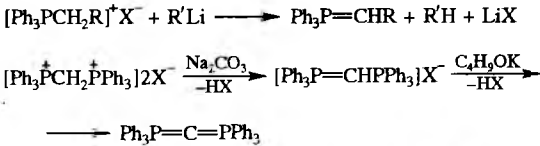


Наиб. устойчивы четвертичные Ф. с., многие из к-рых разлагаются лишь при т-рах 250–300 °С. Для галогенидов четвертичных Ф. с. осн. направление разложения – отщепление  $\text{RHal}$  с образованием фосфинов; для четвертичных Ф. с.

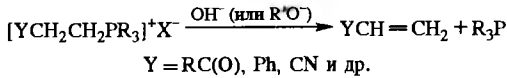
с кислородсодержащим анионом (HO<sup>-</sup>, HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> и др.) характерно образование третичных фосфиноксидов с отщеплением одного из орг. радикалов в виде углеводорода (о разложении гидроксидов см. Гофмана реакции).

Щелочное разложение Ф. с. с n = 0-3 приводит к соответствующим фосфинам или фосфиноксидам. В присут. эквивалентного кол-ва щелочи все Ф. с., содержащие группировки XCH<sub>2</sub>P<sup>+</sup> (X = OH, Cl), разлагаются до фосфинов и формальдегида; с избытком щелочи многие гидроксиметильные четвертичные Ф. с. образуют фосфиноксиды.

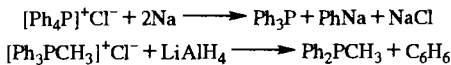
При действии литийорг. соед. на четвертичные Ф. с. типа R<sub>3</sub>PCHR'R'', а также при обработке основаниями Ф. с. R<sub>3</sub>PCH<sub>2</sub>Y (Y - электроноакцепторная группа) образуются алкилиденфосфораны; в этих же условиях галогениды 4-бромбутилфосфония дают циклобутильные Ф. с., напр.:



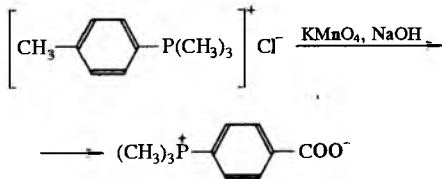
β-Элиминирование (обычное для солей аммония) наблюдается для Ф. с. в тех случаях, когда карбкатион, образующийся в результате атаки гидроксидом или алкоксидом, стабилизируется благодаря сопряженным связям, напр.:



При действии Na, K, LiAlH<sub>4</sub> Ф. с. восстанавливаются до фосфинов, напр.:



Известно большое число р-ций с участием орг. заместителей при атоме Р и входящих в их состав функц. групп. Так, гидроксикальциевые группы в Ф. с. при действии SOCl<sub>2</sub> или PCl<sub>5</sub> превращаются в хлоралкильные, а при обработке ангидридами карбоновых к-т - в сложноэфирные. Окисление нек-рых Ф. с. с ароматич. радикалами ведет к фосфобетаинам, напр.:



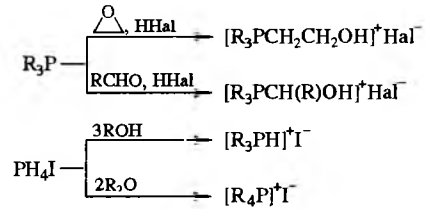
Общий метод получения Ф. с. типа [R<sub>n</sub>H<sub>4-n</sub>P]<sup>+</sup>Hal<sup>-</sup> - взаимодействие фосфинов с RHal (Hal = Cl, Br, I). Низшие алкилиодиды и третичные фосфины реагируют при обычных условиях; при вовлечении в р-цию RHal с объемными радикалами процесс ведут в полярных р-рителях при нагревании; AgHal вступают в р-цию в присут. катализаторов - галогенидов Al, Fe, Cu, Ni, Co или Zn. Образующиеся галогениды фосфония легко м.б. превращены в гидроксиды обработкой влажной Ag<sub>2</sub>O, а в Ф. с. с др. анионами - путем ионного обмена.

Четвертичные Ф. с. можно также получать алкилированием с помощью RHal алкилгалогенфосфинов (в присут. белого Р), алкилиденфосфоранов, красного Р, Р<sub>2</sub>I<sub>4</sub>, фосфидов Hg и щелочных металлов.

Ф. легко получают при взаимодей. фосфинов с соед., образующими в р-рах карбкатионы, напр.:



Третичные фосфины м.б. проалкилированы также альдегидами или эпоксидами (в присут. к-т), а PH<sub>4</sub>I, красный Р и фосфиды щелочных металлов - с помощью спиртов и простых эфиров, напр.:



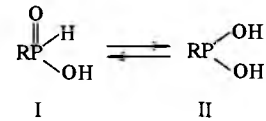
Ф. с. получают также взаимодей. RMgHal с галогенидами 5-координац. Р и действием HNaI на пентакарбофосфораны. Фосфобетаины синтезируют действием NaOH или Ag<sub>2</sub>O/H<sub>2</sub>O на Ф. с. типа [R<sub>3</sub>PCH<sub>2</sub>C(O)R']<sup>+</sup>X<sup>-</sup> или взаимодей. третичных фосфинов с сульфонами, CS<sub>2</sub>, RNCX, RCH = CHCOOH и др. соед., содержащими активир. кратные связи.

Ф. с. - инсектициды и гербициды [напр., трибутил(2,4-дихлорбензил)фосфонийхлорид, или «фосфон Д», - гербицид и дефолиант], средства борьбы с молью [действующее начало - 3,4-дихлорбензил(трифенил)фосфонийхлорид], антипирены для текстиля и бумаги, бактерицидные пропитки [осн. компонент - тетра(гидроксиметил)фосфонийхлорид], эмульгаторы, реактивы в цветной фотографии, ингибиторы коррозии, реагенты в орг. синтезе. Среди Ф. с. известны соед. с бактерицидной и ретардантной (тормозят рост растений) активностью. Нек-рые полифосфониевые соед. - ганглиоблокаторы.

Лит.: Пурдела Д., Вылчану Р., Химия органических соединений фосфора, пер. с рум., М., 1972, с. 217-64; Векс Р., в кн.: Organic phosphorus compounds, eds. G. Kosolapoff, L. Maier, v. 2, N. Y., 1972, p. 189.

Г. И. Дрозд.

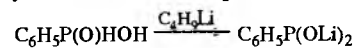
**ФОСФОНИСТЫЕ КИСЛОТЫ**, существуют в виде двух таутомерных форм:



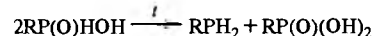
Таутомерное равновесие сильно смещено в сторону гидроксифосфорильной формы (I), в связи с чем Ф. к. обычно проявляют св-ва одноосновных к-т. Эфиры и соли Ф. к. наз. фосфонитами.

Ф. к. - жидкости или твердые в-ва; раств. в орг. р-рителях, низшие Ф. к. раств. в воде и являются к-тами средней силы [напр., для C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>P(O)HOH pK<sub>a</sub> 1,53]. В спектрах ЯМР <sup>31</sup>P для Ф. к. характерен дублет в области 15-40 м.д.; константа спин-спинового взаимодей. 400-500 Гц.

С основаниями Ф. к. образуют соли типа [RP(O)HO]<sup>-</sup>M<sup>+</sup> (M = Na, K, Li, NH<sub>4</sub>), при взаимодей. с избытком литийорг. соед. возможно получение дисолей, напр.:

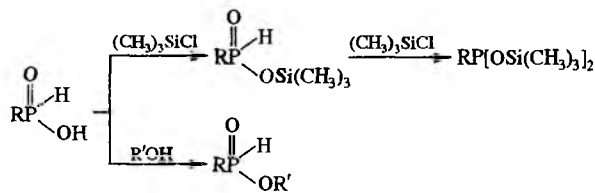


При нагре. Ф. к. диспропорционируют:

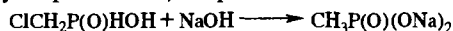


Эту р-цию используют как лаб. метод синтеза первичных фосфинов. Ф. к. легко окисляются до фосоновых к-т, фосфорилируют амины по схеме Тодда-Атертона реакции. При взаимодей. Ф. к. с PCl<sub>3</sub> образуются органилдихлорфосфины, с PCl<sub>5</sub> и SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> - дихлорангидриды фосоновых к-т. Ф. к. в виде гидрофосфорильных соед. вступают в р-цию Абрамова, Качачинко-Филдса и родственные процессы с образованием

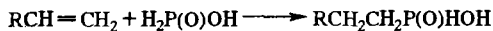
функциональнозамещенных фосфиновых к-т, легко силилируются и этерифицируются:



$\alpha$ -Замещенные Ф.к. при взаимодействии с нуклеофилами могут не только обменивать заместитель на остаток нуклеофила, но и перегруппировываться, напр.:



Получают Ф.к. гидролизом их производных (напр., хлорангидридов) и гомолитич. гидрофосфорилированием олефинов, напр.:



Ф.к. используют как реагенты в синтезе, нек-рые из них применяются в качестве пестицидов.

Лит.: Нифантьев Э.Е., *Химия фосфорорганических соединений*, М., 1971, с. 104-109; Нифантьев Э.Е., *Химия гидрофосфорильных соединений*, М., 1983.

Э.Е. Нифантьев.

**ФОСФОНАТЫ**, соли и эфиры фосфонистых к-т. Иногда к Ф. относят любые производные этих к-т. Эфиры – соед. общей ф-лы  $\text{RP}(\text{OR}')_n(\text{OH})_{2-n}$ , где R, R' – орг. радикалы; n = 1, 2. Их подразделяют на средние (n = 2) и кислые (n = 1) Ф. Средние Ф. – соед. P(III), молекулы кислых Ф. содержат атом P(IV). Большинство средних и кислых Ф. – жидкости; перегоняются в вакууме; при длит. нагревании и хранении разлагаются; раств. в диэтиловом эфире, бензоле и др. углеводородах.

Средние Ф. образуют комплексы с солями переходных металлов; в воде частично гидролизуются; спиртами переэтерифицируются; легко окисляются и присоединяют S и Se; вступают в р-ции окислит. иминирования; обмениваются заместителями с др. производными P(III) (галогенидами, эфирами и др.); активно реагируют с  $\text{Cl}_2$  с образованием органилхлорфосфонатов  $\text{RP}(\text{O})(\text{OR}')\text{Cl}$ ; при действии  $\text{RNaI}$  претерпевают перегруппировку (см. *Арбузова реакция*, *Перкова реакция*); реагируют с ненасыщ. альдегидами, кетонами и к-тами с образованием фосфинатов, напр.:



Хим. св-ва кислых Ф. типичны для *гидрофосфорильных соединений*.

Средние Ф. обычно получают р-цией галогенфосфонатов  $\text{RP}(\text{OR}')\text{Cl}$  и  $\text{R}'\text{PNa}_2$  со спиртами или меркаптанами в присут. оснований; действием алкоксисиланов на  $\text{R}'\text{PNa}_2$ ; этерификацией спиртами амидов фосфонистых к-т; действием  $\text{RMgHal}$  на фосфиты  $(\text{RO})_3\text{P}$  или  $(\text{RO})_2\text{PNa}$ .

Кислые Ф. получают обработкой спиртами дигалогенфосфинов (в отсутствие акцепторов  $\text{HNaI}$ ), фосфонистых к-т или их ангидридов; частичным гидролизом средних Ф. или амидоэфиров  $\text{RP}(\text{OR}')\text{NR}_2$ ; присоединением олефинов к алкилгипофосфитам (в присут. пероксидов); гидролизом эфирохлорангидридов.

Лит.: Нифантьев Э.Е., *Химия фосфорорганических соединений*, М., 1971, с. 104; его же, «Успехи химии», 1978, т. 47, в. 9, с. 1565-608; Cadogan J., Mackie R., «Chem. Soc. Revs.», 1974, в. 3, р. 87.

Г.И. Дрозд.

**ФОСФОНОВЫЕ КИСЛОТЫ**, соед. общей ф-лы  $\text{RP}(\text{O})(\text{OH})_2$ , где R – орг. радикал, связанный с атомом P связью C–P.

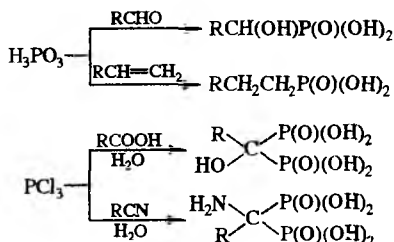
Ф.к., как правило, гигроскопичные бесцв. кристаллы с четкими т-рами плавления; раств. в воде и полярных орг. р-рителях. Ф.к. – двухосновные к-ты средней силы; склонны к димеризации. Для многих из них значения  $\text{pK}_1$  находятся в области 1,1–2,8,  $\text{pK}_2$  3,9–8,5.

В спектрах ЯМР  $^{31}\text{P}$  хим. сдвиги для Ф.к. лежат в области 5–31 м.д., полосы поглощения связи  $\text{P}=\text{O}$  в ИК спектрах – в области 1150–1220  $\text{cm}^{-1}$ .

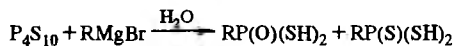
С основаниями Ф.к. образуют кислые и средние соли (эфиры и соли Ф.к. наз. фосфонатами). Ф.к., содержащие пергалогеналкильные и нек-рые замещенные ароматич. радикалы, реагируют с избытком щелочи с разрывом связи  $\text{P}-\text{C}$ . При длит. нагревании Ф.к. отщепляют  $\text{H}_2\text{O}$  и образуют олигоконденсир. соединения.

Ф.к. этерифицируются только в присут. катализаторов (напр., карбодимидов). Моно- или диэфиры образуются при действии на Ф.к. диазоалканов, эпоксидов, азиридинов. При действии  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{SOCl}_2$  или  $\text{SF}_4$  образуются соответствующие дигалогенангидриды. Нагревание Ф.к. с их дихлорангидридами приводит к ангидридам Ф.к.

Обычно Ф.к. получают гидролизом  $\text{RP}(\text{O})\text{X}_2$  (X = Cl, Br, OR, SR, NR<sub>2</sub>; X<sub>2</sub> = O), окислением первичных фосфинов или фосфонистых к-т, при взаимодей. фосфористой к-ты с олефинами или карбонильными соед., а также в р-циях  $\text{PCl}_3$  с нитрилами, карбоновыми к-тами, альдегидами и кетонами, напр.:



Аналоги Ф.к., содержащие атомы S или Se, – обычно малоподвижные жидкости, склонные к разложению при повышенных т-рах и в водных р-рах; они обладают несколько более высокой кислотностью, чем их кислородные аналоги. Многие их св-ва и способы получения такие же, как описаны выше. Специфич. способ синтеза ди- и тритиофосфоновых к-т – взаимодей.  $\text{P}_4\text{S}_{10}$  с реактивом Гриньяра с послед. гидролизом:



Тио- и селенофосфоновые к-ты используют в препаративной практике.

Большинство Ф.к. не обладает значит. физиол. активностью. Нек-рые из них, напр. фосфономицин (ф-ла I), активны против внекишечных гельминтов и проказы; фосфонуксусная к-та  $\text{HOOCCH}_2\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$  обладает выраженной активностью по отношению к нек-рым вирусам.

О применении Ф.к. см. *Нитрилтриметиленфосфоновая кислота* и *Окситилендифосфоновая кислота*.

Лит.: Нифантьев Э.Е., *Химия фосфорорганических соединений*, М., 1971, с. 233-59; Freedman L., Doak G., «Chem. Rev.», 1957, v. 57, № 3, р. 479-523; Worms K., Schmidt-Dunker M., в кн.: *Organic phosphorus compounds*, eds. G. Kosolapoff, L. Maler, v. 7, N. Y., 1976, р. 1-486.

Г.И. Дрозд.

**ФОСФОР** (от греч. phōsphōros – светносный; лат. Phosphorus) P, хим. элемент V гр. периодич. системы; ат. номер 15, ат. м. 30,97376. Имеет один устойчивый нуклид  $^{31}\text{P}$ . Эффективное сечение захвата тепловых нейтронов  $18 \cdot 10^{-30}$  м<sup>2</sup>. Конфигурация внеш. электронной оболочки атома  $3s^2 3p^3$ ; степени окисления –3, +3 и +5; энергия последоват. ионизации при переходе от  $\text{P}^0$  до  $\text{P}^{5+}$  (эВ): 10,486, 19,76, 30,163, 51,36, 65,02; средство к электрону 0,6 эВ; электроотрицательность по Полингу 2,10; атомный радиус 0,134 нм, ионные радиусы (в скобках указаны координац. числа) 0,186 нм для  $\text{P}^{3-}$ , 0,044 нм (6) для  $\text{P}^{3+}$ , 0,017 нм (4), 0,029 нм (5), 0,038 нм (6) для  $\text{P}^{5+}$ .

Среднее содержание Ф. в земной коре 0,105% по массе, в воде морей и океанов 0,07 мг/л. Известно ок. 200 фосфорных

минералов, все они представляют собой фосфаты. Из них важнейший – апатит, к-рый является основой фосфоритов. Практич. значение имеют также монацит  $\text{CePO}_4$ , ксенотим  $\text{YPO}_4$ , амблигонит  $\text{LiAlPO}_4(\text{F}, \text{OH})$ , трифилин  $\text{Li}(\text{Fe}, \text{Mn})\text{PO}_4$ , торбернит  $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ , отунит  $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \times \times 10\text{H}_2\text{O}$ , вивианит  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , пироморфит  $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$ , бирюза  $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

**Свойства.** Известно св. 10 модификаций  $\Phi$ ., из них важнейшие – белый, красный и черный  $\Phi$ . (техн. белый  $\Phi$ . наз. желтым  $\Phi$ .). Единой системы обозначений модификаций  $\Phi$ . нет. Некоторые св-ва важнейших модификаций сопоставлены в табл. Термодинамически устойчив при нормальных условиях кристаллич. черный  $\Phi$ . (Р I). Белый и красный  $\Phi$ . метастабильны, но вследствие малой скорости превращения могут практически неограниченное время сохраняться при нормальных условиях.

СВОЙСТВА ВАЖНЕЙШИХ МОДИФИКАЦИЙ ФОСФОРА

Показатель	Белый Р III	Красный Р II	Черный Р I
Сингония	Кубич.	Моноклинная	Ромбич.
Параметры элементарной ячейки:			
a, нм	1,851	1,02	0,33136
b, нм	—	0,936	0,4376
c, нм	—	2,51	1,0478
$\beta$ , град	—	118,8	—
z	224	84	8
Пространств. группа	$I43m$	$P2/c$	$Smc$
Плотн., г/см <sup>3</sup>	1,828	2,31	2,702
Т. пл., °C	44,14	593 <sup>a</sup>	1000 <sup>a</sup>
Т. возг., °C	287 <sup>b</sup>	429	453
$S_{298}^0$ Дж/(моль · К)	23,8	21,2	21,6
$\Delta H_{298}^0$ , кДж/моль	0,66	25,96	—
$\Delta H_{\text{возг.}}^0$ , кДж/моль	13,1 <sup>c</sup>	128,6	53,75
$\Delta H_{\text{обр.}}^0$ , кДж/моль	0	-17,4	-39,35
$S_{298}^0$ Дж/(моль · К)	41,1	22,85	22,7
Теплопроводность, Вт/(м · К)	0,56	—	—
Температурный коэф. линейного расширения, К <sup>-1</sup>	$3,76 \cdot 10^{-6}$	—	—
$\rho$ , Ом · м	$15,4 \cdot 10^{-8}$	$10^7$ - $10^{12}$	0,015
Температурный коэф. $\rho$ , К <sup>-1</sup>	$45,6 \cdot 10^{-3}$	—	$7,7 \cdot 10^{-3}$
Ширина запрещенной зоны, эВ	2,1	1,55	0,33
Магн. восприимчивость, $\kappa \cdot 10^{-9}$	-0,86	-0,67	-0,27

<sup>a</sup> Под давлением. <sup>b</sup> Т-ра кипения. <sup>c</sup>  $\Delta H_{\text{неп.}}$

Белый  $\Phi$ . ( $\alpha$ , Р III) образуется при конденсации паров и затвердевании расплава. Это белая прозрачная воскообразная масса (при охлаждении становится хрупкой) или прозрачные кристаллы, из-за высокой дисперсии света и большого показателя преломления похожие на алмазы. При -76,9 °C он превращается в  $\beta$ -модификацию белого  $\Phi$ . (Р IV) с плотн. 1,88 г/см<sup>3</sup> с гексагон. [по др. данным, с ромбич. или кубич. ( $a = 0,734$  нм)] кристаллич. решеткой;  $\Delta H$  перехода III → IV 0,522 кДж/моль. В структуре белого  $\Phi$ . содержится тетраэдрич. молекулы  $P_4$ . В  $\alpha$ -Р они могут свободно вращаться, в  $\beta$ -Р этого нет. Такие же молекулы наблюдаются в расплаве и парах  $\Phi$ . Только выше ~800 °C начинается диссоциация на молекулы  $P_2$ . При конденсации таких паров при -190 °C образуется неустойчивая модификация – коричневый  $\Phi$ ., состоящий, по-видимому, из молекул  $P_2$ . Выше -100 °C он превращается в смесь белого и красного (Р II)  $\Phi$ .

Зависимость давления пара белого  $\Phi$ . от т-ры: для твердого  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $19,0925 - 35291,4/T - 3,5 \lg T$  (273–317 К); для жидкого  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $4,512 - 2660/T + 1,243 \lg T$  (317,3–530 К). Расплавл. белого  $\Phi$ . очень легко переохлаждается. Плотн. расплава 1,749 г/см<sup>3</sup>.

Нагревание (без доступа воздуха) выше ~180 °C разрушает систему связей групп  $P_4$ , в результате чего начинается полимеризация, приводящая к превращению в красный  $\Phi$ . Описан целый ряд разновидностей красного  $\Phi$ ., различающихся по цвету – от оранжевого и ярко-красного до коричневого и черно-фиолетового, по плотности (2,0–2,4 г/см<sup>3</sup>), т-ре плавления (585–610 °C) и т. п. При 250–300 °C образуется амор-

фный красный  $\Phi$ . ( $\gamma$ -Р) с плотн. 2,16 г/см<sup>3</sup>; при 360–450 °C – моноклинный красный  $\Phi$ . (Р II,  $\delta$ -Р); при ~500 °C – другая моноклинная модификация, также образующаяся при нагр. белого  $\Phi$ . с Рb или Вi (т. наз.  $\Phi$ . Гитторфа, фиолетовый  $\Phi$ .) с параметрами решетки  $a = 0,924$  нм,  $b = 0,921$  нм,  $c = 2,23$  нм,  $\beta = 107,4^\circ$ . При длит. нагревании при ~600 °C образуется кубич. красный  $\Phi$ . (пространств. группа  $Pm3m$ ,  $a = 1,131$  нм,  $z = 66$ , плотн. 2,35 г/см<sup>3</sup>). Описаны также триклинный, тетрагон., гексагон. красный  $\Phi$ . и др. Превращение  $\Phi$ . белый →  $\Phi$ . красный ускоряется при действии УФ облучения, а также в присут. примесей  $I_2$ , S, Se и т. д. В структуре красного  $\Phi$ . существуют связанные между собой бесконечные цепи из тетраэдров  $P_4$ . В этой структуре м. б. выделены группировки  $P_8$  и  $P_9$ . При испарении и плавлении красного  $\Phi$ . (при атм. давлении он сублимируется и м. б. расплавлен при давлении 4,5 МПа) образуются молекулы  $P_4$ . Ур-ние зависимости давления пара твердого красного  $\Phi$ . от т-ры:  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $14,207 - 6300/T + 3,298T + 0,156 \lg T$  (298–866 К).

При давлении более 1,2 ГПа белый  $\Phi$ . переходит в кристаллич. черный  $\Phi$ . (Р I,  $\epsilon$ -Р). Для перехода красного  $\Phi$ . требуется более высокое давление (2,5 ГПа), нагревание до ~200 °C облегчает переход. При меньших давлениях образуется аморфный черный  $\Phi$ . ( $i$ -Р) с плотн. 2,25 г/см<sup>3</sup>. Кристаллич. черный  $\Phi$ . может быть получен и при атм. давлении – длит. нагреванием красного  $\Phi$ . с ртутью при ~300 °C в присут. затравки. Черный  $\Phi$ . графитоподобный, его структура состоит из слабо связанных между собой гофрированных слоев. При атм. давлении черный  $\Phi$ . возгоняется без плавления, ур-ние зависимости давления пара от т-ры  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $13,36 - 7560/T$ . Плавится он при ~1000 °C под давлением 1,8 ГПа, экстраполяция на атм. давление дает т. пл. 606 °C. При нагр. черный  $\Phi$ . при давлении собств. паров при 560–580 °C превращается в красный.

При давлении 8,6 ГПа образуется  $\Phi$ . V с ромбоэдрич. структурой типа  $\alpha$ -As с плотн. 3,56 г/см<sup>3</sup> (пространств. группа  $R3m$ ,  $z = 2$ ,  $a = 0,3524$  нм,  $\alpha = 57,25^\circ$ ). При 10 ГПа он переходит в модификацию VI с кубич. структурой типа NaCl ( $a = 0,2377$  нм,  $z = 1$ ) с плотн. 3,83 г/см<sup>3</sup>. Есть указания на существование при высоких давлениях и др. модификаций  $\Phi$ .

Белый и красный  $\Phi$ . – диэлектрики, черный  $\Phi$ . – полупроводник, модификации высокого давления, по-видимому, обладают металлич. св-вами. Сверхпроводимость наблюдается у модификаций Р V и Р VI ниже соотв. 4,7–6 К и 7,5–10 К (в зависимости от давления).

Белый  $\Phi$ . очень активен. При переходе к красному и особенно черному  $\Phi$ . хим. активность резко снижается. Белый  $\Phi$ . на воздухе светится в темноте, с чем исторически связано его наз. (греч.  $\rho\eta\sigma\phi\acute{o}\tau\omicron\varsigma$  – светоносный). Свечение обусловлено окислением (с образованием низших оксидов) паров  $\Phi$ . – белый  $\Phi$ . обладает заметной летучестью даже при низких т-рах. Мелкодисперсный белый  $\Phi$ . самовоспламеняется на воздухе, для компактного т. воспл. 34–50 °C. В воде почти не раств. ( $3 \cdot 10^{-4}\%$  при 15 °C), очень хорошо раств. в  $\text{CS}_2$  (89,8% при 10 °C), раств. в  $\text{PCl}_3$ ,  $\text{POCl}_3$ , жидких  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , мало раств. в этаноле (0,31%), диэтиловом эфире (1,04%), бензоле (3,2%),  $\text{CCl}_4$  (1,27%), глицерине (0,17%), уксусной к-те (~1%), ксилоле. Для красного и черного  $\Phi$ . р-рители не найдены.

Красный  $\Phi$ . при комнатной т-ре окисляется медленно, но нех-рые его образцы могут самовоспламениться из-за присут. следов белого  $\Phi$ ., а также наличия высокоактивного аморфного  $\Phi$ . по границам зерен. Т. воспл. красного  $\Phi$ . 210 °C (черного  $\Phi$ . ок. 500 °C), но большие кол-ва красного  $\Phi$ . при длит. хранении на воздухе могут загораться из-за повышения т-ры вследствие окисления.

При горении  $\Phi$ . образуется оксид  $P_4O_{10}$  (или  $P_2O_5$ , см. Фосфора оксиды). С парами воды  $\Phi$ . реагирует под давлением при 600–900 °C в присут. катализаторов (Pt, Cu и др.) с вытеснением  $\text{H}_2$  и образованием  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (см. Фосфорная кислота). Р-ры неокисляющих минеральных к-т на  $\Phi$ . не действуют,  $\text{HNO}_3$  окисляет его до  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . При нагр.  $\Phi$ . с р-рами щелочей выделяется фосфин  $\text{PH}_3$ . Белый  $\Phi$ . реагирует с

р-рами солей электроположит. металлов (Cu, Pb, Ag и др.), вытесняя их из р-ров с образованием фосфидов. Красный и черный Ф. этой способностью не обладают.

С водородом Ф. в обычных условиях не реагирует. Его гидриды (фосфины) получают косвенным путем. С фтором и белым и красным Ф. реагируют со взрывом. Белый Ф. воспламеняется в атмосфере хлора и паров брома, красный реагирует спокойно. Р-ция с иодом у белого Ф. идет даже при охлаждении, тогда как у красного – при нагревании. Во всех случаях образуются разл. фосфора галогениды. При нагрев. Ф. в атмосфере галогеноводородов образуются фосфин и соли фосфония.

Пары Ф. реагируют с азотом в электр. разряде или на накаленной вольфрамовой нити с образованием смеси аморфных нитридов  $P_3N_5$  и PN. Обычно нитрид  $P_3N_5$  (оранжево-коричневого цвета с плотн. 2,6 г/см<sup>3</sup>) получают взаимод.  $P_4S_{10}$  с  $NH_3$  при нагревании. При его термич. разложении при ~800 °С м.б. получен полимерный низший нитрид  $PN_x$  переменного состава ( $x = 0,7$  до 1,19). Нитриды Ф. инертны, холодная вода на них не действует, они не разлагаются при нагрев. в р-рах HCl, разб.  $HNO_3$ , р-рах щелочей, не реагируют с хлором, на воздухе начинают окисляться выше 250 °С. Нитрид  $P_3N_5$  используют как газопоглотитель в лампах накаливания и в галогенных лампах, для легирования кремния в технологии полупроводниковых материалов.

Белый Ф. при сплавлении с серой при т-рах до ~100 °С образует систему эвтектич. типа с ограниченными твердыми р-рами, выше ~230 °С компоненты реагируют с образованием серии сульфидов. Тетрафосфора трисульфид  $P_4S_3$  – лимонно-желтые кристаллы ромбич. сингонии ( $a = 1,063$  нм,  $b = 0,969$  нм,  $c = 1,372$  нм,  $z = 8$ , пространств. группа  $Pnmb$ ); т. пл. 172 °С, т. кип. 407 °С; плотн. 2,03 г/см<sup>3</sup>;  $C_p^0$  162,6 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{об}^0$  -130 кДж/моль;  $S_{298}^0$  203,3 Дж/(моль·К); т. воспл. 80–89 °С; горячей водой медленно разлагается; хорошо раств. в  $CS_2$  (50% при 17 °С), раств. в бензоле (2,5%), толуоле (3%); получают взаимод. желтого или красного Ф. и серы выше 250 °С в атмосфере  $CO_2$ ; очищают перегонкой или перекристаллизацией из  $CS_2$ ; компонент зажигат. смеси для спичечных коробок. Тетрафосфора декасульфид  $P_4S_{10}$  (или  $P_2S_5$ , пентасульфид) – серовато-желтые кристаллы триклинной сингонии ( $a = 0,907$  нм,  $b = 0,918$  нм,  $c = 0,919$  нм,  $\alpha = 92,4^\circ$ ,  $\beta = 101,2^\circ$ ,  $\gamma = 110,5^\circ$ ,  $z = 2$ , пространств. группа  $P1$ ); т. пл. 288 °С, т. кип. 514 °С; плотн. 2,09 г/см<sup>3</sup>;  $C_p^0$  296 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{об}^0$  -364 кДж/моль;  $S_{298}^0$  381,7 Дж/(моль·К); гигроскопичен, разлагается горячей водой; мало раств. в  $CS_2$ ; реагирует со спиртами и др. орг. р-рителями; получают аналогично  $P_4S_3$ ; используют в синтезе фторореагентов, антикоррозионных добавок к смазочным маслам, инсектицидов и др. Известны также  $P_4S_5$  и  $P_4S_7$  и моносульфид PS (аморфный и кристаллический), а также селенид  $P_4Se_3$  и теллурид  $Te_2P_2$ .

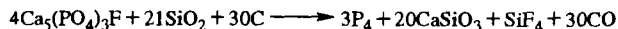
Пары Ф. реагируют с углеродом только выше 2000 °С. Косвенным путем, нагрев. р-цией  $PCl_3$  с  $Mg_2C_2I_2$ , можно получить карбид  $P_2C_5$  – светло-желтая аморфная масса, не взаимод. с водой, р-рами к-т и щелочей, но загорается на воздухе при самом слабом нагревании. С  $CO_2$  Ф. реагирует выше 650 °С с образованием СО и паров низших оксидов Ф. С СО не реагирует.

С кремнием пары Ф. взаимод. выше 1000 °С с образованием желто-коричневого с и л и ц и д а SiP, устойчивого до 1100 °С. Взаимод. гидридов  $PH_3$  и  $SiH_4$  получен  $Si_2P$  голубовато-черного цвета. Силициды Ф. устойчивы на воздухе, гидролизуются горячей водой, разлагаются р-рами щелочей, а также минеральных к-т при нагревании. С бромом, а также со всеми металлами, кроме Sb и Bi, Ф. реагирует при нагрев. с образованием фосфидов.

Ф. большей частью образует ковалентные связи как с одноименными атомами, так и с атомами др. элементов. Редкое исключение – частично ионные связи в нек-рых фосфидах. Обычно наблюдаются простые σ-связи. Часто образуются полимеры с такими связями (элементарный Ф., оксиды, полифосфаты и др.). Важнейшим соед. Ф. посвящены отдель-

ные статьи (см. Фосфора кислоты, Фосфаты неорганические, Фосфорорганические соединения и др.).

**Получение.** Ф. получают восстановлением фосфоритов или апатита коксом в присут.  $SiO_2$  в электродпечах при 1300–1500 °С по р-ции:



Образующиеся пары Ф. конденсируются на охлаждаемой пов-сти в виде белого (желтого) Ф. и собираются под слоем нагретой воды (60 °С). В случае присутствия в шихте оксидов железа в качестве побочного продукта получается феррофосфор – сплав фосфидов  $Fe_2P$  и  $Fe_3P$ .

Красный Ф. получают нагреванием белого без доступа воздуха в течение неск. часов при 375–400 °С.

Очищают белый Ф. отстаиванием или фильтрованием расплава, переплавкой под слоем разб. хромовой смеси, обработкой 10–20%-ным р-ром КОН при 90–100 °С, 50%-ной  $H_2SO_4$  и деионизированной водой при 41–50 °С, сублимацией или перегонкой в вакууме либо перегонкой с водяным паром в атмосфере  $CO_2$ , высокотемпературной обработкой паров (900–1200 °С) на кварцевой насадке, зонной плавкой. Кристаллы белого Ф. получают испарением р-рителя из его р-ров в  $CS_2$  или бензоле.

Красный Ф. очищают обработкой 3–5%-ными водными р-рами минеральных к-т при 70 °С, кипячением с 7%-ным р-ром щелочи, а затем кипячением с деионизированной водой. Ф. высокой чистоты получают гидридным методом – термич. разложением очищенного ректификацией фосфина.

**Определение.** Известные р-ции обнаружения и определения Ф. в осн. относятся к ортофосфатным ионам. Для качеств. обнаружения преим. применяют р-цию образования при действии молибдата аммония в азотнокислой среде желтого осадка (или желтого окрашивания р-ра) фосфоромолибдата аммония. Действие молибдата аммония в присут. бензидина или нек-рых др. восстановителей дает синее окрашивание (используют в виде капельной р-ции на Ф.). Аналогичная р-ция применяется для проявления пятен разл. фосфатов в бумажной хроматографии.

Наиб. употребительный гравиметрич. способ определения Ф. (если он находится в низших степенях окисления, его предварительно окисляют) – вышеуказанная р-ция осаждения фосфоромолибдата аммония с послед. пересаживанием в виде  $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  и прокаливанием осадка до  $Mg_2P_4O_7$  (весовая форма).

Титриметрич. фосфоромолибдатный метод заключается в осаждении фосфоромолибдата аммония, растворении осадка в титрованном р-ре щелочи и титровании его избытка р-ром к-ты. Близок к нему гидрооксихинолиномилибдатный метод – осаждение фосфоромолибдата 8-гидрооксихинолином с послед. растворением в щелочи и кислотным титрованием. Известны методы прямого титрования фосфатов солями разл. металлов (Ag, Pb, Bi, Ce и др.), а также методы осаждения нерастворимых фосфатов (Ag, Bi и т.п.) с послед. титриметрич. определением металлов.

Наиб. употребляемые фотометрич. методы определения Ф. основаны на р-ции образования желтого фосфоромолибденового комплекса или его восстановленной формы синего цвета.

Применяют разл. физ. методы определения Ф.: спектральные, атомно-адсорбционный, люминесцентный, ЯМР, радиоактивационный и др. Для отделения Ф. от др. элементов чаще всего используют экстракционные методы. Для разделения разл. фосфатных анионов обычно применяют бумажную хроматографию.

**Применение.** Осн. долю всего добываемого Ф. (~90%) используют для получения  $P_2O_5$  и т. наз. термической фосфорной к-ты, применяемой в произ-ве разл. фосфорных удобрений и разнообразных фосфатов, в т.ч. для животноводства (минеральных подкормок). Используют Ф. также для получения разнообразных фосфорсодержащих неорг. и орг. соединений. Белый Ф. применяют в качестве дымообразующего и зажигат. ср-ва, для изготовления трассирующих боеприпасов.

Красный Ф. используют в спичечной пром-сти как осн. компонент обмазки зажигаг. пов-сти спичечных коробков, как компонент термопластичных композиций, в произ-ве ламп накаливания – как газополотитель.

В металлургии Ф. применяют как раскислитель при получении нек-рых сплавов, напр. хромаля, как легирующую добавку (фосфористый чугун содержит до 0,8% Р, нек-рые стали до 0,3% Р, фосфористая бронза до 1,2% Р), как компонент припоев и антифрикционных сплавов, магнетомягких сплавов, для фосфатирования пов-сти стальных изделий с целью увеличения их коррозионной стойкости, для получения ферромагн. пленок в элементах памяти вычислит. машин. Ф. высокой чистоты используют для получения полупроводниковых фосфидов, в осн. типа А<sup>III</sup>В<sup>V</sup>.

Мировое произ-во Ф. (без стран СНГ) ок. 1 млн. т в год. Осн. производители – США, Германия, Нидерланды, Канада.

Белый Ф. очень ядовит – смертельная доза для человека 0,05–0,15 г. Симптомы острого отравления: желудочно-кишечные расстройства, сердечная недостаточность. При хронич. отравлении происходит изменение костей, в частности омертвление челюстей. Попадая на кожу, белый Ф. воспламеняется, давая тяжелые ожоги. ПДК в воздухе рабочей зоны 0,03 мг/м<sup>3</sup>. Хранят белый Ф. под слоем воды или незамерзающего р-ра (CaCl<sub>2</sub> или NaCl, ZnCl<sub>2</sub>) в темноте.

Красный Ф. менее токсичен, но его пыль может вызывать хронич. отравление, а также пневмонию, поражение кожи. Т. к. красный Ф. может воспламениться, в частности, при трении и ударе, разбивать его слитки рекомендуется орудиями из тефлона. Черный Ф. не токсичен, может обрабатываться без особых предосторожностей.

Ф. получил в 12 в. арабский алхимик Ахад Бехиль. В Европе Ф. впервые был получен Х. Брандом в 1669.

Лит.: Везер В. Дж., Фосфор и его соединения, пер. с англ., М., 1962; Астахов К. В., Фосфор, М., 1972; Аналитическая химия фосфора, М., 1974; Ершов В. А., Технология производства фосфора, Л., 1978; Технология фосфора, Л., 1979; Корбридж Д., Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии, пер. с англ., М., 1982; Миллер Т. Н., Витола А. А., Неорганические соединения фосфора с азотом, Рига, 1986; Физико-химические и технологические основы процесса получения красного фосфора, М., 1987.

П. И. Федоров.

**ФОСФОРА ГАЛОГЕНИДЫ**, тригалогениды РХ<sub>3</sub>, пентагалогениды РХ<sub>5</sub> (Х = F, Cl, Br), смешанные галогениды, напр. РСl<sub>2</sub>F<sub>3</sub>, РСl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, окси-РОХ<sub>2</sub> и тиогалогениды РSX<sub>3</sub>, низшие галогениды – галогениды Р(II), напр. Р<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>, Р<sub>2</sub>I<sub>4</sub>. Св-ва Ф. г. приведены в табл. РСl<sub>3</sub>, РВг<sub>3</sub>, РОСl<sub>3</sub>, РSCl<sub>3</sub>, Р<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> – бесцв. жидкости; РI<sub>3</sub> – красные кристаллы гексагон. сингонии; РСl<sub>5</sub> –

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ГАЛОГЕНИДОВ ФОСФОРА

Соединение	Т. пл., °С	Т. кип., °С	Плотн., г/см <sup>3</sup>	S <sup>0</sup> <sub>298</sub> <sup>0</sup> Дж/(моль·К) <sup>а</sup>	ΔH <sup>0</sup> <sub>обр.</sub> кДж/моль	S <sup>0</sup> <sub>298</sub> <sup>0</sup> Дж/(моль·К)
PF <sub>3</sub>	-151,5	-101,5	3,907 г/л	58,69	-957,4	272,95
PCl <sub>3</sub>	-90,34	75,3	1,57	71,59	-289,5	311,60
PBr <sub>3</sub>	-40,5	175,3	2,87	—	-175,7 <sup>б</sup>	57,4 <sup>б</sup>
PI <sub>3</sub>	61,0	Разлагается	3,89	—	-46,0 <sup>в</sup>	—
PF <sub>5</sub>	-93,75	-84,55 <sup>в</sup>	5,805 г/л	84,70	-1593,3	300,92
PCl <sub>5</sub>	160	159 <sup>в</sup>	2,11	113,32	-376,0	367,11
PBr <sub>5</sub>	—	106 (с разл.)	3,57	—	-230,0 <sup>в</sup>	—
PFCl <sub>4</sub>	-60,0	—	—	107,85	-646,1	357,89
PCl <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	-132	—	—	93,0	-1365,0	326,76
PCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	-125	10	5,4 г/л	97,35	-1122,1	335,33
PBr <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	-20	—	—	—	—	—
POF <sub>3</sub>	39,8	-40,15	3,7 <sup>б</sup>	68,87	-1252,0	285,31
POCl <sub>3</sub>	1,18	107,2	1,65	84,35	-568,4	324,5
POBr <sub>3</sub>	55,0	192	2,82	—	-479,5 <sup>в</sup>	—
PSCl <sub>3</sub>	-36,2	125	1,63	—	—	—
(α-форма)	-40,8 (β)	—	—	—	—	—
P <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	-28,0 (с разл.)	—	—	—	—	—
P <sub>2</sub> I <sub>4</sub>	126,1	—	4,18	—	—	—

<sup>а</sup> Для газа. <sup>б</sup> Для жидкости. <sup>в</sup> Для кристаллов. <sup>г</sup> Т-ра возгонки. <sup>д</sup> Относительно воздуха.

бесцв. зеленоватые кристаллы тетрагон. сингонии; РОВг<sub>3</sub> – бесцв. кристаллы; РВг<sub>5</sub> – красновато-желтые кристаллы ромбич. сингонии; Р<sub>2</sub>I<sub>4</sub> – оранжевые кристаллы триклинной сингонии, т. пл. 126,1 °С, плотн. 4,18 г/см<sup>3</sup>; остальные – бесцв. газы. Молекулы Ф. г. сравнительно малополярны.

Молекулы РХ<sub>3</sub> имеют конфигурацию тригон. пирамиды с атомом Р в вершине. Длина связи Р – Х меняется от 0,155 нм для PF<sub>3</sub> до 0,255 нм для PI<sub>3</sub>, угол РХХ ~ 100°. Полярность молекул падает при переходе от PF<sub>3</sub> к PI<sub>3</sub>, т-ра плавления растет в результате увеличения межмол. взаимодействия. Три хлорид РСl<sub>3</sub> дымит во влажном воздухе (из-за гидролиза с выделением HCl), энергично взаимодей. с водой, образуя фосфористую и соляную к-ты. Хорошо раств. в диэтиловом эфире, бензоле, СНCl<sub>3</sub>, CS<sub>2</sub>, ССl<sub>4</sub>. Получают пропусканием Cl<sub>2</sub> в р-р белого Р в CS<sub>2</sub> или сжиганием Р в атмосфере сухого Cl<sub>2</sub>. Применяют для получения РСl<sub>5</sub>, РОСl<sub>3</sub>, РSCl<sub>3</sub>, фосфор-орг. соед., в произ-ве красителей, лек. ср-в, инсектицидов (эфиры тиофосфорных к-т) и ПАВ. Токсичен, ПДК 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

Молекулы пентахлорида РСl<sub>5</sub>, находящегося в жидком или газообразном состоянии, имеют конфигурацию тригон. бипирамиды с атомом Р в основании. Расстояния Cl–Cl в основании бипирамиды 0,308 нм, длина экваториальной связи Р – Cl 0,21 нм, апикальной – 0,225 нм. Твердый РСl<sub>5</sub> построен из тетраэдрич. ионов РСl<sub>4</sub><sup>+</sup> и октаэдрических РСl<sub>6</sub><sup>-</sup>. Длина связей Р – Cl в тетраэдре 0,197 нм, в октаэдре 0,204 нм (экваториальные) и 0,208 нм (апикальные). В парах выше 300 °С полностью разлагается на РСl<sub>3</sub> и Cl<sub>2</sub>, ΔH р-ции 129,7 кДж/моль. Гидролизуетс водой сначала до РОСl<sub>3</sub>, затем до Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub>. Лучший р-ритель для РСl<sub>5</sub> – ССl<sub>4</sub>, раств. также в CS<sub>2</sub>. При взаимодей. РСl<sub>5</sub> с NH<sub>4</sub>Cl получается фосфонитрилхлорид РNCl<sub>2</sub>, образующий при 120–150 °С циклич. тример, к-рый выше 300 °С дает неорг. полимер (Cl<sub>2</sub>Р=N)<sub>n</sub> (см. Полифосфазены). Получают РСl<sub>5</sub> взаимодей. РСl<sub>3</sub> с избытком Cl<sub>2</sub>, а также пропусканием Cl<sub>2</sub> в р-р РСl<sub>3</sub> в CS<sub>2</sub>. РСl<sub>5</sub> – хлорирующий агент, его используют при получении хлорангидридов фосфорных к-т, фосфоновых к-т из олефинов, в произ-ве лек. ср-в и красителей. Токсичен, ПДК 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

Молекула оксихлорида РОСl<sub>3</sub> имеет форму искаженного тетраэдра с атомом Р в центре; μ 8,01 · 10<sup>-30</sup> Кл·м. Полярный р-ритель, подвергается самоионизации (РОСl<sub>3</sub> ⇌ РОСl<sub>2</sub><sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup>), раств. неорг. соли, напр. NaCl, NH<sub>4</sub>Cl. Хорошо раств. в бензоле, СНCl<sub>3</sub>, ССl<sub>4</sub>, CS<sub>2</sub>. Сильно дымит во влажном воздухе, гидролизуетс водой до Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub>. Получают пропусканием О<sub>2</sub> через РСl<sub>3</sub> при 20–50 °С, взаимодей. РСl<sub>5</sub> с Р<sub>2</sub>О<sub>3</sub> или Н<sub>2</sub>С<sub>2</sub>О<sub>4</sub>. Применяют для получения инсектицидов, орг. фосфатов Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub>, в частности трибутилфосфата. Токсичен, ПДК в воздухе рабочей зоны 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

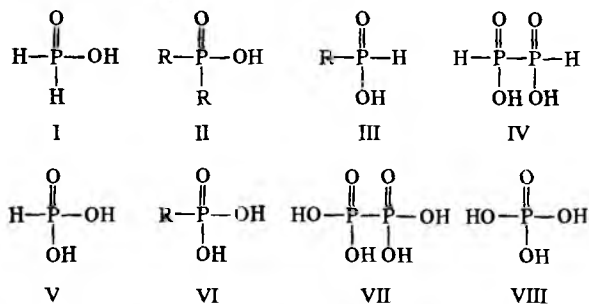
Тиохлорид РSCl<sub>3</sub> по св-вам близок к РОСl<sub>3</sub>; получают взаимодей. S с РСl<sub>3</sub> в автоклаве в присут. AlCl<sub>3</sub>. Используют в произ-ве инсектицидов (эфиры тиофосфорных к-т).

Фториды и бромиды Р получают из простых в-в, РF<sub>3</sub> применяют в произ-ве фторофосфатов, как ингибитор коррозии металлов в среде N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.

Лит.: Везер В. Дж., Фосфор и его соединения, пер. с англ., М., 1962; Угай Я. А., Неорганическая химия, М., 1989. Я. А. Угай.

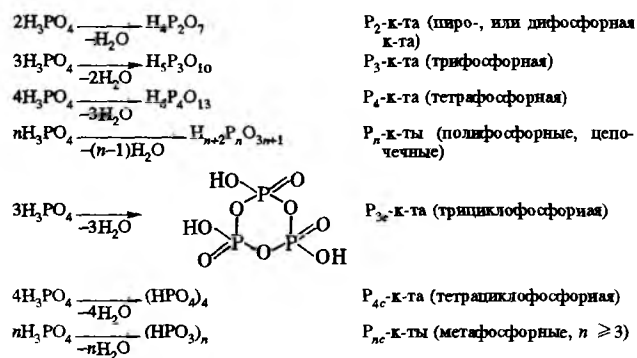
**ФОСФОРА КИСЛОТЫ**, кислородные к-ты фосфора в степенях окисления от +1 до +5. Построены из структурных единиц ХУР(О)ОН, где Х и Y – О, Р, N либо орг. радикал (см. Фосфорорганические соединения). Сокращенная запись ф-л Ф. к. по Блязеру и Вормсу (Р-к-та, Р-к-та и т. д., в индексе над атомом Р указывается его степень окисления) позволяет различать изомеры к-т одинакового состава, напр. изомеры к-ты Н<sub>4</sub>Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> – к-ты Р–О–Р и Р–Р. Примеры Ф. к.: Р-к-ты – фосфорноватистая (гипофосфористая) Н<sub>3</sub>РО<sub>2</sub> (ф-ла I), *фосфиновые кислоты* RR'P(О)ОН (II), *фосфонистые кислоты* RН<sub>2</sub>Р(О)<sub>2</sub> (III); Р-Р-к-та – гиподифосфорная Н<sub>4</sub>Р<sub>2</sub>О<sub>4</sub> (IV); Р-к-ты – фосфористая Н<sub>3</sub>РО<sub>3</sub> (V), *фосфоновые кислоты* RP(О)(ОН)<sub>2</sub> (VI); Р-Р-к-та – фосфорноватая (гипофосфорная) Н<sub>4</sub>Р<sub>2</sub>О<sub>6</sub> (VII); Р-к-та – *фосфорная кислота* (ортофосфорная) Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub> (VIII).





В кристаллич. состоянии выделены к-ты: одноосновные  $\text{H}_3\text{PO}_2$ ,  $(\text{HPO}_3)_n$ ; двухосновные  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$  ( $\overset{3}{\text{P}}-\overset{3}{\text{O}}-\overset{3}{\text{P}}$ ),  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$  ( $\overset{4}{\text{P}}-\overset{4}{\text{P}}$ ); трехосновные  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$  ( $\overset{2}{\text{P}}-\overset{4}{\text{P}}$ ),  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$  ( $\overset{3}{\text{P}}-\overset{4}{\text{P}}$ ); четырехосновная  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  ( $\overset{5}{\text{P}}-\overset{4}{\text{P}}$ ); пятиосновная  $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_8$  ( $\overset{3}{\text{P}}-\overset{3}{\text{P}}-\overset{3}{\text{P}}$ ); шестиосновная  $\text{H}_6\text{P}_6\text{O}_{12}$  [циклич., или  $(\overset{3}{\text{P}}-\overset{3}{\text{P}})_{3c}$ -к-та].

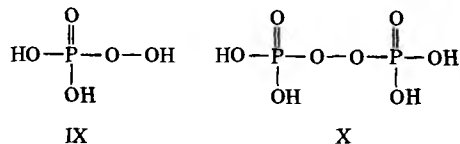
Анионной конденсацией  $\text{H}_3\text{PO}_4$  с отщеплением воды получают конденсированные к-ты, в молекулах к-рых тетраэдрич. группы  $\text{PO}_4$ , соединенные между собой через общий атом O, образуют цепи (полифосфорные к-ты), кольца (метафосфорные к-ты), разветвленные структуры (ультрафосфорные к-ты):



При  $n \rightarrow \infty$   $\text{P}_n$ - и  $\text{P}_{nc}$ -к-ты неразличимы. Молярное отношение  $\text{H}_2\text{O}:\text{P}_2\text{O}_5 = R$  в гомологии. ряду  $\text{P}_{nc}$ -к-т не меняется ( $R=1$ ), в ряду  $\text{P}_n$ -к-т при росте  $n$  уменьшается в пределах  $3 \geq R \geq 1$ . При  $R \leq 3$  к-ты представляют собой смеси, состав к-рых характеризуется молекулярно-массовым распределением анионов. По мере уменьшения  $R$  смеси обогащаются высшими к-тами, при этом вязкость к-т увеличивается вплоть до образования твердой массы. Вблизи значения  $R=1$  в смесях появляются  $\text{P}_{nc}$ -к-ты, а также ультрафосфорные к-ты сетчатого строения (область их существования  $1,2 \geq R \geq 0,7$ ). В качестве товарного продукта выпускают умеренно вязкую фосфорную к-ту ( $2,5 > R > 1,5$ ), из к-рой получают жидкие удобрения и комплексные удобрения. В медицине используют аденозинфосфорные кислоты (орг.  $\text{P}_n$ -к-ты), в орг. синтезе — конц. полифосфорные к-ты. Индивидуальные к-ты [хроматографически чистые  $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ,  $(\text{HPO}_3)_3$  и др.] обычно получают из солей ионным обменом в виде разб. водных р-ров, где они постепенно разрушаются по схеме:  $\text{P}_{3c} \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \text{P}_3 \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \text{P}_2 + \text{P}_1 \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} 3\text{P}_1$ . Это сильные или средней силы к-ты: для  $\text{P}_3$ -к-ты  $pK_2$  1,2,  $pK_3$  2,1,  $pK_4$  5,7,  $pK_5$  8,6; для  $\text{P}_{4c}$ -к-ты  $pK_1$  2,6,  $pK_2$  6,4,  $pK_3$  8,8,  $pK_4$  11,4.

Существуют конденсированные Ф. к. с разным сочетанием атомов P в разл. степенях окисления. К ним м. б. отнесены изомеры трифосфорных к-т  $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_9$  ( $\overset{3}{\text{P}}-\overset{5}{\text{O}}-\overset{5}{\text{P}}-\overset{5}{\text{P}}$  и  $\overset{5}{\text{O}}-\overset{4}{\text{P}}-\overset{4}{\text{P}}$ ),  $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_8$  ( $\overset{3}{\text{P}}-\overset{4}{\text{O}}-\overset{4}{\text{P}}-\overset{4}{\text{P}}$  и  $\overset{4}{\text{O}}-\overset{3}{\text{P}}-\overset{3}{\text{P}}$ ). Известны над-

фосфорные к-ты с терминальной или срединной пероксо- группой: пероксофосфорная (IX), пероксопирофосфорная (X).



Фосфорноватистая к-та  $\text{H}_3\text{PO}_2$ : т. пл. 26,5 °С; плотн. 1,49 г/см<sup>3</sup>;  $\Delta H_{\text{ср}}^0$  -608,2 кДж/моль;  $K$  8,9·10<sup>-2</sup>, при нагр. выше 50 °С начинает разлагаться на  $\text{PH}_3$ , красный P,  $\text{H}_2\text{PO}_4$  и  $\text{H}_2$ ; хорошо раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире; сильный восстановитель, нагр. при никелировании металлов; образует соли — гипофосфиты неорганические, нагр.  $\text{Na}(\text{H}_2\text{PO}_2) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; получают ее взаимод. гипофосфитов с  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или щавелевой к-той, окислением  $\text{PH}_3$  иодом в слабодиссоциирующей водной среде; используют как антиоксидант для алкидных смол, светостабилизатор для полиамидов и поливинилхлорида, стабилизатор пены при получении пенополиуретанов.

Фосфорноватая к-та  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ : т. пл. 70 °С;  $\Delta H_{\text{ср}}^0$  -1638,6 кДж/моль;  $K_1$  6·10<sup>-3</sup>,  $K_2$  5·10<sup>-3</sup>,  $K_3$  5,4·10<sup>-8</sup>,  $K_4$  9,3·10<sup>-11</sup>; образует моно- и дигидраты, на воздухе расширяется; раств. в воде, в конц. водных р-рах выше 30 °С разлагается на  $\text{H}_3\text{PO}_3$  и  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; окисляется  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  до  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; получают окислением воздухом р-ров  $\text{H}_3\text{PO}_2$  или P, взаимод. хлорной извести с P. Соли  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$  — гипофосфаты, нагр.  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_6 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; соли щелочных металлов хорошо раств. в воде, щел.-зем. и тяжелых металлов не раств.; при нагр. в воде гидролизуются до гипофосфитов и фосфатов.

Фосфористая к-та  $\text{H}_3\text{PO}_3$ : т. пл. 73,6 °С; плотн. 1,65 г/см<sup>3</sup>;  $\Delta H_{\text{ср}}^0$  -970,6 кДж/моль;  $K_1$  5,1·10<sup>-2</sup>,  $K_2$  1,8·10<sup>-7</sup>; р-римость в воде 75,6% по массе (0 °С), 87,4% (40 °С); при нагр. в воде окисляется до  $\text{H}_3\text{PO}_4$  с выделением  $\text{H}_2$ ; восстановитель, осаждает Pt, Pd, Ag, Au и др. металлы из р-ров их солей; получают гидролизом  $\text{PCl}_3$ , р-рением  $\text{P}_2\text{O}_3$  в воде или взаимод. солей  $\text{H}_3\text{PO}_3$  с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Соли  $\text{H}_3\text{PO}_3$  — фосфиты, нагр.  $\text{NaH}_2\text{PO}_3 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ ; плохо раств. в воде (кроме солей щелочных металлов); при нагр. разлагаются на ортофосфаты и производные P в низших степенях окисления; в водных р-рах легко окисляются до ортофосфатов; получают нейтрализацией  $\text{H}_3\text{PO}_3$  гидроксидами металлов; восстановители в неорг. синтезе, стабилизаторы поливинилхлорида (фосфит Pb).

Пирофосфорная к-та  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  существует в двух полиморфных модификациях с т. пл. 54,3 и 71,5 °С, т. пл. смеси 61 °С;  $\Delta H_{\text{ср}}^0$  -2248,8 кДж/моль;  $K_1$  10<sup>-1</sup>,  $K_2$  10<sup>-2</sup>,  $K_3$  2,7·10<sup>-7</sup>,  $K_4$  2,4·10<sup>-10</sup>; р-римость в воде 87,6% по массе (23 °С); образует моно-, пента- и гексагидраты; получают упариванием  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , взаимод.  $\text{P}_2\text{O}_5$  с  $\text{H}_3\text{PO}_4$  с послед. кристаллизацией из р-ра при соотношении  $\text{H}_2\text{O}:\text{P}_2\text{O}_5 = 2$ , ионным обменом из р-римых в воде пирофосфатов. Соли  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  — пирофосфаты (см., нагр., Натрия фосфаты).

О солях и эфирах Ф. к. см. Фосфаты конденсированные, Фосфаты неорганические, Фосфаты органические, Фосфиты органические.

Лит.: Продав Е. А., Продав Л. И., Ермоленко Н. Ф., Триполифосфаты и их применение, Минск, 1969, с. 286-93; Корбрядж Д. Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии, пер. с англ., М., 1982, с. 112-89.

Е. А. Продав.

**ФОСФОРА ОКСИДЫ.** В качестве индивидуальных в-в установлены:  $\text{P}_4\text{O}$ ,  $\text{P}_4\text{O}_2$  ( $\text{P}_2\text{O}$ ),  $\text{P}_4\text{O}_6$  ( $\text{P}_2\text{O}_3$ ),  $\text{P}_4\text{O}_8$ ,  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ),  $\text{PO}_3$ ; молекулы изображенных в скобках Ф. о. существуют в виде димеров. Теоретически показана вероятность существования (при окислении паров P) метастабильных Ф. о. ряда  $\text{P}_4\text{O}_n$ , где  $n = 6-9$ , и продуктов их диссоциации —  $\text{PO}$ ,  $\text{PO}_2$ . Молекула  $\text{PO}$  обнаруживается лишь спектроскопически в парах. Наиб. изучены  $\text{P}_4\text{O}_6$  и  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ . Нек-рые св-ва Ф. о. представлены в таблице.

Монооксид тетрафосфора  $\text{P}_4\text{O}$  — красно-бурые кристаллы; плотн. 1,891 г/см<sup>3</sup>; при 270-280 °С воспламеняет-

СВОЙСТВА ОКСИДОВ ФОСФОРА

Показатель	P <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	P <sub>4</sub> O <sub>8</sub>	P <sub>4</sub> O <sub>10</sub>		
			H	O	O'
Т. пл., °С	23,9	—	420,5	562,5	580,5
Т. кип., °С	174	180 <sup>а</sup>	340,5 <sup>б</sup>	605,5	605,5
Плотн., г/см <sup>3</sup>	2,135	2,537	2,28	2,72	2,84
S <sup>о</sup> <sub>р</sub> , Дж/(моль · К)	148,6 <sup>а</sup>	169,9 <sup>а</sup>	215,6	—	—
ΔH <sup>о</sup> <sub>ср</sub> , кДж/моль	-1606 <sup>а</sup>	-2302 <sup>а</sup>	-3010,1	—	—
S <sup>о</sup> <sub>298</sub> , Дж/(моль · К)	356,3 <sup>а</sup>	394,7 <sup>а</sup>	231	—	—
ΔH <sup>о</sup> <sub>ср</sub> , кДж/моль	14,1	—	27,2	74,1	63,6
ΔH <sup>о</sup> <sub>ср</sub> , кДж/моль	48,0	—	67,8	78,3	78,3

<sup>а</sup> Для газа, для твердого P<sub>4</sub>O<sub>6</sub> ΔH<sup>о</sup><sub>ср</sub> -1668 кДж/моль. <sup>б</sup> Т-ра возгонки.

ся; в сухом воздухе устойчив до 350 °С, при нагревании в инертном газе разлагается с выделением Р и Р<sub>4</sub>O<sub>10</sub>; с водой не реагирует, во влажном состоянии разлагается на воздухе выше 100 °С. Образуется Р<sub>4</sub>O при сжигании Р в недостатке кислорода, при взаимодействии РОСl<sub>3</sub> с Al, Zn (100 °С) или белым фосфором (250 °С), а также при длительной выдержке на воздухе р-ра Р в РСl<sub>3</sub> и диэтиловом эфире.

Диоксид тетрафосфора Р<sub>4</sub>O<sub>2</sub> (Р<sub>2</sub>O) – желто-красные кристаллы; при нормальном давлении устойчив до 100 °С, в вакууме – до 135 °С, при более высоких температурах разлагается с выделением Р; с водой не реагирует, в запаянной трубке в среде воздуха водный р-р Р<sub>4</sub>O<sub>2</sub> окисляется до Н<sub>3</sub>РО<sub>3</sub>; устойчив в сухом воздухе, не растворяется в этаноле, ацетоне и др. Получают Р<sub>4</sub>O<sub>2</sub> продуванием О<sub>2</sub> или воздуха через р-р белого Р в ССl<sub>4</sub> при 50–60 °С, а также нагреванием РОСl<sub>3</sub> и Н<sub>4</sub>РВг<sub>2</sub> до 773 °С в запаянной трубке. Р<sub>4</sub>O<sub>2</sub> восстанавливает Fe<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>; это св-во Р<sub>4</sub>O<sub>2</sub> используют для восстановления примесей Fe в экстракционной Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub>.

Гексаоксид тетрафосфора (устар. назв. – фосфористый ангидрид) Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub> – белые хлопья или кристаллы с неприятным запахом. Структура молекулы твердого Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub> показана на рис. 1; давление пара 9,34 кПа (343 К); более устойчив, чем Р<sub>4</sub>O и Р<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, выше 200 °С разлагается с частичным отщеплением элементарного (красного) Р и разл. оксидов (Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub>, Р<sub>4</sub>O<sub>10</sub>); вблизи точки затвердевания кристаллизуется. Хорошо растворяется в орг. р-рителях (бензоле, СS<sub>2</sub>), что используют для очистки Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub> перекристаллизацией. В 100 г Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub> раств. до 1,7 г Р, к-рый м. б. извлечен путем перевода в красный Р при УФ облучении с послед. растворением оксида в СS<sub>2</sub>.

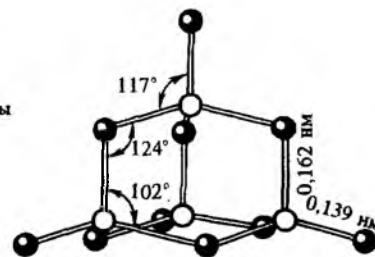
Рис. 1. Строение молекулы Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub>. ● – атом О, ○ – Р; плоскость симметрии проходит через атомы Р<sup>(1)</sup>, Р<sup>(II)</sup>, О<sup>(2)</sup>, О<sup>(3)</sup>.

В обычных условиях Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub> медленно окисляется до Р<sub>4</sub>O<sub>10</sub>. В атмосфере сухого разреженного О<sub>2</sub> он окисляется при 40 °С, во влажном О<sub>2</sub> – при 130 °С, сухой Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub> устойчив в сухом О<sub>2</sub> до 77–127 °С, в воздухе – до 450 °С. При сильном нагревании в отсутствие воздуха разлагается на Р и Р<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. При растворении в холодной воде образует Н<sub>3</sub>РО<sub>3</sub>, в горячей – Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub>, РН<sub>3</sub> и Р. С НСl дает Н<sub>3</sub>РО<sub>3</sub> и РСl<sub>3</sub>, энергично реагирует с Cl<sub>2</sub>, Вг<sub>2</sub>, I<sub>2</sub> и S выше 150 °С. Образуется Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub> при сжигании Р с ограниченным доступом сухого воздуха. Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub> ядовит.

Октаоксид тетрафосфора Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub> – белые хлопья или кристаллы. Молекула оксида в газообразном состоянии соответствует ф-ле Р<sub>8</sub>O<sub>16</sub>. В кристалле она имеет сложную структуру и включает агрегаты от мономера до тримера (Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub>, Р<sub>8</sub>O<sub>16</sub>, Р<sub>12</sub>O<sub>24</sub>). Известны две кристаллич. формы Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub>. Ромбоэдрич. α-форма содержит молекулы Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub> и Р<sub>4</sub>O<sub>9</sub> в разл. соотношениях и имеет средний состав в пределах Р<sub>4</sub>O<sub>8,1</sub>–Р<sub>4</sub>O<sub>9,0</sub>. Моноклинная β-форма состоит из молекул Р<sub>4</sub>O<sub>7</sub> и Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub>; ее состав: Р<sub>4</sub>O<sub>7,7</sub>–Р<sub>4</sub>O<sub>8,0</sub>. Имеются данные о существовании аморфной формы Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub>.

Октаоксид устойчив при нагревании до 100 °С, возгоняется при 180 °С; окисляется до Р<sub>4</sub>O<sub>10</sub> в среде чистого О<sub>2</sub> выше 400 °С. Кристаллич. Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub> расплывается на воздухе, хорошо растворяется в воде, но не растворяется в орг. р-рителях. При растворении в воде дает равное кол-во молей Н<sub>3</sub>РО<sub>3</sub> и НРО<sub>3</sub>. Водные р-ры Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub> с трудом окисляются до Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub>. Оксид Р<sub>4</sub>O<sub>8</sub> образуется при низкотемпературном сжигании Р в ограниченном кол-ве воздуха или при нагревании Р<sub>4</sub>O<sub>6</sub> в течение 48 ч в запаянной трубке при 200–250 °С.

Рис. 2. Строение молекулы Р<sub>4</sub>O<sub>10</sub> (H-форма).



Декаоксид тетрафосфора Р<sub>4</sub>O<sub>10</sub> (или Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, пентаоксид; устар. назв. – фосфорный ангидрид) – бесцветное аморфное, стекловидное (G-форма) или кристаллич. в-во. Существуют две метастабильные кристаллич. модификации: гексагон. H-форма (a = 0,744 нм, α = 87°, пространств. гр. R3C) и орторомбич. O-форма (a = 0,923 нм, b = 0,718 нм, c = 0,494 нм, пространств. гр. Pnam); одна стабильная – орторомбич. O'-форма (a = 1,63 нм, b = 0,814 нм, c = 0,526 нм, пространств. гр. Fdd2; по нек-рым данным, тетрагон. T-форма). Структура молекулы Р<sub>4</sub>O<sub>10</sub> H-формы построена из 4 групп Р<sub>4</sub> в виде тетраэдра, вершины к-рого занимают атомы Р; 6 атомов О располагаются вдоль ребер, а 4 – по оси третьего порядка тетраэдра (рис. 2). Другие модификации имеют слоистую полимерную структуру, также построенную из тетраэдров РО<sub>4</sub>, к-рые объединены в кольца – 10-членные в случае O-формы и 6-членные в случае O'-формы (рис. 3). H-форма переходит в O-форму при 300–360 °С (переход заканчивается при 378 °С), а также при нагревании (127 °С) в течение 2 ч в запаянной ампуле. При нагревании O-формы в запаянной трубке

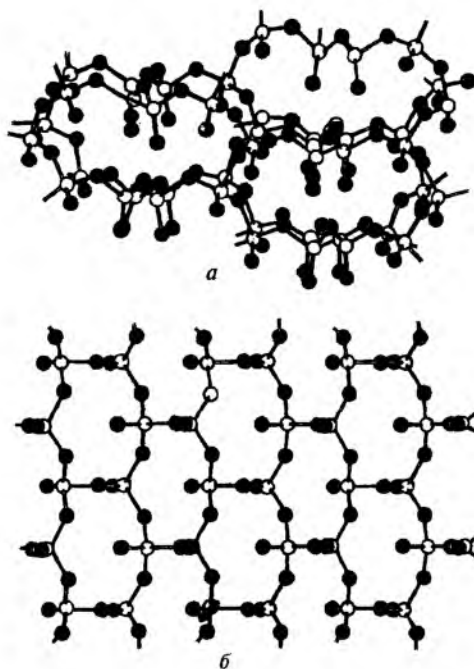


Рис. 3. Структура Р<sub>4</sub>O<sub>10</sub>: а – O-форма; б – O'-форма.

## 150 ФОСФОРА

(при 450 °С) в течение 24 ч образуется более устойчивая *O'*-форма. При плавлении *H*-формы получается, по-видимому, мономолекулярная жидкость, при плавлении *O*- и *O'*-модификаций – полимерная форма жидкого  $P_4O_{10}$ . Тройные точки: для *H*-формы 420,5 °С, давление 478,8 кПа; для *O*-формы 562,5 °С, 58,0 кПа; для *O'*-формы 580,5 °С, 73,82 кПа.

$P_4O_{10}$  очень гигроскопичен (*H*-форма поглощает воду даже со взрывом), что делает его одним из наиб. эффективных осушителей.  $P_4O_{10}$  – сильный дегидратирующий агент, напр.:  $4HClO_4 + P_4O_{10} \rightarrow (HPO_3)_4 + 2Cl_2O_7$ . Превращает также  $H_2SO_4$  в  $SO_3$ ,  $HNO_3$  – в  $N_2O_4$ , амиды – в нитрилы и т. д. Реагирует как со спиртами, эфирами, так и с фенолами, к-тами и др.; при этом происходит разрыв связей  $P-O-P$  и образуются фосфорорг. соединения. Реагирует с  $NH_3$  и с галогеноводородами, давая соотв. конденсированные фосфаты аммония и оксигалогениды *P*. С основными оксидами в зависимости от условий образует разл. фосфаты.

Газофазная полимеризация  $P_4O_{10}$  с образованием полифосфатов на твердых пористых оксидных системах обеспечивает широкие возможности создания новых композиционных неорг. материалов с заданными св-вами. Разработаны методы введения полифосфатных пленок р-цией  $P_4O_{10}$  с оксидными модификаторами, входящими в состав пористых керамич. систем (напр., форстерита  $2MgO \cdot SiO_2$ ); хемосорбция паров  $P_4O_{10}$  на пористой системе приводит к образованию слоев полифосфатов. Полученный материал обладает повышенной стойкостью к плавиковой к-те.

Технол. процесс произ-ва  $P_4O_{10}$  (рис. 4) включает окисление элементного *P* предварительно осушенным воздухом, осаждение  $P_4O_{10}$  и очистку отходящих газов. Окисляют *P* в камере сжигания. Для диспергирования *P* в форсунку подается воздух под давлением 500–600 кПа, осн. объем воздуха поступает через завихритель спирального типа. Сжигание *P* – экзотермич. процесс:  $P_4 + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10} + 24534,6 \text{ кДж}$ . Реально  $P_4O_{10}$  образуется по значительно более сложному механизму.

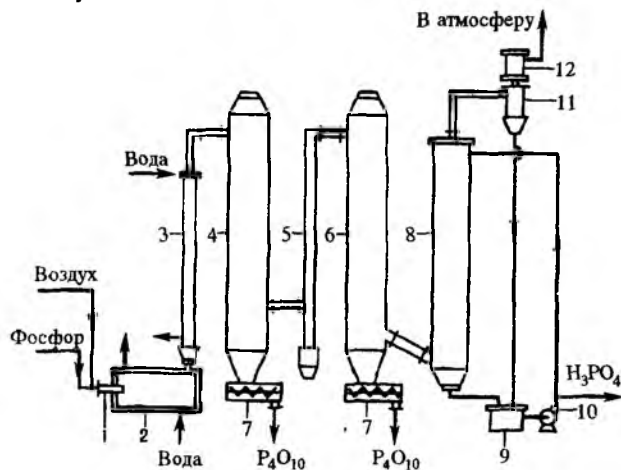


Рис. 4. Технол. схема получения  $P_4O_{10}$ : 1 – форсунка для фосфора; 2 – камера сжигания; 3 – охлаждаемый газодох; 4, 6 – осадительные башни; 5 – газодох; 7 – разгрузочные пневки; 8 – насасочный скруббер; 9 – сборник к-ты; 10 – насос; 11 – брызгоуловитель; 12 – гидрозатвор.

Ок. 20% теплоты отводится охлаждающей водой, остальное тепло выделяется в газовую фазу. Из камеры сжигания  $P_4O_{10}$  вместе с газами направляется через водоохлаждаемый газодох в две осадительные башни. В газодохе газы охлаждаются и происходит частичная конденсация ультрафосфорной к-ты, к-рая сорбирует находящиеся в продуктах р-ции примеси (оксиды тяжелых металлов и мышьяк). Конденсирующийся ниже 364 °С  $P_4O_{10}$  осаждается в виде белого порошка на стенках в нижней части башен. В первой башне, где образуется более крупнокристаллич. продукт, конденсируется сви-

ше 75% от общего содержания  $P_4O_{10}$ , во второй – ок. 23%. Товарный  $P_4O_{10}$  представляет собой в осн. гексагон. *H*-форму.

$P_4O_{10}$  – осушитель газов и жидкостей, промежут. продукт в произ-ве  $H_3PO_4$  термич. способом, его используют в орг. синтезе в р-циях дегидратации и конденсации, в произ-ве ПАВ, фосфатных стекол и др. неорг. материалов и т. д.

$P_4O_{10}$  токсичен, вызывает ожоги кожи, раздражает слизистые оболочки, ПДК в воздухе рабочей зоны 1 мг/м<sup>3</sup>, в атм. воздухе 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

Триоксид фосфора (пероксид фосфора)  $PO_3$  (по нек-рым данным,  $P_2O_6$  или  $P_4O_{11}$ ) – твердое в-во фиолетового цвета из-за примесей; стабилен в течение 120–150 ч при 17–37 °С в сухой атмосфере; разлагается при 127 °С, выделяя  $O_2$ ; при гидратации  $PO_3$  или его димера образуются пероксифосфорная или пероксипероксифосфорная к-ты; с оксидами металлов дает пероксифосфаты; образуется при действии на пары  $P_4O_{10}$  электрич. разряда в вакууме (133,3 Па).

Лит. см. при ст. Фосфорная кислота.

Н. В. Букколини.

**ФОСФОРА ОКСИХЛОРИД**, см. Фосфора галогениды.

**ФОСФОРА ТИОХЛОРИД**, см. Фосфора галогениды.

**ФОСФОРА ХЛОРИДЫ**, см. Фосфора галогениды.

**ФОСФОРАНЫ**, орг. производные гипотетич. фосфорана  $PH_5$ . Делятся на неск. групп: 1) пентаорганосфораны  $R_nP$ ,  $(RO)_3P$ ,  $R_nPX_mY_{4-n-m}$  ( $X=OR$ ;  $Y=NR_2$ ,  $SR$ ;  $n, m=1-4$ ); 2) гидрофосфораны – обычно  $HPFX_{4-n}$  ( $X=R, OR, NHR, NR_2$ ;  $n=0-3$ ); 3) квазифосфониевые соед.  $R_n^+P^mX_{5-n-m}$  ( $R=Alk, Ar$ ;  $X=OR', SR', NHR', NR_2, CN$ ;  $n, m=0-3, n+m \leq 4$ ).

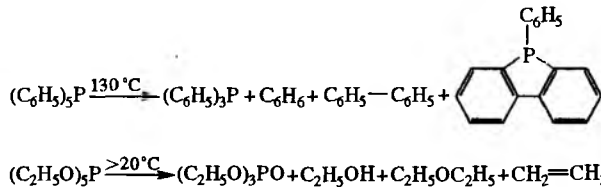
Иногда к *Ф*. относят фосфиналкилены (алкилиденфосфораны) и неорг. соед. пятикоординат. *P*.

Назв. *Ф*. включает назв. орг. радикалов у атома *P*, к-рые являются префиксами к слову «фосфоран» [напр.,  $(C_6H_5)_3PCl_2$  – трифенилдиалорфосфоран].

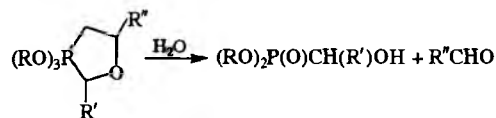
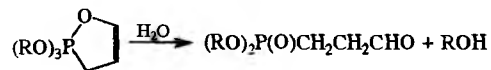
Многие хлор- и бромсодержащие квазифосфониевые соед. имеют ионную структуру  $[PZ_4]^+Na$  или  $[PZ_4]^+[PZ_3Na]$ , что обусловило назв. этой группы соединений.

*Ф*. склонны к внутримол. обмену заместителями, занимаящим апикальные и экваториальные положения, а также к межмол. обмену заместителями (последнему способствуют полярные р-ители и повышенные т-ры). Для многих *Ф*. наблюдается равновесие пентавалентной и ионной форм. *Ф*, содержащие в молекуле одновременно атомы *N* и *Hal* (*Cl, Br* и *I*), неустойчивы (элиминируют  $HNa$ ).

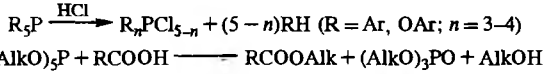
Пентаорганосфораны – кристаллич. в-ва или жидкости, раств. в орг. р-рителях, большинство плавится и перегоняется в вакууме без разложения. Пентаалкил(фенил)- и пентаалкоксифосфораны при повышенных т-рах и длит. хранении разлагаются, напр.:



Пентакарбофосфораны (содержат в молекуле 5 связей  $P-C$ ) сравнительно устойчивы к гидролизу, тогда как оксифосфораны легко гидролизуются, напр.:

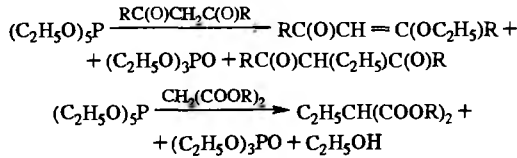


Оба типа соед. легко разлагаются к-тами, напр.:



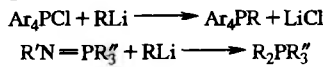
Тепловая и гидролитич. устойчивость повышается, когда атом Р входит в состав 5-членного цикла или спира.на.

Алкоксифосфораны алкилируют орг. к-ты и фенолы; р-ции с енолами дают продукты как О-, так и С-алкилирования, напр.:

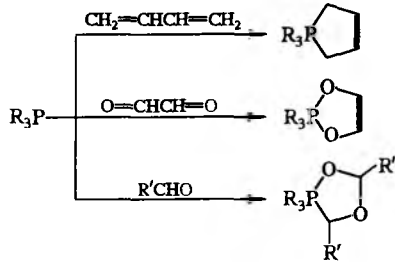


Оксифосфораны можно переэтерифицировать действием спиртов и фенолов.

Пентакарбофосфораны обычно получают действием AlkLi на галогениды фосфония или фосфазосоед., напр.:

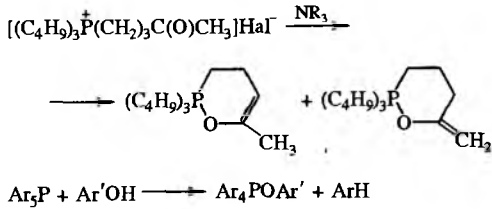


Ф. разл. типов м. б. получены присоединением соед. Р(III) к диенам, диинам, альдегидам и кетонам, напр.:



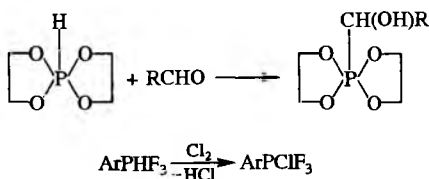
Пентаалкоксифосфораны обычно получают присоединением диалкилпероксидов к  $(RO)_3P$ , ароксипроизводные - р-цией галогенидов Р(V) с фенолами в присут. оснований.

Тетракарбооксифосфораны получают циклизацией нек-рых типов солей фосфония или действием фенолов на пентакарбофосфораны, напр.:

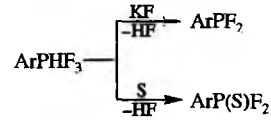


Гидрофосфораны - твердые в-ва или жидкости; многие перегоняются без разложения; раств. в орг. р-рителях (реагируют с  $H_2O$ , к-тами, спиртами, первичными и вторичными аминами).

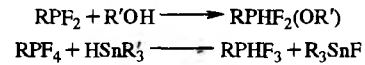
Гидрофосфораны способны конденсироваться с карбонильными соед., замещать атомы Н на Hal, напр.:



При нагр. способны отщеплять HF, что подтверждается превращениями:

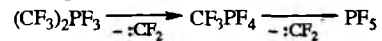


Гидрофосфораны обычно получают присоединением HF, ROH,  $RNH_2$  к соед. Р(III) или замещением атомов F в органофторфосфоранах на H, напр.:



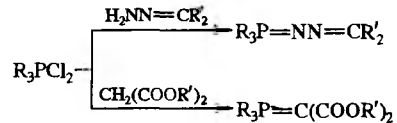
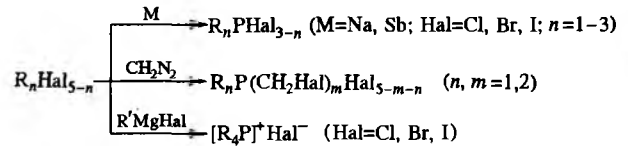
Квазифосфониевые соед. - обычно жидкости или кристаллич. соед.; к газам относятся фторфосфораны  $RPF_4$  [ $R = CH_3, OCH_3, CF_3, C_2F_5, N(CF_3)_2$ ] и  $(CF_3)_2PF_3$ .

Как правило, фторфосфораны раств. во мн. орг. р-рителях. Большинство перегоняется без разложения, многие хлор- и бромфосфораны при повышенных т-рах разлагаются. Фторфосфораны с группой  $CF_3$  у атома Р уже при комнатной т-ре отщепляют дифторкарбен, напр.:



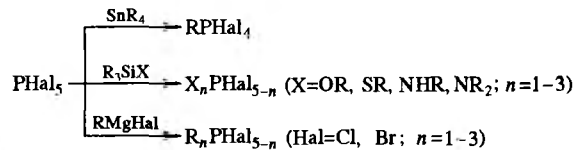
Ф. типа  $(RO)_nPHal_{5-n}$  (Hal = Cl, Br, I;  $n = 1-4$ ) склонны к отщеплению  $AlkHal$  и образованию фосфорильных соед. при  $n = 4$  и соед. Р(III) во всех др. случаях.

Большинство квазифосфониевых соед. легко гидролизуются и активно реагируют с донорами протона (к-тами, спиртами, первичными и вторичными аминами и др.), образует комплексы с основаниями и солями металлов. Фосфораны, содержащие разл. атомы Hal у атома Р, склонны к межмол. диспропорционированию и др. р-циям, напр.:

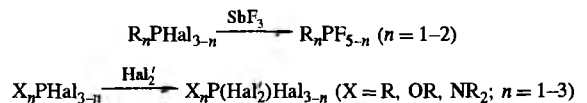


Р-ции фторфосфоранов со спиртами используют для получения алкилфторидов.

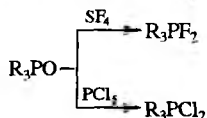
Наиб. важны три осн. пути синтеза квазифосфониевых соед.: 1) замещение атомов Hal в пентагалогенидах Р на Alk, OR, SR, NHR или  $NR_2$ :



2) Галогенирование соед. Р(III):



3) Галогенирование фосфорильных и тиофосфорильных соед., напр.:



Практически все галогенфосфораны обладают раздражающим действием в парах, вызывают хим. ожоги кожи и слизистых; нек-рые фторфосфораны обладают высокой токсичностью по отношению к теплокровным [напр., ЛД<sub>50</sub> для CH<sub>3</sub>PF<sub>3</sub>(NHC<sub>4</sub>H<sub>9</sub>-изо) ок. 0,05 мг/кг при внутривенном введении кроликам].

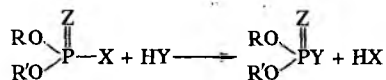
Ф. используют в лаб. синтезе; напр., фторфосфораны Ph<sub>n</sub>PF<sub>3-n</sub> (n = 2,3) – для получения алкилфторидов сложного строения из спиртов.

Лит.: Дрозд Г.И., «Успехи химии», 1970, т. 39, в. 1, с. 3–38; Дрозд Г.И. [и др.], в кн.: Успехи химии фосфорорганических и сераорганических соединений, в. 2, К., 1970, с. 5–88; Пурдела Д., Вычвану Р., Химия органических соединений фосфора, пер. с рум., М., 1972, с. 265–304; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 5, М., 1983, с. 16–42. Г.И. Дрозд.

**ФОСФОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ**, см. Люминесцентный анализ.

**ФОСФОРЕСЦЕНЦИЯ**, см. Люминесценция.

**ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ**, замещение атома в молекуле орг. соед. на остаток фосфорной или к.-л. другой фосфорсодержащей к-ты либо их производного (кислого эфира и др.), напр.:



R', R = Alk, Ar, OH, NR<sub>2</sub><sup>+</sup> и др.; Z = O, S

X = Hal, OH, CN и др.; Y = OAlk, SAlk, NR<sub>2</sub><sup>+</sup> и др.

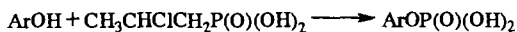
В широком смысле Ф. наз. замещение любого атома или группы атомов на остаток фосфорсодержащей к-ты или введение остатка такой к-ты в молекулу любыми др. способами.

Ф. обычно осуществляется по механизму бимол. нуклеоф. замещения (S<sub>N</sub>2) у атома Р. Как правило, переходное состояние имеет конформацию тригон. бипирамиды с атомом Р в центре.

Наиб. активные фосфорилирующие агенты – соед., содержащая связь Р–Х [X = Hal, OH, OR<sup>+</sup>, ОС(O)R<sup>+</sup> и др.]. Р-ция катализируется основаниями, к-тами, ионами металлов.

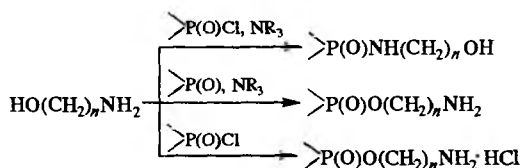
Фосфорилирующая способность соед. Р(III) обычно выше, чем соед. Р(V). Так, хлориды Р(III) могут гомолитически фосфорилировать углеводороды в присут. окислителей при γ-облучении. Известны примеры Ф. спиртов, аминов, тиолов с помощью соед. пятикоординац. Р (фосфоранов).

Ф. с помощью к-т Р осуществляют обычно с участием конденсирующих агентов (карбонимидов, SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> и др.). В нек-рых случаях (напр., при Ф. фосфоновыми к-тами, когда орг. заместитель – алкилпергалогенид или алкил, содержащий в β-положении к атому Р галоген) р-ция происходит с разрывом связи Р–С, напр.:



Замещение в молекуле атома Н у атома С на группировку Р(О)СlX (X = Cl, Alk, Ar, RO, R<sub>2</sub>N) осуществляют взаимод. орг. соед. с XPCl<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> (окислительное хлорфосфонирование).

Для избирательного Ф. полифункционал. соед. подбирают соответствующий фосфорилирующий агент или условия р-ции, напр.:



Иногда для избирательного Ф. осуществляют предварит. защиту функц. групп, не подлежащих Ф.

В биохимии часто возникает необходимость введения в молекулу остатка фосфорной к-ты. Иногда это удается осуществить в одну стадию путем использования в качестве фосфорилирующего агента метафосфорной к-ты, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, или ее производных [напр., CH<sub>3</sub>C(O)OP(O)(OH)<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>NC(O)OP(O)(OH)<sub>2</sub>] в сочетании с конденсирующими агентами. Эту же задачу часто можно осуществить, применяя фосфаты типа R<sub>2</sub>P(O)X (R = PhO, PhCH<sub>2</sub>O и др.; X = OH, Hal и др.). В этом случае после Ф. замену группы R на OH осуществляют гидролизом или с помощью каталитич. гидрирования.

Ф. нек-рых важных ферментов приводит к их ингибированию (потери ферментативной активности). Так, многие фосфорорг. соед. (напр., фторангидриды эфиров фосфоновых к-т, n-нитрофениловые эфиры к-т фосфора) способны фосфорилировать холинэстеразы (считают, что Ф. осуществляется по группе OH остатка серина в активном центре), что приводит к блокаде нервно-мышечной передачи импульсов в вегетативной нервной системе (см. Ацетилхолинэстераза). Фундам. значение для жизнедеятельности всех живых организмов имеет Ф., осуществляемое при обмене в-в, к-рое катализируется ферментами группы фосфотрансфераз. Донорами фосфатной (реже пиррофосфатной) группы обычно служат нуклеотиды, среди к-рых главную роль играет АТФ. Синтез АТФ в клетке осуществляется гл. обр. при окислительном фосфорилировании (в аэробных условиях), а также при фотосинтезе и гликолизе (в анаэробных условиях).

Ф. широко применяют для синтеза пестицидов, лек. ср-в, экстратентов, пластификаторов, негорючих пропиток и др.

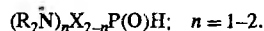
См. также Абрамова реакция, Арбузова реакция, Кабачника-Филдса реакция, Кирсанова реакция, Клея-Киннера-Перрена реакция, Михаэлиса-Беккера реакция, Перкова реакция, Пичини реакции, Тодда-Атертона реакция, Хорнера реакция.

Лит.: Корбридж Д., Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии, пер. с англ., М., 1982, с. 344–80; Hudson R., Green M., «Angew. Chem.», 1963, Bd 75, № 1, S. 47–56; Cox J., Ramsay O., «Chem. Rev.», 1964, v. 64, № 4, p. 317–52. Г.И. Дрозд.

**ФОСФОРИСТАЯ КИСЛОТА**, см. Фосфора кислоты.

**ФОСФОРИСТОЙ КИСЛОТЫ АМИДЫ**, соед. общей ф-лы (R<sub>2</sub>N)<sub>3-n</sub>P(OH)<sub>n</sub>, где R = Alk, Ar; n = 0–2.

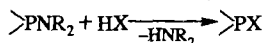
Наиб. значение имеют производные этих соед. – амидоэфир и галогенангидриды общей ф-лы (R<sub>2</sub>N)<sub>n</sub>PX<sub>3-n</sub>, где X = R'O, R<sub>2</sub>SiO, Hal, R'S и др.; n = 1–2. Производные кислых Ф. к. а. – гидрофосфорильные соед.



Назв. Ф. к. а образуются так же, как назв. фосфитов органических (один из префиксов – назв. амидной группы).

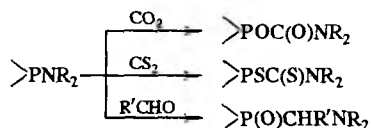
Ф. к. а. – жидкости, реже – твердые в-ва; раств. в большинстве орг. р-рителей. Для их идентификации используют гл. обр. методы тонкослойной хроматографии и спектры ЯМР <sup>31</sup>P, в к-рых наблюдается синглет в области 120, 135 и 145 м. д. – соотв. для (R<sub>2</sub>N)<sub>3</sub>P, RO(R<sub>2</sub>N)<sub>2</sub>P и (RO)<sub>2</sub>(R<sub>2</sub>N)P.

Важная особенность Ф. к. а. – участие неподеленной электронной пары атома N в сопряжении с атомом Р, это проявляется в сильном укорачивании связи Р–N и уплощении конфигурации атома азота. Ф. к. а. – эффективные фосфорилирующие ср-ва (эти р-ции катализируются слабыми к-тами):



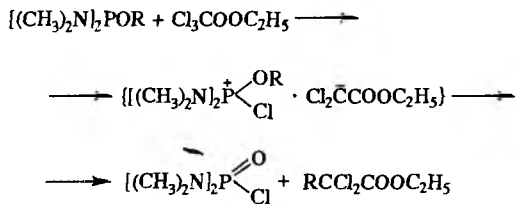
X = RO, RCOO, Hal и др.

Полярные непредельные соед. внедряются по связи Р–N; иногда внедрение дополняется дальнейшими процессами, напр.:

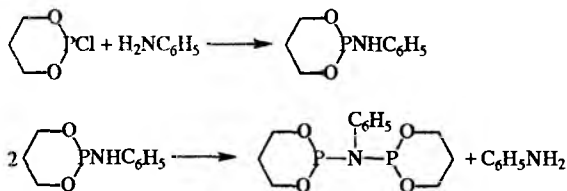


Амиды и их производные проявляют высокую электронодонорную способность, они легко окисляются, присоединяют S и Se, образуют комплексы с переходными металлами.

Амидоэфир фосфористой к-ты хорошо алкилируются по р-цию Арбузова. В нек-рых случаях из-за сильного электроотрицат. воздействия амидогрупп р-ция идет по др. механизму (вместо орг. радикала в молекулу вводится атом галогена):



Для получения производных Ф.к.а. обычно используют р-цию хлорангидридов эфиров фосфористой к-ты со вторичными аминами. Первичные амины, как правило, образуют амиды, склонные к диспропорционированию, напр.:



Ф.к.а. применяют в тонком орг. синтезе, при получении фосфорсодержащих полимеров, как лиганды в координационных соединениях.

Лит.: Нифантьев Э.Е., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971, с. 90-103. З.Е. Нифантьев.

**ФОСФОРИТНАЯ МУКА**, один из видов фосфорных удобрений. Тонкодисперсный порошок серого или бурого цвета; не раств. в воде, плохо раств. в лимонной, яблочной и др. слабых к-тах, полностью раств. в смеси HCl и HNO<sub>3</sub>; влажность 0,3-1,5% по массе; остаток на сите (размер отверстий 0,18 мм) не более 10%. Содержит, как правило, 19-30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Осн. фосфорсодержащий компонент - ортофосфат кальция в виде малодоступного для растений Са<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·СаСО<sub>3</sub> с примесью 3Са<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·СаF<sub>2</sub>, соед. Fe, Al и др.

Ф.м. производят измельчением желваковых, ракушечных и ряда карстовых фосфоритов (или продуктов их обогащения). Оценка пригодности сырья (для непосредств. применения как удобрения): в 2%-ном водном р-ре лимонной или муравьиной к-ты должно раств. не менее 60% по массе P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Ф.м. используют в качестве основного, т.е. осенью под вспашку, удобрения (в т.ч. как местное при содержании P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> не более 14-17%); наиб. эффективно на кислых подзолистых, серых лесных, болотных и выщелоченных черноземных почвах [в кислой среде фосфор удобрения постепенно переходит в доступную растениям форму - Са(Н<sub>2</sub>РО<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·Н<sub>2</sub>О]. Кроме того, Ф.м. применяют в смесях с иными удобрениями (напр., калийными), как нейтрализующую добавку к кислым удобрениям (простому суперфосфату и др.), а также для приготовления навозных и торфяных компостов. Достоинства: обладает длит. последствием, не слеживается, хорошо рассеивается, имеет невысокую стоимость, экологически безвредна; недостаток - сильно пылит. Объем произ-ва в СССР составил 780 тыс. т в год (1984, в пересчете на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Лит.: Сиротки Ю.П., Фосфоритная мука и ее применение, М., 1962; Унаица Т.П., Словарь-справочник по удобрениям, М., 1972; Артюшкин А.М., Державин Л.М., Краткий справочник по удобрениям, 2 изд., М., 1984. См. также лит. при ст. Фосфорные удобрения. В.З. Блисковский.

**ФОСФОРИТЫ**, осадочные горные породы, сложенные минералами из группы апатита. Наиб. распространенный фосфатный минерал - фторкарбонатапатит (франколит), отличающийся от апатита наличием в структуре анионов СО<sub>3</sub><sup>2-</sup>, изо-

морфно замещающих PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> с образованием непрерывного ряда от фторапатита до карбонатапатита (курскита); иные изоморфные замещения: атомов Са на Sr, Na и др.; атомов F на OH<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и т.д.; PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> на SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Ф. содержат также нефосфатные минералы: основные - глаукоцит, доломит, кальцит, кварц, халцедон; второстепенные - глинистые, алюмосиликатные, пирит, гидроксиды Fe. В Ф. присутствуют также орг. в-во (фосфатизир. обломки ихтиофауны, рептилий, моллюсков и т.п.), часто U, PЗЭ (лантаноиды цериевой группы), Sr, реже примеси Pb, V, Sc, Zr, Se и др. Ф. имеют обычно темный (до черного), серый, буро-серый, редко белый, иногда зеленый, красный и желтый цвет; плотн. 2,8-3,0 г/см<sup>3</sup>; твердость по минералогич. шкале 2-4; содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> от 5 до 38-40% по массе (Ф. - один из гл. пром. источников P и сырья для произ-ва фосфорных удобрений).

Ф. подразделяют на морские и континентальные. Среди морских Ф. выделяют пластовые, или микрозернистые (разновидность - оолитово-микрозернистые), зернистые, желваковые, ракушечные; среди континентальных - породы коры выветривания (карстовые, вторичные, или остаточные) и органогенные (гуано). В СНГ пром. значение имеют в осн. оолитово-микрозернистые, желваковые и ракушечные Ф., залегающие преим. в России и Казахстане.

Оолитово-микрозернистые Ф. (Каратауский бассейн, Казахстан) сложены округлыми фосфатными зернами и оолитами (агрегаты шаровой и эллипсоидной формы) размерами 0,07-0,30 мм, содержат 20-35% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ф. Каратау труднообогатимы, поэтому кислотной переработке на р-римые удобрения подвергают непосредственно руды, содержащие не менее 24,5% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; др. направление использования - электротермич. восстановление с получением желтого фосфора.

Желваковые Ф. - фосфатные конкреции (желваки) размерами от 0,03-0,05 до 15-30 см и более (6-12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Грохочением и промывкой из них получают концентрат (от 16-18 до 22-23% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), флотациис к-рого содержание P м.б. немного повышено. Если осн. примесь в таких концентратах - кварц, их можно перерабатывать на р-римые удобрения (Чилисайское месторождение, Казахстан). Из-за высокого содержания Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> концентраты из Ф. самых крупных месторождений этого типа (Вятско-Камское, Егорьевское) непригодны для кислотной переработки.

Ракушечные Ф. развиты в Прибалтийском бассейне (месторождения Кингисепское, Маарду и др.) и представлены фосфатными раковинами, сцементированными кварцевым песком (мощность пластов от неск. десятков см до 1-2 м). Руды бедные (6-14% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), но хорошо обогащаются флотацией (28-30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Мировые запасы Ф. 42,8 млрд. т (1984). В СССР запасы Ф. исчислялись 968,8 млн. т (в пересчете на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1984), что составляло 53% от общих разведанных запасов фосфатных руд (остальное - апатитовые руды); в добыче фосфатов доля Ф. значительно ниже (ок. 27%; 1984). Наиб. ресурсами Ф. располагают США, Марокко и др. страны Сев. Африки и Ближнего Востока, а также Перу; в этих странах запасы фосфатного сырья представлены почти исключительно Ф.

Основную часть Ф. (до 90%) используют в пром-сти фосфорных удобрений и фосфорных солей, небольшую - в черной и цветной металлургии, произ-ве керамики и стекла, для попутного извлечения в пром. масштабе ряда PЗЭ.

Лит.: Геология месторождений фосфоритов, методика их прогнозирования и поисков, М., 1980; Блисковский В.З., Вещественный состав и богатость фосфоритовых руд, М., 1983; Яншин А.Л., Жарков М.А., Фосфор и калий в природе, Новосиб., 1986; Горная энциклопедия, т. 5, М., 1991, с. 334. В.З. Блисковский.

**ФОСФОРНАЯ КИСЛОТА** (ортофосфорная к-та) Н<sub>3</sub>РО<sub>4</sub>, мол. м. 97,995; бесцв. гигроскопичные кристаллы моноклинной сингонии (a = 0,5762 нм, b = 0,4831 нм, c = 1,1569 нм, β = 95,31°, пространств. гр. P21/c); расплывается на воздухе; т. пл. 42,50 °С; плотн. 1,88 г/см<sup>3</sup>; ΔH<sup>0</sup><sub>обр</sub> -1283 кДж/моль; наиб. стабильное соед. в ряду кислородсодержащих к-т фосфора. В расплавленном состоянии склонна к перекислаждению; при 15 °С образует густую маслянистую жидкость, при -121 °С - стеклообразную массу.



Ф. к. смешивается с водой в любых соотношениях. Разб. водные р-ры имеют кисловатый вкус. Из высококонц. р-ров кристаллизуется в виде гемигидрата (полуhydrата)  $H_3PO_4 \cdot 0,5H_2O$  – бесцв. кристаллы моноклинной сингонии ( $a = 0,7922$  нм,  $b = 1,2987$  нм,  $c = 0,7470$  нм,  $\beta = 109,9^\circ$ ; пространств. гр.  $P21/a$ ). Молекула безводной  $H_3PO_4$  и ее кристаллогидрата содержит тетраэдрич. группу  $PO_4$ . В безводной Ф. к. образуются водородные связи типа  $P-O-H \dots O=O$  (рис. 1) (расстояние между атомами  $O$ , 0,253 нм), к-рые удерживают структуры  $PO_4$  в виде слоев, параллельных одной из плоскостей кристалла. Водородные связи сохраняются и в конц. (70–80%) р-рах Ф. к., что отчасти обуславливает ее сиропообразную природу. В разб. до 40–50% р-рах отмечена более устойчивая водородная связь фосфат-анионов с молекулами воды, а не с др. фосфат-анионами. В р-рах Ф. к. имеет место обмен атомами кислорода между группами  $PO_4$  и водой.

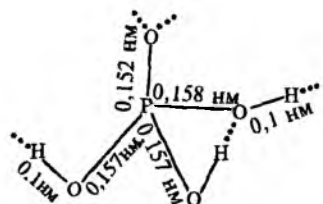


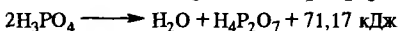
Рис. 1. Водородные связи в молекулярных структурах  $H_3PO_4$ ; ... – водородная связь.

$H_3PO_4$  – сильная к-та,  $K_1 7,1 \cdot 10^{-3}$  ( $pK_a 2,12$ ),  $K_2 6,2 \cdot 10^{-8}$  ( $pK_a 7,20$ ),  $K_3 5,0 \cdot 10^{-13}$  ( $pK_a 12,32$ ); значения  $K_1$  и  $K_2$  зависят от т-ры. Диссоциация по первой ступени экзотермична, по второй и третьей – эндотермична. Фазовая диаграмма системы  $H_3PO_4 - H_2O$  приведена на рис. 2. Максимум кривой кристаллизации – при т-ре 302,4 К и содержании  $H_3PO_4$  91,6% (твердая фаза – гемигидрат). В табл. приведены св-ва р-ров Ф. к.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ  $H_3PO_4$

Содержание, % по массе		Т. затв., °С	Т. кип., °С	$C_p^0$ , кДж/(кг · К)	$\rho_{25}$ , Па · с (25 °С)	Уд. электр. проводимость, См/м (25 °С)	Давление пара, Па (25 °С)
$H_3PO_4$	$P_2O_5$						
5	3,62	0,8	100,10	4,0737	0,0010	10,0	3129,1
10	7,24	-2,10	100,20	3,9314	0,0011	18,5	3087,7
20	14,49	-6,00	100,80	3,6467	0,0016	18,3	2986,4
30	21,73	-11,80	101,80	3,3411	0,0023	14,3	2835,7
40	28,96	-21,90	103,90	3,0271	0,0035	11,0	2553,1
50	36,22	-41,90	104,00	2,7465	0,0051	8,0	2223,8
60	43,47	-76,9	114,90	2,4995	0,0092	7,2	1737,1
70	50,72	-43,00	127,10	2,3278	0,0154	6,3	1122,6
75	54,32	-17,55	135,00	2,2692	0,0200	5,8	805,2

Ф. к. при нормальных условиях малоактивна и реагирует лишь с карбонатами, гидроксидами и нек-рыми металлами. При этом образуются одно-, двух- и трехзамещенные фосфаты (см. *Фосфаты неорганические*). При нагр. выше 80 °С реагирует даже с неактивными оксидами, кремнеземом и силикатами. При повышенных т-рах Ф. к. – слабый окислитель для металлов. При действии на металлич. пов-сть р-ром Ф. к. с добавками Zn или Mn образуется защитная пленка (фосфатирование). Ф. к. при нагр. теряет воду с образованием последовательно пиро- и метафосфорных к-т:



Фосфолеум (жидкий фосфорный ангидрид, суперфосфорная к-та) включает к-ты, содержащие от 72,4 до 88,6%  $P_2O_5$ , и представляет собой равновесную систему, состоящую из орто-, пиро-, триполи-, тетраполи- и др. фосфорных к-т (см. *Фосфаты конденсированные*). При разбавлении суперфосфорной к-ты водой выделяется значит. кол-во тепла, и полифосфорные к-ты быстро переходят в ортофосфорную.

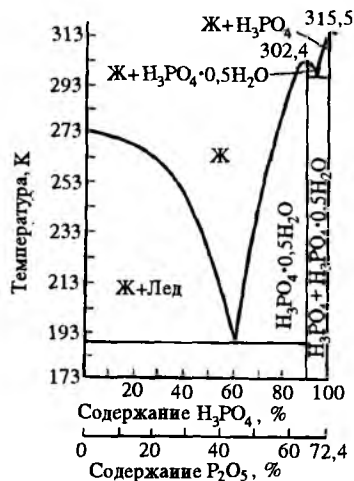
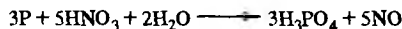


Рис. 2. Фазовая диаграмма системы  $H_3PO_4 - H_2O$ ; Ж – жидкая фаза.

От др. фосфорных к-т  $H_3PO_4$  можно отличить по р-ции с  $AgNO_3$  – выпадает желтый осадок  $Ag_3PO_4$ . Остальные фосфорные к-ты образуют белые осадки.

Получение. Ф. к. в лаб. условиях легко получить окислением фосфора 32%-ным р-ром азотной к-ты:



В пром-сти Ф. к. получают термическим и экстракционным способами.

Термич. способ (позволяет производить наиб. чистую Ф. к.) включает осн. стадии: сжигание (окисление) элементарного фосфора в избытке воздуха, гидратацию и абсорбцию полученного  $P_4O_{10}$  (см. *Фосфора оксиды*), конденсацию Ф. к. и улавливание тумана из газовой фазы. Существуют два способа получения  $P_4O_{10}$ : окисление паров P (в пром-сти используют редко) и окисление жидкого P в виде капель или пленки. Степень окисления P в пром. условиях определяется т-рой в зоне окисления, диффузией компонентов и др. факторами. Вторую стадию получения термич. Ф. к. – гидратацию  $P_4O_{10}$  – осуществляют абсорбцией к-той (водой) либо взаимод. паров  $P_4O_{10}$  с парами воды. Гидратация ( $P_4O_{10} + 6H_2O \longrightarrow 4H_3PO_4$ ) протекает через стадии образования полифосфорных к-т. Состав и концентрация образующихся продуктов зависят от т-ры и парциального давления паров воды.

Все стадии процесса м. б. совмещены в одном аппарате, кроме улавливания тумана, к-рое всегда производят в отдельном аппарате. В пром-сти обычно используют схемы из двух или трех осн. аппаратов. В зависимости от принципа охлаждения газов существуют три способа произ-ва термич. Ф. к.: испарительный, циркуляционно-испарительный, теплообменно-испарительный. Испарит. системы, основанные на отводе теплоты при испарении воды или разб. Ф. к., наиб. просты в аппаратном оформлении. Однако из-за относительно большого объема отходящих газов использование таких систем целесообразно лишь в установках небольшой единичной мощности.

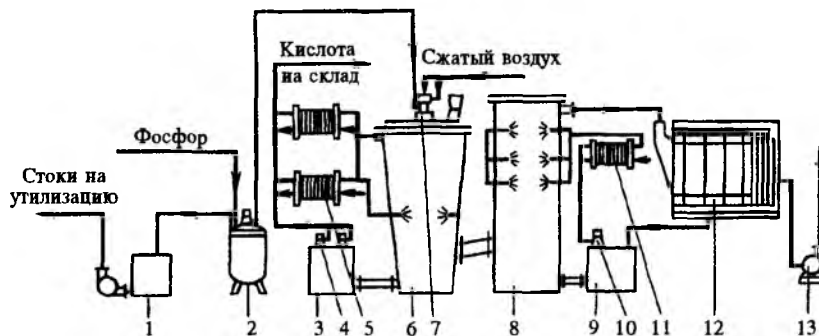
Циркуляционно-испарит. системы позволяют совместить в одном аппарате стадии сжигания P, охлаждения газовой фазы циркулирующей к-той и гидратации  $P_4O_{10}$ . Недостаток схемы – необходимость охлаждения больших объемов к-ты. Теплообменно-испарит. системы совмещают два способа отвода теплоты: через стенку башни сжигания и охлаждения, а также путем испарения воды из газовой фазы; существенное преимущество системы – отсутствие контуров циркуляции к-ты с насосно-холодильным оборудованием.

На отечеств. предприятиях эксплуатируют технол. схемы с циркуляционно-испарит. способом охлаждения (двухбашенная система). Отличит. особенности схемы: наличие допол-

нит. башни для охлаждения газа, использование в циркуляционных контурах эффективных пластинчатых теплообменников; применение высокопроизводит. форсунки для сжигания Р, обеспечивающей однородное тонкодисперсное распыление струи жидкого Р и полное его сгорание без образования низших оксидов.

Технол. схема установки мощностью 60 тыс. т в год 100%-ной  $H_3PO_4$  приведена на рис. 3. Расплавленный желтый фосфор расплывается нагретым воздухом под давлением до 700 кПа через форсунку в башне сжигания, орошаемой циркулирующей к-той. Нагретая в башне к-та охлаждается оборотной водой в пластинчатых теплообменниках. Продукционная к-та, содержащая 73–75%  $H_3PO_4$ , отводится из контура циркуляции на склад. Дополнит. охлаждение газов из башни сжигания и абсорбцию к-ты производят в башне охлаждения (гидратации), что снижает послед. температурную нагрузку на электрофильтр и способствует эффективной очистке газов. Отвод теплоты в башне гидратации осуществляется циркулирующей 50%-ной  $H_3PO_4$ , охлаждаемой в пластинчатых теплообменниках. Газы из башни гидратации после очистки от тумана  $H_3PO_4$  в пластинчатом электрофильтре выбрасываются в атмосферу. На 1 т 100%-ной  $H_3PO_4$  расходуется 320 кг Р.

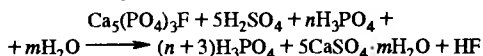
Рис. 3. Циркуляционная двухбашенная схема произ-ва термич.  $H_3PO_4$ : 1 – сборник кислой воды; 2 – хранилище фосфора; 3,9 – циркуляционные сборники; 4,10 – погружные насосы; 5,11 – пластинчатые теплообменники; 6 – башня сжигания; 7 – фосфорная форсунка; 8 – башня гидратации; 12 – электрофильтр; 13 – вентилятор.



Более экономичный экстракционный метод получения Ф. к. основан на разложении прир. фосфатов к-тами (в осн. серной, в меньшей степени азотной и незначительно соляной). Фосфорнокислые р-ры, полученные разложением азотной к-той, перерабатывают в комплексные удобрения, разложением соляной к-той – в преципитат.

Серноокислотное разложение фосфатного сырья [в странах СНГ пл. обр. хибинского апатитового концентрата (см. Апатит) и фосфоритов Каратау] – осн. метод получения экстракционной Ф. к., применяемой для произ-ва конц. фосфорных и комплексных удобрений. Суть метода – извлечение (экстрагирование)  $P_4O_{10}$  (обычно используют ф-лу  $P_2O_5$ ) в виде  $H_3PO_4$ . По этому методу прир. фосфаты обрабатывают  $H_2SO_4$  с послед. фильтрованием полученной пульпы для отделения Ф. к. от осадка сульфата Са. Часть выделенного осн. фильтрата, а также весь фильтрат, полученный при промывке осадка на фильтре, возвращают в процесс экстрагирования (р-р разбавления) для обеспечения достаточной подвижности пульпы при ее перемешивании и транспортировке. Массовое соотношение между жидкой и твердой фазами от 1,7:1 до 3,0:1.

Прир. фосфаты разлагаются по схеме:



Разложению к-тами подвергаются также сопутствующие примеси: кальцит, доломит, сидерит, нефелин, глауконит, каолин и др. минералы. Это приводит к увеличению расхода используемой к-ты, а также снижает извлечение  $P_2O_5$  в целевой продукт вследствие образования нерастворимых фосфатов железа  $FeH_2(PO_4)_2 \cdot 2,5H_2O$  при концентрациях  $P_2O_5$  выше 40% (содержание  $P_4O_{10}$  обычно дается в пересчете на  $P_2O_5$ ) и  $FePO_4 \cdot 2H_2O$  – при более низких концентрациях. Выделяю-

щийся при разложении карбонатов  $CO_2$  образует в экстракторах стойкую пену; р-римые фосфаты Mg, Fe и Al снижают активность Ф. к., а также уменьшают содержание усвояемых форм  $P_2O_5$  в удобрениях при послед. переработке Ф. к.

С учетом влияния примесей определены требования к фосфатному сырью, согласно к-рым прир. фосфаты с повышенным содержанием соед. Fe, Al, Mg, карбонатов и орг. в-в непригодны для произ-ва Ф. к.

В зависимости от т-ры и концентрации Ф. к. в системе  $CaSO_4-H_3PO_4-H_2O$  сульфат Са осаждается в виде дигидрата (гипса), гемигидрата или ангидрита. В реальных условиях осадок загрязнен примесями  $P_2O_5$  в виде неразложившихся прир. фосфатов, недоотмытой  $H_3PO_4$ , сокристаллизованных фосфатов разл. металлов и др., поэтому образующиеся сульфаты Са наз. соотв. фосфогипс, фосфогемигидрат и фосфангидрит. В зависимости от типа осаждаемого сульфата различают три прямых способа произ-ва экстракционной Ф. к.: дигидратный, полугидратный (гемигидратный) и ангидридный, а также комбинированные: полугидратно-дигидратный и дигидратно-полугидратный.

В СНГ наиб. отработан в пром-сти дигидратный способ, к-рый отличается высоким выходом  $P_2O_5$  (93–96,5%) в продукционную к-ту; однако относительно низ-

кая концентрация Ф. к. требует ее послед. упаривания. Осн. стадии процесса: экстракция с внеш. или внутр. циркуляцией и вакуумным или воздушным охлаждением экстракционной пульпы, дозревание пульпы после экстрактора, отделение Ф. к. на наливных вакуум-фильтрах. Эффективность процесса определяют в осн. экстрагирование  $P_2O_5$  и фильтрование пульпы. Аппаратурное оформление должно обеспечить полноту разложения сырья и кристаллизацию сульфата Са в условиях миним. пересыщения им жидкой фазы. Оптим. форма и размеры кристаллов сульфата Са обуславливают хорошую фильтруемость пульпы и эффективную отмывку от Ф. к. миним. кол-вом воды (для получения конц. продукционной Ф. к.). Типовая схема дигидратного способа (рис. 4) реализуется при непрерывном дозировании в экстрактор фосфатного сырья, 75–93%-ной  $H_2SO_4$  и оборотной  $H_3PO_4$ . Т-ра процесса 72–75 °С, продолжительность 4–6 ч. Использование 93%-ной  $H_2SO_4$  (при переработке апатитового концентрата) позволяет увеличить подачу воды для промывки фосфогипса на вакуум-фильтре. Поступающая на фильтр Ф. к. отделяется, осадок фосфогипса промывается на фильтре по противоточной схеме водой с возвратом образующейся слабой Ф. к. в экстрактор. Ф. к., полученную из апатитового концентрата (28–32%  $P_2O_5$ ), обычно упаривают до содержания  $P_2O_5$  52–54%. Концентрирование Ф. к., полученной из фосфоритов (20–24%  $P_2O_5$ ), неосуществимо без предварит. очистки от примесей и не используется в пром-сти.

Гемигидратный процесс позволяет получить более конц. Ф. к. (в отдельных случаях до 50%  $P_2O_5$  без дополнит. упаривания). Ф. к., содержащую 36–38%  $P_2O_5$ , можно получить из апатитового концентрата практически на том же оборудовании, что и в типовом дигидратном процессе с воздушным охлаждением пульпы. Фосфориты Каратау по этому методу не перерабатывают. Широкого распространения

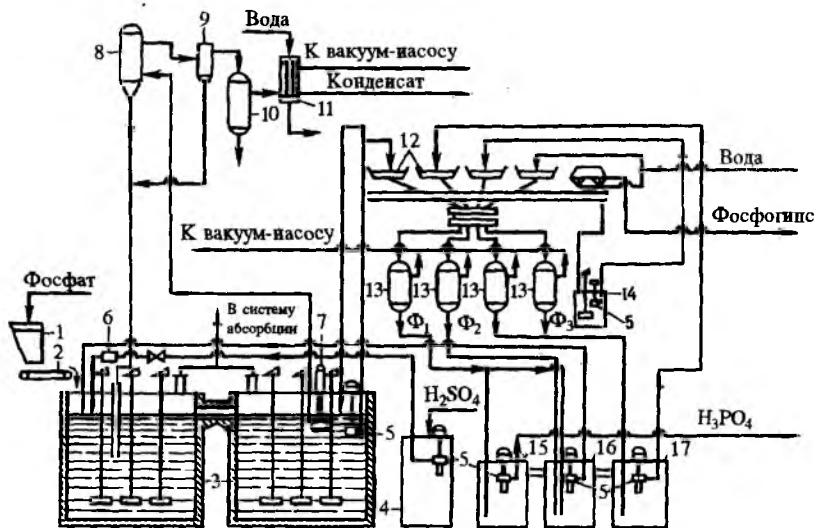


Рис. 4. Технологическая схема типового производства экстракционной  $H_3PO_4$  в дигидратном процессе из апатитового концентрата, мощность 110 тыс. т  $P_2O_5$  в год: 1 – бункер для фосфатного сырья; 2 – ленточный весовой дозатор; 3 – двухбачковый экстрактор; 4 – хранилище серной кислоты; 5 – погружной насос; 6 – расходомер серной кислоты; 7 – циркуляционный погружной насос; 8 – испаритель; 9 – брызгоуловитель; 10 – конденсатор; 11 – конденсатор; 12 – лотки карусельного вакуум-фильтра; 13 – сепараторы (ресиверы); 14 – промежуточный сборник суспензии, образующейся при регенерации фильтровальной ткани; 15, 16, 17 – барометрич. сборники: для первого (основного) фильтра (15), для оборотной фосфорной кислоты (16), для промывочной фильтрата (17). Содержание  $P_2O_5$  в фильтражах:  $\Phi_1$  – 28–32%,  $\Phi_2$  – 22–25%,  $\Phi_3$  – 5–10%.

гемигидратные процессы пока не получили из-за повышенной температуры (80–100 °С), выделения  $HF$  в газовую фазу, более низкого выхода  $P_2O_5$  в кислоту, чем в дигидратном методе. В усовершенствованных процессах предусматривается предварительное смачивание апатитового сырья в скоростном смесителе, разделение зон разложения и кристаллизации и др. Проведение процесса при содержании  $H_2SO_4$  в жидкой фазе пульпы 0,2–1,0% в первом реакторе и 2,0–3,0% во втором позволяет снизить количество растворенного сульфата кальция в производимой кислоте, значительно уменьшить зарастание оборудования и трубопроводов, существенно интенсифицировать работу основной технологической установки.

Ангидридный способ имеет ряд преимуществ перед дигидратным и полудигидратным: позволяет без упаривания получать кислоту, содержащую до 50%  $P_2O_5$ ; при экстракции в газовую фазу выделяется большая часть фтора; получаемая кислота меньше загрязнена сульфатом кальция. Использование метода в промышленности сдерживают: жесткие коррозионные условия (высокие температуры и концентрации кислоты), образование мелких кристаллов и необходимость большого числа ступеней противоточной промывки.

Комбинированные способы получения экстракционной кислоты – гемигидратно-дигидратный и дигидратно-гемигидратный – более технологичны и экономичны, чем одностадийные. Обеспечивают повышение степени использования фосфатного сырья (за счет снижения технологических потерь  $P_2O_5$ ), увеличение концентрации производимой кислоты, получение более чистой сульфата кальция с целью его дальнейшей переработки.

За рубежом широко распространены гемигидратно-дигидратные схемы, внедрены также дигидратно-гемигидратный способ. Однако комбинированные процессы иногда усложнены двойным фильтрованием или нетехнологичны из-за высокой продолжительности стадии перекристаллизации в гемигидратно-дигидратном методе (общая продолжительность процесса 10–16 ч в зависимости от сырья). Из усовершенствованных комбинированных технологий наибольший интерес представляет отечественный дигидратно-гемигидратный процесс с промежуточным фильтрованием. Метод позволяет получать из апатитового концентрата кислоту, содержащую 33–34%  $P_2O_5$ , из фосфоритов Карагау – кислоту, содержащую 28–30%  $P_2O_5$ . Степень извлечения  $P_2O_5$  из сырья до 99%. Продолжительность процесса не превышает 6 ч. Фосфополудигидрат (фосфогемигидрат) содержит менее 0,5%  $P_2O_5$  и 0,15% фтора и может применяться как вяжущее сырье в строительной материале.

Термич. кислота выпускается 85–86%-ная (по  $P_2O_5$ , свободна от примесей), экстракционная – в виде 40%-ных водных растворов (содержит много примесей).

**Применение.** Основная область использования кислоты – производство фосфорных и сложных комплексных удобрений, а также получение кормовых фосфатов, синтетических моющих и водоумягчающих средств. В металлургической промышленности кислоту применяют для фосфатирования, в текстильной – для обработки и крашения шерсти, растительных и синтетических волокон, в органическом синтезе – как катализатор. Кислота и ее производные используют также для приготовления буровых суспензий при нефтедобыче, в производстве различных марок специального стекла, в фотографии (для производства светочувствительных эмульсий), в медицине (приготовление медикаментов, зубных цементов), при обработке древесины (для придания огнестойкости). Производные кислоты применяют в пищевой промышленности – от хлебопекарных порошков и приготовления плавленых сыров до колбасного производства и сахароварения.

Кислота при высоких концентрациях вызывает ожоги, пары – атрофические процессы в слизистой носа, носовые кровотечения, крошение зубов, изменение функции крови и др.;  $LD_{50}$  1,25 г/кг (внутрижелудочно),  $LK_{50}$  25,5 мг/м<sup>3</sup> (ингаляция) – для мышей и крыс.

*Лит.:* Термическая фосфорная кислота, соли и удобрения на ее основе, под ред. Н. Н. Постникова, М., 1976; Лурье Ю. Ю., Справочник по аналитической химии, 5 изд., М., 1979; Технология фосфора, под ред. В. А. Эршова, В. Н. Белова, Л., 1979; Переработка фосфора, Л., 1985; Технология фосфорных и комплексных удобрений, под ред. С. Д. Эвенкина, А. А. Бродского, М., 1987; Кислотные методы переработки фосфатного сырья, М., 1988.

Н. В. Бужалини.

**ФОСФОРОВАТАЯ КИСЛОТА**, см. *Фосфора кислоты*.

**ФОСФОРОВАТАЯ КИСЛОТА**, см. *Фосфора кислоты*.

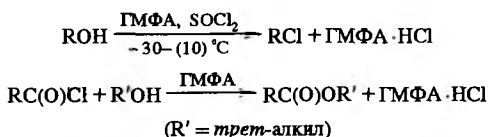
**ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ГЕКСАМЕТИЛТРИАМИД** [ГМФА, гексаметильтриамидофосфат, гексаметильтриамидофосфин, оксид трис-(диметиламино)фосфина, гексаметапол, ГМТФК, гемп]  $[(CH_3)_2N]_3PO$ , мол. м. 179,19; бесцв. подвижная жидкость со слабым аминным запахом; т. пл. 7,2 °С, т. кип. 232 °С,  $94-96$  °С/6 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  1,027;  $n_D^{20}$  1,4569;  $\mu$   $18,3 \cdot 10^{-30}$  Кл·м;  $\epsilon$  30; раств. в воде и мн. орг. р-рителях, не раств. в парафиновых углеводородах; с  $SnCl_4$  и  $CH_2Cl_2$  образует неустойчивые комплексы, эти р-рители используют для экстракции ГМФА из воды.

ГМФА – апротонный биполярный р-ритель; в нем раств. щелочные металлы, соли, многие элементоорг. соедин. (напр., в среде ГМФА получают  $RM_xG$ ,  $RLi$ ,  $ROM$ , где  $M$  – металл). Р-ры Li, Na, K в ГМФА окрашены в синий цвет, что связано с образованием ион-радикалов; в присут. других р-рителей, вероятно, образуются ионные пары:

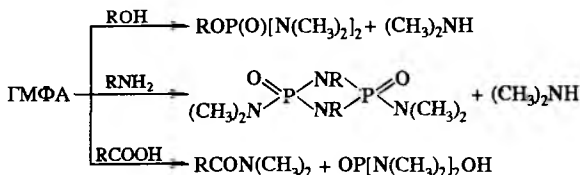


При пропускании в эти р-ры NH<sub>3</sub> или PH<sub>3</sub> образуются амиды MNH<sub>2</sub> или фосфиды MPH<sub>2</sub> металлов; последние с RNaI дают первичные фосфины RPH<sub>2</sub>, наряду с к-рыми могут образоваться фосфонаты RP(O)[N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sub>2</sub> (благодаря атаке катиона R<sup>+</sup> на анион {OR[N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>}<sup>-</sup>).

ГМФА обладает электронодонорными св-вами, образует устойчивые аддукты с HNaI, что используют в нек-рых р-циях, напр.:



ГМФА входит в качестве лиганда в комплексы на основе переходных металлов, напр. Th{[(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>N]<sub>3</sub>PO}<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>, UO<sub>2</sub>{[(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>N]<sub>3</sub>PO}<sub>4</sub>(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> и др. При нагр. способен отщеплять HNaI от органигалогенидов (напр., HBr от α-бромкетонов с образованием α, β-ненасыщенных кетонов), а также фосфорилировать спирты и амины, амидировать карбоновые к-ты, напр.:



ГМФА обычно получают р-цией (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NH и POCl<sub>3</sub> в орг. р-рителе при 60–100 °С. Р-цию проводят в избытке диметил-амина либо в присут. NH<sub>3</sub> или др. амина. Осадок гидрохлорида амина отделяют, р-ритель отгоняют, конечный продукт при необходимости перегоняют в вакууме (выход 90–95%).

ГМФА образуется также окислением гексаметилтриамина фосфористой к-ты (окислители – N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и др.) либо р-цией диметиламина с HP(O)[N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sub>2</sub> в присут. CCl<sub>4</sub>.

Многие орг. соед. в сочетании с ГМФА используют в качестве реагентов в орг. синтезе, напр. ГМФА с перборидом фенилтриметиламина [PhN(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]<sup>+</sup>Br<sub>3</sub><sup>-</sup> – как бромлирующий агент; с тиопропилатом лития C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>SLi – для расщепления эфиров до соответствующих к-т; с сульфурир. боргидридом натрия NaBH<sub>2</sub>S<sub>3</sub> – как восстановитель кетонов, альдегидов, оксимов; смесь ГМФА с Na и *трет*-бутиловым спиртом – как восстановитель α, β-ненасыщ. кетонов; смесь ГМФА с KOH и *трет*-бутиловым спиртом – для автоокисления алкилбензолов до ароматич. карбоновых к-т, а также тиолов и дисульфидов до сульфокислот.

ГМФА – светостабилизатор ПВХ, хемотрестерилизатор для насекомых, промотор стереоспецифич. р-ций, р-ритель.

ГМФА обладает общеядовитым действием по отношению к теплокровным, предположительно, канцерогенными св-вами. Т. всп. 105 °С.

Лит.: Корбридж Д., Фосфор. Основы химии, биохимия, технология, пер. с англ., М., 1982, с. 271; Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 1, М., 1970, с. 195. Г. И. Дрозд.

**ФОСФОРНЫЕ УДОБРЕНИЯ**, содержат в качестве осн. питат. элемента фосфор. Различают след. виды Ф.у.: водорастворимые (напр., *аммофос*, *диаммофос*, *суперфосфаты*); цитраторастворимые – раств. в щелочном р-ре цитрата аммония (*преципитат* и др.); лимоннорастворимые – раств. в 2%-ном водном р-ре лимонной к-ты (обесфторенные фосфаты, плавяный магниевый фосфат, термофосфаты, фосфатные сталеплавильные шлаки и др.); труднорастворимые – очень плохо раств. в слабых к-тах, не раств. в воде (*фосфоритная мука*, *костная мука*). Степень р-римости Ф. у. определяет желательные размеры их частиц. Водорастворимые удобрения используют в осн. в виде гранул (1–4 мм), цитрато- и лимоннорастворимые – обычно в виде порошков, труднорастворимые – только в виде тонкодисперсных порошков. О содержании питат. компонентов в

наиб. распространенных Ф. у. см. в ст. *Минеральные удобрения*.

Осн. сырье для произ-ва большинства Ф. у. – прир. фосфаты (см. *Апатит*, *Фосфориты*). Способы их переработки: кислотное разложение (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> или H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – суперфосфаты); электролиз и послед. окисление фосфора с образованием термич. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (двойной суперфосфат); гидротермич. разложение с удалением фтора и переводом фосфора в цитрато- и лимоннорастворимые формы (обесфторенные фосфаты); спекание или сплавление с соед. щелочных и щел.-зем. металлов (термофосфаты); дробление, сушка и тонкое измельчение (фосфоритная мука).

Среди всех видов Ф. у. наиб. универсальны водорастворимые удобрения, к-рые применяют на любых почвах под все с.-х. культуры при допосевном (основном), припосевном (напр., в рядки) и послепосевном (для подкормки) способах внесения. Цитрато- и лимоннорастворимые удобрения также используют на любых почвах под все культуры, но преим. для основного внесения под вспашку. Этим же способом вносят в кислые почвы в более высоких дозах труднорастворимые удобрения.

Гл. продукция пром-сти Ф. у. – водорастворимые удобрения (90% от общей выработки). Мировое произ-во 36 млн. т в год (в пересчете на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1987), в т.ч. в СССР 9 млн. т в год (1988). См. также *Аммония фосфаты*, *Комплексные удобрения*, *Нитрофосфаты*, *Фосфаты неорганические*.

Лит.: Справочная книга по химизации сельского хозяйства, под ред. В.М. Борисова, 2 изд., М., 1980; Карышов В.Ф., Химическая переработка фосфоритов, М., 1983; Смирнов П.М., Мурavin Э.А., Агрохимия, 2 изд., М., 1984; Технология фосфорных и комплексных удобрений, под ред. С.Д. Эвенчика, А.А. Бродского, М., 1987; Позин М.Е., Технология минеральных удобрений, 6 изд., Л., 1989. В.Ф. Карышов.

**ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ**, содержат в макромолекуле атомы фосфора. Для Ф. п. характерны высокая огнестойкость, хорошая адгезия к металлам, стеклу и др. материалам, ионообменные и комплексообразующие свойства.

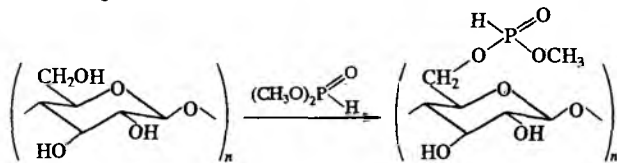
Значит. роль в живой природе играют прир. Ф. п. – *нуклеиновые кислоты* и *тейховые кислоты*.

Карбоцепные Ф. п. получают радикальной полимеризацией или сополимеризацией фосфорсодержащих мономеров, напр. *бис*-(β-хлорэтилвинилфосфоната (винифоса):

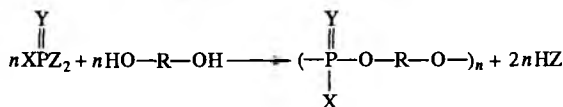


Для получения карбоцепных Ф. п. используют также полимераналогичные превращения, напр. взаимод. P<sub>4</sub>S<sub>10</sub> с полиэтиленом, диалкилфосфитов с каучуком, PCl<sub>3</sub> с полистиролом в присут. к-т Льюиса, O-фосфорилирование полиаллилового спирта.

Фосфорилированием целлюлозы, др. полисахаридов, белков и др. получают гетероцепные Ф. п. с атомами P в боковой цепи, напр.:



Гетероцепные Ф. п. с атомом P в осн. цепи (полиэфир, полиамиды, полиуретаны и др.) получают гл. обр. поликонденсацией. Полиэфир (полифосфиты, полифосфониты, полифосфонаты, полифосфаты) обычно синтезируют по схеме:



X – алкил, арил, алкоксил, ароксил; Y – O, S или неподеленная электронная пара; Z – обычно Cl, а также алкоксил и др.; R – алкилен, арилен.

Ф. п.– термо- и звукоизоляционные материалы, селективные ионообменники, лиганды в металлокомплексных катализаторах, стабилизаторы полимеров и др.; их используют для создания негорючих тканей.

См. также Координационные полимеры, Полифосфазены.

Лит.: Гейтер Е.Л., Фосфорорганические мономеры и полимеры, М., 1960; Оллок Г., Фосфорозистые соединения, пер. с англ., М., 1976; Копылова В.Д., Меквабишвили Т.В., Гейтер Е.Л., Фосфорсодержащие нитаты, Воронеж, 1992; Predvoditelev D.A. [а. о.], «Cell. Chem. Technol.», 1967, v.1, p. 179.

**ФОСФОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**, содержат в молекулах атом Р, связанный с орг. радикалами непосредственно или через гетероатом (O, S, N и др.). Первые Ф. с. (смесь метилфосфинов) получены в 1846 Л. Тенаром и И. Берцелиусом при метилировании фосфида Са.

**Классификация.** Ф. с. можно классифицировать по кол-ву заместителей у атома Р (координационному числу), к-рых м.б. от 1 до 6. Примеры соед. с разл. координационным числом атома Р приведены в табл. 1.

Табл.1.– ПРимеры фосфорорганических соединений с различными координационными числами атома Р

Координационное число	Соединение
1	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CC≡P
2	[(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> N] <sub>2</sub> C=P
3	P(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> ; (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> C-NP(=NC(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C
4	(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>3</sub> PO; P(CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>
5	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> P(OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>
6	CF <sub>3</sub> PHF <sub>4</sub>

По др. классификации, охватывающей наиб. распространенные Ф. с., выделяют фосфорсодержащие к-ты (см. также Фосфора кислоты) и их производные (табл. 2), а также фосфины и родств. соединения.

Табл.2.– НАЗВАНИЕ НЕКОТОРЫХ КИСЛОТ ФОСФОРА, ИХ ЭФИРОВ И СОЛЕЙ

Формула	Кислоты	Эфиры и соли
Производные пятивалентного Р		
(HO) <sub>3</sub> PO	Ортофосфорная к-та (фосфорная к-та)	Фосфаты
RP(O)(OH) <sub>2</sub>	Фосфовые к-ты	Фосфонаты
R <sub>2</sub> P(O)OH	Фосфиновые к-ты	Фосфинаты
Производные трехвалентного Р		
HP(OH) <sub>2</sub> *	Гипофосфористая к-та (фосфорноватистая к-та)	Гипофосфиты
P(OH) <sub>3</sub>	Фосфористая к-та	Фосфиты
RP(OH) <sub>2</sub> *	Фосфиновые к-ты	Фосфониты
R <sub>2</sub> POH*	Фосфиновые к-ты	Фосфиниты

\* Используются ф-лы таутомерных форм к-т с трехвалентным атомом Р.

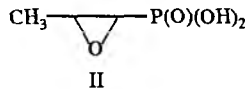
К Ф. с. второго типа относятся первичные RPH<sub>2</sub>, вторичные R<sub>2</sub>PH и третичные R<sub>3</sub>P **фосфины**, а также окисленные формы последних: фосфиноксиды R<sub>3</sub>PO, фосфинсульфиды R<sub>3</sub>PS (см. Фосфиноксиды и фосфинсульфиды), фосфинселениды R<sub>3</sub>PSe, фосфазосоединения R<sub>3</sub>P=NR и **фосфинилклены** R<sub>3</sub>P=CR<sub>2</sub>. Ко второму типу принадлежат также **фосфониевые соединения** R<sub>4</sub>P<sup>+</sup>X<sup>-</sup> и **фосфораны** R<sub>3</sub>P.

Известны также полифосфины и их производные [напр., дифосфины R<sub>2</sub>P—PR<sub>2</sub>, циклопентафосфины (ф-ла I)] и металлокомп-

I

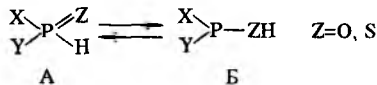
лексы [напр., (RO)<sub>3</sub>P·CuBr, (R<sub>3</sub>P)<sub>3</sub>RhCl, R<sub>3</sub>PO·SnR<sub>4</sub>]. Во всех приведенных ф-лах радикалы R м.б. одинаковыми или различными.

**Распространение в природе.** Разнообразные Ф. с. содержатся в живых организмах, где выполняют ответственные биол. ф-ции. К ним, напр., относятся **нуклеиновые кислоты, нуклеотиды**, фосфаты моносахаридов (напр., глюкозо-1- и глюкозо-6-фосфаты), нуклеозидмоноциклофосфаты (напр., **аденозинмонофосфат циклический**), разл. типы **фосфолипидов** и др. К прир. Ф. с. также относят производные фосфорных к-т – антибиотик фосфомицетин (II), фосфорные аналоги α- и β-аминокарбоновых кислот и пептиды на их основе.



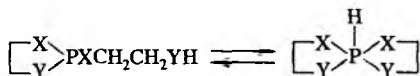
**Физические свойства.** Ф. с. могут быть газами, жидкостями или твердыми в-вами. Для идентификации и изучения их св-в используют все осн. физ.-хим. методы, но в первую очередь – спектроскопию ЯМР<sup>31</sup>P. Величины хим. сдвигов определяются гл. обр. электроотрицательностями атомов, связанных с атомом Р, и степенью обратного л-дативного взаимод. с ним. Сигналы ЯМР<sup>31</sup>P располагаются в очень широкой области значений (неск. сотен м.д.) и проявляют при этом выраженную специфичность (рис.).

**Химические свойства.** 1. Таутомерия. Для гидрофосфорильных соединений и тиогидрофосфорильных соед. известен такой вид прототропии:



Как правило, равновесие смещено в сторону формы А, однако при наличии сильных электроакцепторных заместителей X и Y [напр., (CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>POH] – в сторону Б.

Циклич. средние фосфиты и амидофосфиты с протонодонорной группой в боковой цепи могут частично или полностью превращаться в гидроспирофосфорановые формы:

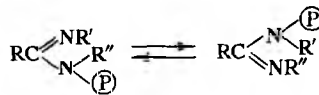


Тиокислоты фосфора характеризуются особым видом прототропии:



Увеличение электроакцепторных св-в заместителей X и Y приводит к накоплению формы Б.

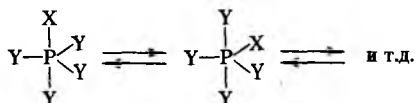
В химии Ф. с. известны и фосфотропные процессы, напр.:



Ⓟ – фосфорная компонента

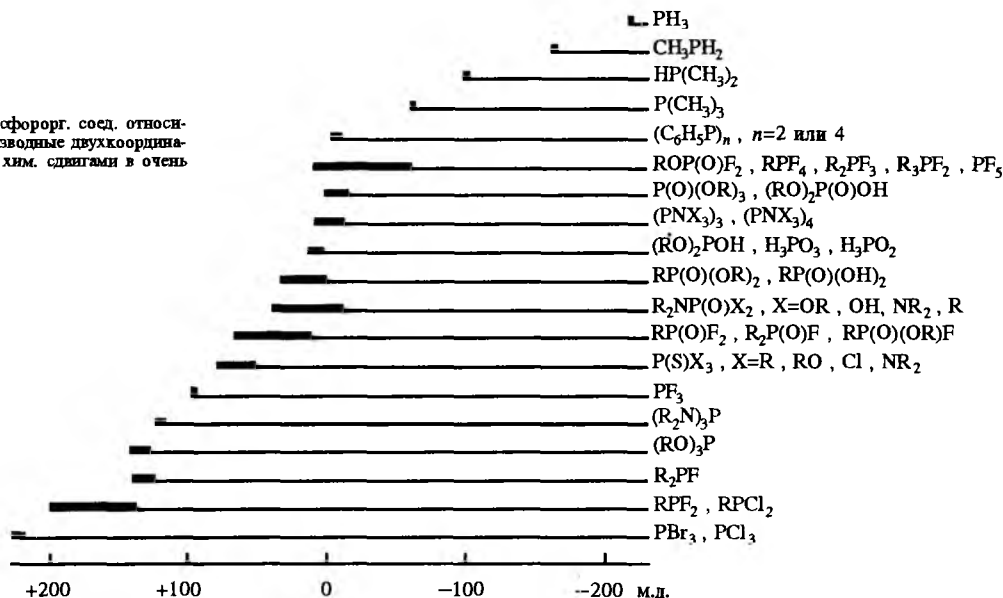
Если радикалы R и R' одинаковые, то процесс является вырожденным.

Особый вид таутомерии (**псевдообращение**) характерен для фосфоранов, к-рые способны обменивать у атома Р заместители, занимающие аксиальные и экваториальные положения:

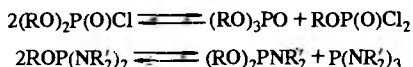


Принцип псевдообращения широко используют для объяснения механизмов реакций Ф. с.

Области хим. сдвигов <sup>31</sup>P фосфорорг. соед. относительно 85%-ной H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; производные двухкоординационного P характеризуются хим. сдвигами в очень сильных полях (до 450 м.д.).

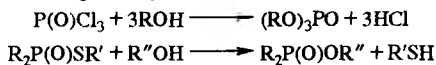


2. Диспропорционирование. Производные пяти- и особенно трехвалентного P, в молекулах к-рых атомы P связаны с разл. электроноакцепторными группами, склонны к межмол. обмену этими группами, напр.:

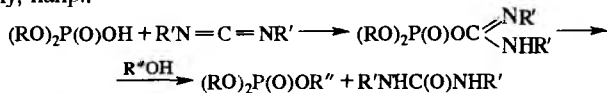


Диспропорционирование обычно катализируется к-тами. Наличие циклич. фрагментов в молекуле препятствует диспропорционированию.

3. Фосфорилирование. С помощью Ф. с., в молекулах к-рых атом P связан с электроноакцепторной (уходящей) группой, можно вводить фосфорный остаток в состав нуклеофилов (осуществлять *фосфорилирование*). В качестве уходящих групп обычно выступают галогениды, алкокси-, тиоалкоксигруппы и др., напр.:

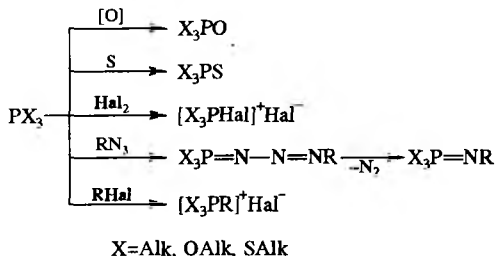


К-ты также используют в качестве фосфорилирующих ср-в, однако, как правило, после предварит. активации, т. е. после превращения кислотного гидроксила в легкоуходящую группу, напр.:

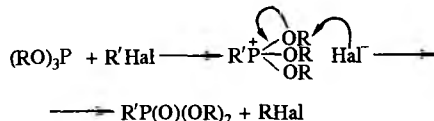


Производные к-т с трехвалентным атомом P проявляют более высокую фосфорилирующую активность, чем производные к-т с пятивалентным атомом P.

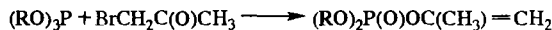
4. Важнейшие р-ции производных трехвалентного P. Эти соед. легко окисляются, присоединяют атомы S, Se, Te, Hal, иминируются, алкилируются:



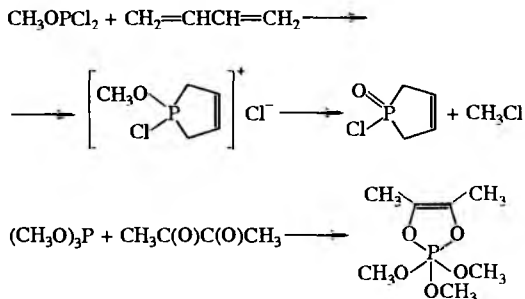
Если X = Oalk, SAlk, то первичный продукт взаимодей. PX<sub>3</sub> с RHal далее распадается с образованием фосфорильного (тиофосфорильного) соед. (*Арбузова реакция*):



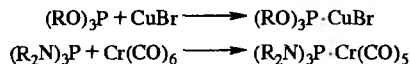
При взаимодей. средних фосфитов с α-галогенкарбонильными соед. может происходить как р-ция Арбузова, так и иной процесс, приводящий к фосфовиниловым эфирам (*Леркова реакция*):



Многие производные трехвалентного P присоединяются к сопряженным диенам и другим π,π-сопряженным системам; образующиеся продукты могут выделяться как целевые в-ва либо без выделения вступать в дальнейшие превращения, напр.:

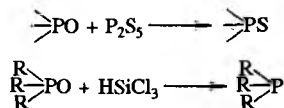


Соед. с трехвалентным атомом P легко образуют комплексы с производными переходных металлов, напр.:

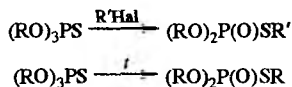


5. Важнейшие р-ции производных пятивалентного P. Кислород фосфорильной группы в таких Ф. с. заменяется на серу под действием P<sub>2</sub>S<sub>5</sub>. В молекулах третичных фосфиноксидов он элиминируется при восстановлении трихлорсиланом:

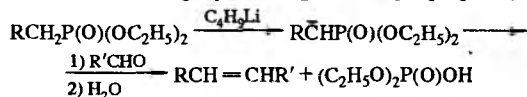




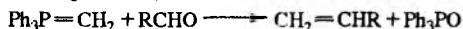
Сложные эфиры тионовых к-т при действии алкилгалогенидов или при нагр. претерпевают *тион-тиольную перегруппировку*:



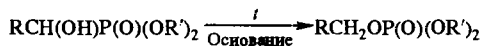
В большинстве фосфорильных соед. со связью С—Р α-метиленовые протоны фосфорильной группы подвижны, что приводит к их депротонированию при действии сильных оснований. Образующиеся карбанионы при взаимодействии с альдегидами и кетонами образуют олефины (*Хорнера реакция*):



Подобная р-ция происходит под действием фосфиналкиленов (*Виттига реакция*):



α-Гидроксифосфонаты при нагр. в присут. оснований могут превращаться в фосфаты (*фосфонат-фосфатная перегруппировка*):

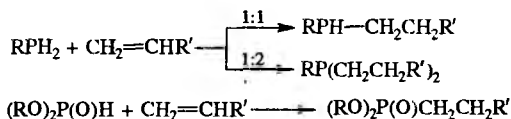


Фосфорильные соед. образуют комплексы с разл. переходными и непереходными металлами с участием кислорода фосфорильной группы. Устойчивость комплексов обычно сильно возрастает при хелатировании металла.

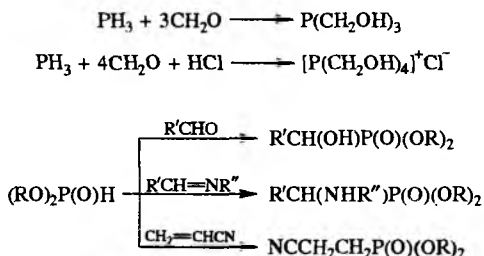
**Получение Ф. с.** Общий путь синтеза Ф. с. включает три последоват. стадии: 1) получение элементарного фосфора из минер. сырья; 2) превращение фосфора в неорг. производные (P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>, PCl<sub>3</sub>, PCl<sub>5</sub>, POCl<sub>3</sub>); 3) получение Ф. с. взаимодействием этих производных со спиртами, аминами, альдегидами, олефинами и др. Возможно также превращение фосфора в Ф. с., минуя неорг. производные (напр., путем взаимодействием элементарного Р с алкилгалогенидами или спиртами).

Среди многочисленных способов синтеза конкретных Ф. с. (они приведены в статьях о группах соед.) выделяют методы, позволяющие получать соед. со связью С—Р. Эти методы приведены ниже.

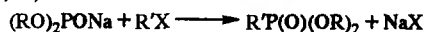
Фосфины и гидрофосфорильные (тиогидрофосфорильные) соед. в условиях гомолитич. р-ций легко присоединяются к олефинам с образованием связи С—Р:



Эти же соед. в условиях гетеролитич. р-ций присоединяются по связям С=О, С=N, С=S, С=C с образованием разнообразных функционализир. Ф. с.:



При алкилировании и арилировании средних эфиров к-трехвалентного Р образуется новая связь С—Р (р-ция Арбузова). Аналогично осуществляется р-ция с использованием металлич. солей гидрофосфорильных соед. (*Михаилса — Бейкера реакция*):



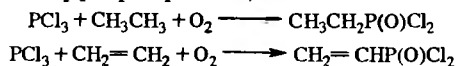
Этот синтез целесообразно проводить в условиях межфазного катализа.

Галогенанидиды орг. к-т фосфора образуются при взаимодействии PCl<sub>5</sub> и родственных в-в к непереходным соед.:

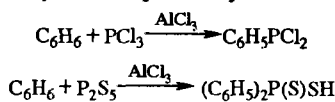


Эта р-ция хорошо идет в случае использования виниловых эфиров.

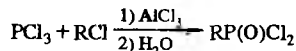
При взаимодействии алканов или алкенов с PCl<sub>5</sub> и кислорода образуются сложные смеси в-в, осн. компонентами к-рых являются дихлоранидиды фосфорных к-т (см. также *Окислительное хлорфосфорирование*):



Ароматич. соед. легко фосфорилируются PCl<sub>5</sub>, P<sub>2</sub>S<sub>5</sub> и др. электрофилами в условиях р-ции Фриделя — Крафта:

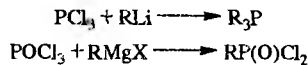


Алкилгалогениды в присут. к-т Льюиса алкилируют PCl<sub>5</sub> с образованием связи С—Р (*Клея — Киннера — Перрена реакция*):



При нагр. белого или красного Р с арил- или алкилгалогенидами образуется смесь хлорфосфинов. Вариант этой р-ции, представляющий практич. значение, — алкилирование Р в присут. иода.

Связь С—Р образуется также при взаимодействии галогенанидидов к-т фосфора с металлоорг. соед.; при этом один или неск. атомов галогена обмениваются на углеводородные радикалы:



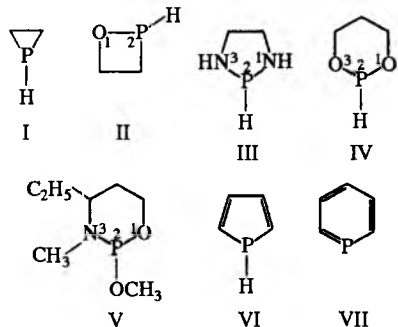
В некоторых случаях в эти р-ции нуклеоф. замещения по атому Р вступают и эфиры к-т фосфора.

**Применение.** Ф. с. широко используют в технике, с. х-ве и медицине. Многие из них в качестве комплексонных и экстрагентов применяются при получении цветных и редких металлов; для борьбы с коррозией и отложением солей в техн. водах; в качестве стабилизаторов и пластификаторов полимеров; в качестве мономеров для ионообменных и термостабильных полимеров, присадок для смазочных масел и гидравлич. жидкостей. Многие Ф. с. — лек. ср-ва, пестициды, фторореагенты, ПАВ; нех-рые фосфаты и фосфины, в т.ч. обладающие оптич. активностью, применяют для получения металлокомплексных катализаторов. Среди Ф. с. имеются отравляющие вещества. См. также *Фосфорсодержащие гетероциклы*.

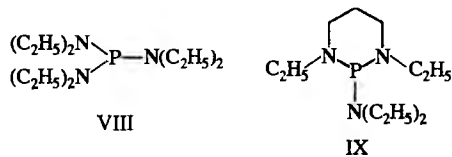
Лит.: Кабачник М.И., Фосфорорганические вещества, М., 1967; Нифантьев Э.Е., Химия фосфорорганических соединений, М., 1971; Пурдела Д., Выхлану Р., Химия органических соединений фосфора, пер. с рум. М., 1972; Арбузов А.Е., Избранные труды по химии фосфорорганических соединений, М., 1976; Корбридж Д., Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии, пер. с англ., М., 1982; Нифантьев Э.Е., Кухарев А.Т.С. Обзор монографий и обзоров по химии фосфорорганических соединений, М., 1989; Саззек К., в кн.: Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd 12/1, Bd 12/2, Stuttgart, 1963-64; Organic phosphorus compounds, eds. G.M. Kosolapoff, L. Maier, v. 1-7, N.Y.—[a.o.], 1972-76; Dictionary of organophosphorus compounds, ed. R.S. Edmundson, L., 1988. Э.Е. Нифантьев.

**ФОСФОРСОДЕРЖАЩИЕ ГЕТЕРОЦИКЛЫ**, гетероциклич. соед., содержащие в цикле в качестве гетероатома один или неск. атомов фосфора (наряду с др. гетероатомами или без них).

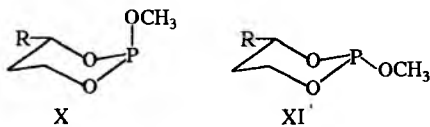
Называют Ф. г. по правилам номенклатуры *гетероциклических соединений* с использованием префикса «фосфа» (в нек-рых случаях «фосф» и «фосфор»; последний применяют всегда, если корень начинается с букв «ин»). Цифровые индексы указывают положение заместителей в кольце. Напр.: соед. I наз. фосфиран, соед. II – 1,2-оксафосфетан, соед. III – 1, 2, 3-диазафосфолан, соед. IV – 1, 3, 2-диоксафосфоринан, соед. V – 3-метил-2-метокс-4-этил-1, 3, 2-оксазафосфоринан, соед. VI – фосфол, соед. VII – фосфорин.



Наиб. подробно изучены моноциклич. Ф. г. Насыщенные моноциклич. Ф. г. во многом напоминают по св-вам соответствующие ациклич. соединения. Так, соед. VIII и IX проявляют примерно одинаковую склонность к окислению, сульфуризации, алкилированию. Оба реагируют со спиртами с разрывом связи P—N. Однако ациклич. соед. легко обменивает на алкоксил все три амидогруппы, а циклические – только одну (экзоциклическую); др. группы также могут принимать участие в обмене, но в более жестких условиях.

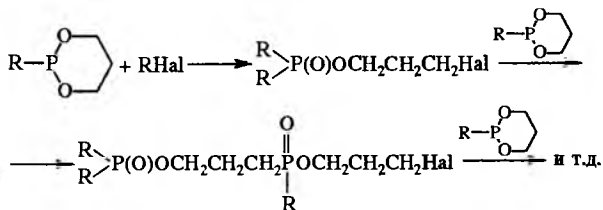


Реакц. способность таких гетероциклов зависит и от их геометрии. Так, стереоизомер X с аксиальной алкоксильной группой легче окисляется по атому P, чем стереоизомер XI с такой же группой в экваториальном положении.

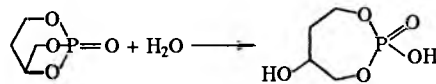
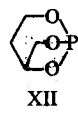


Размер кольца в Ф. г. также определяет ряд св-в этих соединений. Как правило, 1,3,2-диоксафосфоринаны (6-членные гетероциклы) являются более электронодонорными соед., чем подобные 1, 3, 2-диоксафосфоланы (5-членные гетероциклы).

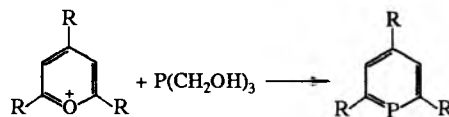
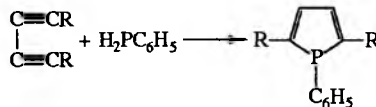
Ф. г., содержащие в цикле связи P—O, могут полимеризоваться. Катализаторы такого процесса – алкилгалогениды, «включающие» механизм *Арбузова реакции*, напр.:



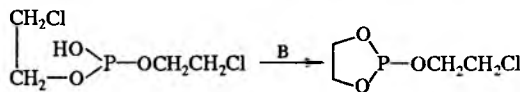
Большим своеобразием обладают напряженные бициклич. Ф. г. (напр., соед. XII). Угловое напряжение в связях O—P—O таких соед. приводит к понижению основности и нуклеофильности бициклов. По этой причине бициклофосфиты более стабильны, чем триалкилфосфиты. У этих соед. очень легко (значительно легче, чем у триалкилфосфатов) происходит разрыв связи P—O при действии протонсодержащих нуклеофилов; эта р-ция проявляет высокую региоселективность, напр.:



Для получения Ф. г. используют разл. р-ции, напр.:



Важную роль в получении Ф. г. играют фосфоэфирные циклизации, напр. (B – основание):



К Ф. г. относятся нек-рые очень важные прир. в-ва (напр., *аденозинмонофосфат циклический*), лек. ср-ва, пестициды, лиганды для металлокомплексных катализаторов, мономеры. Ф. г. широко используют в тонком орг. синтезе.

См. также *Дигетерофосфоланы*, *Дигетерофосфоринаны*.

Лит.: Пурдела Д., Вилчану Р., *Химия органических соединений фосфора*, пер. с рум., М., 1972; Нифантьев Э.Е., Завалишина А.И., «Успехи химии», 1982, т. 51, в. 10, с. 1601-37; Черкасов Р.А. [и др.], «Успехи химии», 1982, т. 51, в. 8, с. 1305-36; Mathy F., «Topics phosphorus chemistry», 1980, v. 10, p. 1-128; Quin L., *The heterocyclic chemistry of phosphorus systems based on the phosphorus-carbon bond*, N.Y., 1981.

Э.Е. Нифантьев.

**ФОСФОСФИНГОЛИПИДЫ**, *сфинголипиды* главным образом общей ф-лы RCH(OH)CH(NHCOR')CH<sub>2</sub>OP(O)(O<sup>-</sup>)X, где X = OH (церамидфосфаты); OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (*сфингомиелины*); OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup> (церамидфосфозетаноламины); OCH<sub>2</sub>CH(OH)CH<sub>2</sub>OH (церамидфосфоглицерины); OCH<sub>2</sub>CH(OH)CH<sub>2</sub>OP(O)(OH)<sub>2</sub> (церамидфосфоглицерофосфаты); OCH<sub>2</sub>CH(OH)CH<sub>2</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup> (церамидфосфоаминопропандиолы); CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NHC(O)R'' (церамидаминоэтилфосфонаты и их производные); R, R' и R'' у всех Ф.- алкил, алкенил или гидроксилалкил. К Ф. относятся также 1-дегидроксицерамид-1-фосфонаты RCH(OH)CH(NHCOR'), CH<sub>2</sub>P(O)(O<sup>-</sup>)X.

Главный представитель Ф. у теплокровных – сфингомиелины. Они также обнаружены в грибах и микроорганизмах; сфингозетаноламины выделены из тканей насекомых и их простейших. У микроорганизмов встречаются церамидфосфоглицерины, церамидфосфоглицерофосфаты, церамидфосфоаминопропандиолы.

В растениях и грибах встречаются соед. специфич. структуры, у к-рых X – остатки *мио*-инозита или углеводов (т. наз. фосфогликофосфинголипиды). Наиб. простой из них – церамидфосфоинозитид (X – остаток *мио*-инозита), к-рый выделен из семян высших растений, грибов и микро-

организмов. Функциональная роль почти всех Ф., кроме сингмиомилинов, изучена слабо.

Биосинтез Ф. осуществляется из керамидов  $RCH(OH)CHNH(COR')CH_2OH$ , на к-рые остатки  $P(O)(O^-)X$  переносится с помощью замещенного цитидиндифосфата.

Хим. синтез большинства Ф. осуществлен через керамид-фосфат или керамидпирофосфат. 1-Дегидроксицифганин-1-фосфонат  $C_{15}H_{31}CH(OH)CH(NH_2)CH_2P(O)(OH)_2$ , полученный синтетич. путем, был использован для изучения специфичности ферментов обмена Ф. Он оказался очень токсичным для животных, вызывает гемолиз эритроцитов в концентрации  $2 \cdot 10^{-5}$  М.

Лит.: Хьюиз ляшдос, М., 1983; Phospholipids, eds. J.N. Hawthorne, G.B. Ansell, Amst.-N.Y.-Oxf., 1982; The lipid handbook, eds. F.D. Gunstone, J.L. Harwood, F.B. Padley, L.-N.Y., 1986. Е.Н. Звонкова.

**ФОТОБУМАГА**, см. Бумага фотографическая.

**ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ** (фотоматериалы), светочувствит. материалы, предназначенные для получения фотографич. изображения. Различают галогеносеребряные Ф. м., в к-рых светочувствит. элементом является галогенид Ag, и несеребряные (светочувствит. элемент – соед. Fe, Cr, соли диазония и др.; см. Ретрография).

Наиб. распространены галогеносеребряные Ф. м., к-рые, в свою очередь, классифицируют: по назначению – общего назначения (для профессиональной и любительской художественной и хроникальной фотографии), для профессиональной и любительской кинематографии, спец. назначения (для пром. и научных целей – фототехн. работ, радиографии, аэрофотосъемки, астрофотографии, репродукирования, голографии, микрофильмирования и др.); по воспроизведению цвета объекта съемки – на черно-белые, цветные и монохроматические (с однотономным окрашенным изображением); по способу применения – на негативные (для съемки), позитивные (для печати с негативов), обрабатываемые (для прямого получения позитивного изображения); по виду подложки – на гибкой полимерной основе (фото- и киноплёнки), на жесткой основе (фотопластинки, чаще всего из стекла, реже керамики, металла и др.), на бумаге (фотобумага), без основы (бесподложечные слои для регистрации заряженных частиц высоких энергий); по формату – на листовые и рулонные (перфорированные и неперфорированные).

Ф. м. характеризуются сенситометрическими (общая и эффективная светочувствительность, коэф. контрастности, фотографич. широта, оптич. плотность вуали, макс. оптич. плотность изображения и др.), структурнорезкостными (разрешающая способность, среднеквадратич. гранулярность, ф-ция передачи модуляции и др.) и физ.-мех. (термостойкость, мех. прочность слоев, влагоемкость, скручиваемость, уд. поверхностное электр. сопротивление и др.) показателями. Сенситометрические и структурнорезкостные показатели зависят в осн. от размеров, формы и состава микрокристаллов  $AgHal$ , а также условий их хим. или спектральной сенсбилизации.

Осн. сенситометрич. характеристики Ф. м. определяют по эксперим. характеристич. кривой (сенситограмме, рис. 1), выражающей зависимость между логарифмом экспозиции  $\lg H$  и оптич. плотностью  $D$  почернения (образованного металлич. Ag) или цветного потемнения (образованного красителями). Экспозицию  $H$  вычисляют по ф-ле:  $H = Et$ , где  $E$  – освещенность,  $t$  – время экспонирования (выдержка). Оптич. плотность участков фотографич. слоя, не подвергавшихся действию света, наз. оптич. плотностью фотографич. вуали  $D_0$ ; она не зависит от экспозиции и определяется св-вами самого Ф. м. и условиями его обработки. Принятая в фотографии величина миним. оптич. плотности представляет собой сумму значений оптич. плотности вуали и оптич. плотности подложки. Наиб. оптич. плотность почернения (потемнения) Ф. м., т.е. плотность в высшей точке характеристич. кривой, наз. макс. плотностью  $D_{\max}$ .

Сенситометрич. испытания Ф. м. проводят в стандартных условиях, при к-рых важнейшим фактором является цветовая температура источника света – величина, характере-

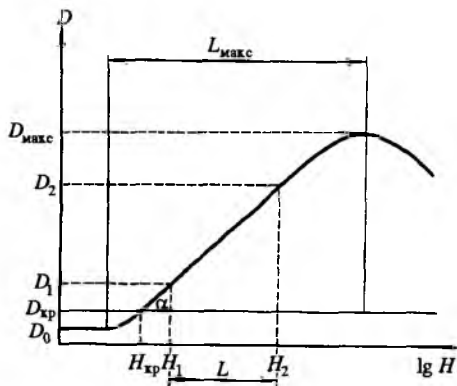


Рис.1. Характеристическая кривая зависимости оптической плотности от экспозиции (пояснение в тексте).

ризующая спектральный состав излучения источника света. Цветовая т-ра определяется т-рой абсолютно черного тела, при к-рой его излучение имеет такой же спектральный состав и такое же распределение энергии по спектру, что и излучение данного источника; выражается в кельвинах. В сенситометрич. измерениях обычно используют три цветовые т-ры: 2850 К – при испытании фотобумаг; 3200 К – для позитивных киноплёнок; 6500 К – для негативных Ф. м.

Светочувствительность  $S$  – способность Ф. м. регистрировать световое излучение и образовывать в фоточувствит. слое материала почернение (потемнение). Различают общую (к действию непрерывного излучения в видимой области спектра) и эффективную (к действию красного, оранжевого или желтого света) светочувствительность. Светочувствительность ( $см^2/Дж$ ) рассчитывается как величина, обратная пропорциональная экспозиции:  $S = 1/Et = 1/H$  (см. Фотография черно-белая). При характеристике Ф. м. светочувствительность измеряют, как правило, в относит. единицах – числа светочувствительности – по ф-ле  $S = k/H_{кр}$ , где  $H_{кр}$  – экспозиция, необходимая для получения определенной оптич. плотности потемнения  $D_{кр}$  (критерий светочувствительности);  $k$  – коэф. пропорциональности, имеющий определенное принятое значение для каждого из видов Ф. м. Для черно-белых негативных Ф. м. общего назначения за критерий светочувствительности приняты оптич. плотность  $D_{кр} = D_0 + 0,1$  и коэф. пропорциональности  $k = \sqrt{2}$ . Ниже приводятся примерные соотношения чисел светочувствительности Ф. м. в разл. сенситометрич. системах, принятых в мире, – единицах ГОСТ, или ISO – International Standards Organization, а также градусах DIN – Deutsche Industrie Normen (Германия):

Единицы ГОСТ/ISO	Градусы DIN	Единицы ГОСТ/ISO	Градусы DIN
2,0	4	200	24
5,0	8	320	26
16	13	400	27
32	16	1000	31
64	19	2000	34
100	21	3200	36

Строгого эквивалента между светочувствительностью Ф. м. и числами светочувствительности не существует; приблизительно считают, что 1 единица ГОСТ эквивалента  $10^6$   $см^2/Дж$ .

Коэф. контрастности  $\gamma$  – градиент прямолинейного участка характеристич. кривой – характеризует способность Ф. м. передавать различие яркости объекта съемки по различию оптич. плотностей потемнений. Определяется как тангенс угла наклона прямолинейного участка кривой к оси абсцисс:  $\gamma = \text{tg} \alpha = (D_2 - D_1) / (\lg H_2 - \lg H_1)$ .

Фотографическая широта  $L$  определяется как интервал яркостей объектов съемки, передаваемых на изображении с одинаковым коэф. контрастности; на характеристич.

кривой соответствует диапазону логарифмов экспозиций:  $L = \lg H_2 - \lg H_1$ . Интервал экспозиций, ограниченных верх. и ниж. пределами потемнений, наз. полным интервалом экспозиции  $L_{\text{макс}}$  или полной фотографич. шириотой.

Разрешающая способность  $R$  – способность Ф. м. раздельно передавать мелкие детали (участки) объекта фотографирования; выражается кол-вом разрешаемых линий на 1 мм в фотографич. изображении спец. тест-объекта (т. наз. резольвометрич. мйры).

Гранулярность – флуктуации оптич. плотности равномерно экспонированного и проявленного Ф. м.; численная оценка микронеоднородности (зернистой структуры) фотографич. изображения определяется среднеквадратич. гранулярностью.

Собственная спектральная чувствительность галогенидов Ag высока только для излучения с длиной волны, меньшей или равной 500 нм. Применение сенсibilизирующих красителей (см. *Сенсibilизация оптическая*) позволяет создать Ф. м., чувствительные ко всей видимой и ближней ИК области спектра с длиной волны до 1500 нм. В зависимости от спектральной чувствительности Ф. м. делят на несенсибилизированные (обычно позитивные и рентгенографические) – чувствительные к синим и более коротким лучам света и жесткому излучению; ортохроматические и изоортохроматические – чувствительные к синим и желто-зеленым лучам; панхроматические и изопанхроматические – чувствительные ко всему видимому спектру; инфрахроматические – чувствительные к синим лучам и ИК излучению.

Строение фотоматериалов. Все галогеносеребряные Ф. м. состоят из светочувствит. (эмульсионных) и дополнит. (вспомогат.) слоев, нанесенных на подложку (рис. 2–4).

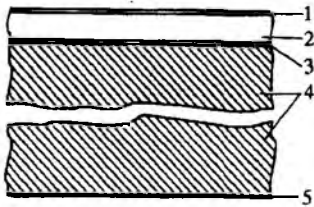


Рис.2. Строение черно-белых негативных и позитивных фотопленок: 1 – защитный слой; 2 – светочувствительный слой; 3 – подслоя; 4 – подложка; 5 – противоскручивающий антистатический бесц. лаковый слой.

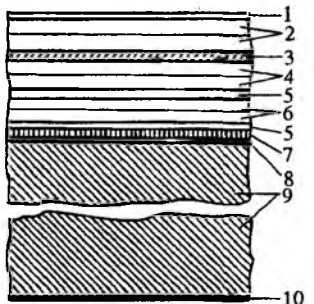


Рис.3. Строение цветной негативной фотопленки: 1 – защитный слой; 2 – синечувствительный слой (состоит из 2 подслоев); 3 – желтый фильтровый слой; 4 – зеленочувствительный слой (состоит из 2 подслоев); 5 – промежуточный слой; 6 – красночувствительный слой (состоит из 2 подслоев); 7 – противореольный слой; 8 – подслоя; 9 – подложка; 10 – противоскручивающий антистатический лаковый слой.

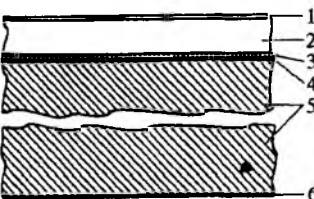


Рис.4. Строение черно-белых обрабатываемых фото- и кинопленок: 1 – защитный слой; 2 – светочувствительный слой; 3 – противореольный; 4 – подслоя; 5 – бесц. подложка из триацетата целлюлозы; 6 – противоскручивающий антистатический лаковый слой с восковым покрытием.

Основой всех Ф. м. является светочувствительный слой толщиной 3–30 мкм, х-рый представляет собой суспензию микрокристаллов AgHal (см. *Фотографические эмульсии*). Поверхностная концентрация AgHal (в пересчете на Ag) от 0,1 г/м<sup>2</sup> в малочувствит. Ф. м. до 5–10 г/м<sup>2</sup> в высокочувствит. негативных Ф. м. и до 10–35 г/м<sup>2</sup> – в радиографич.

материалах. В светочувствит. слое Ф. м. содержится до 40–60% AgHal (в нек-рых случаях, напр. в т. наз. ядерных эмульсиях, до 90%), 30–50% желатина и 5–10% влаги.

Подложкой для разл. Ф. м. могут служить стеклянные пластинки толщиной 0,8–5 мм (и более), гибкие полимерные пленки из триацетата целлюлозы толщиной 60–220 мкм или полиэтилентерефалата толщиной 25–175 мкм, а также металлич. и керамич. пластинки. Основа фотобумаги – гл. обр. бумага, картон, иногда ткань (см. *Бумага фотографическая*).

Для придания Ф. м. высоких физ.-мех., противоореольных, антистатич. и др. св-в на подложку и светочувствит. слои обычно наносят вспомогат. и дополнит. слои – подслоя, защитный, противоореольный, противоскручивающий, антистатический, фильтровый, промежуточный, восковый и др.

Подслоя – вспомогат. слой толщиной 0,5–1 мкм, нанесенный на подложку в целях обеспечения прочного сцепления (адгезии) светочувствит. слоя с подложкой. Подслоя для фото- и кинопленок содержит коллоидный р-р желатини в воде, орг. р-ритель, растворяющий полимер подложки, и орг. к-ту, стабилизирующую коллоидный р-р желатина; подслоя для фотопластинок содержит, кроме того, жидкое стекло, подслоя для фотобумаги – баритовый слой.

Защитный слой представляет собой слой сильно задубленного желатина с добавкой синтетич. полимера (напр., латекса) толщиной 0,5–1,5 мкм; наносится на пов-сть эмульсионного слоя фотопленки или фотобумаги и предохраняет его от мех. повреждений и воздействия окружающей среды.

Для уменьшения ореолов отражения при съемке яркосветящихся объектов в негативных кино- и фотопленках и фотопластинках под светочувствит. слой или на обратную сторону подложки наносят противоореольный лаковый или желатиновый слой, содержащий пленкообразующее в-во и краситель или пигмент (напр., золь Ag, сажу), к-рые обесцвечиваются или вымываются в процессе обработки Ф. м. В ряде негативных пленок роль противоореольной защиты выполняет прокрашенная в массу основа. Желатиновый противоореольный слой, нанесенный на обратную сторону подложки, служит также и противоскручивающим слоем.

Противоскручивающий слой (контрслоя) – лаковый слой из синтетич. полимеров, наносимый на обратную сторону подложки для улучшения плоскостности пленки, а в ряде случаев и для придания пленке глянца и улучшения антистатич. св-в.

Антистатич. слой – вспомогат. слой толщиной 0,5–1 мкм; представляет собой слой полимеров с добавками электролитов, электропроводящих наполнителей (высокодисперсные сажа, графит и др.), ПАВ и др. соед., способных поглощать из воздуха заряженные частицы, нейтрализующие заряд Ф. м., или влаги, повышающую его поверхностную проводимость.

Фильтровый слой служит для поглощения нежелательных лучей света, действующих на лежащие под ним светочувствит. слои. В цветных негативных Ф. м. применяют желтый фильтровый слой, поглощающий синие лучи и состоящий обычно из коллоидных частиц Ag, равномерно распределенных в желатине. Цветные пленки с недиффундирующими цветными компонентами имеют три эмульсионных слоя, фильтровый (цветоделительный) слой и зеленый или черный противоореольный слой на обратной стороне основы. Верхний эмульсионный слой чувствителен только к синей зоне спектра, и при цветном проявлении в нем образуется изображение из желтого красителя. Средний слой чувствителен к зеленой части спектра, и при проявлении в нем образуется пурпурный краситель. Нижний слой чувствителен к красной части спектра, и в нем образуется голубой краситель. Фильтровый слой помещается между верхним синечувствит. и средним зеленочувствит. эмульсионными слоями, защищая нижележащие слои от действия на них синих лучей; тем самым выполняется одно из условий правильного цветоделения при съемке. При обработке на стадиях отбеливания и фиксирования происходит обесцвечивание фильтрового слоя.

В цветных многослойных Ф.м. между эмульсионными слоями наносят промежуточные желатиновые слои толщиной 0,5–1 мкм, уменьшающие межслойные эффекты.

**Виды фотоматериалов.** Негативные фотопленки общего назначения применяются для фотосъемки при дневном и искусственном освещении в художественной, репортажной, любительской и профессиональной фотографии. Выпускаются черно-белые, монохроматические или цветные Ф.м. малой, средней и высокой светочувствительности. По спектральной чувствительности черно-белые фотопленки обычно панхроматические; цветные негативные пленки выпускают разл. видов: для съемки при дневном свете – сбалансированные к цветовой т-ре 5500 К (индекс "Д"), для съемки при искусст. освещении – сбалансированные к цветовой т-ре 3200 К (индекс "Л"); для съемки при любом освещении – сбалансированные к цветовой т-ре 4200 К.

Выпускают фотопленки гл. обр. на основе триацетата целлюлозы с противоореальным и противоскручивающим слоями в виде листов или рулонов. Ширина листов до 40 см, рулонов – 16, 35 или 61,5 мм при длине до 1,65 м.

Позитивные черно-белые фотопленки предназначены для любительской фотографии и репродукционных работ. Характеризуются высокой резкостью и глубоким черным тоном получаемого мелкозернистого изображения, повышенной мех. прочностью и термостойкостью фотограф. слоя. Выпускается в виде рулонов и листов.

Обращаемые фотопленки используют для получения черно-белого или цветного изображения – диапозитивов (слайдов). Характеризуются небольшой фотограф. шириной и требуют точной экспозиции при съемке.

**Фотографические материалы для промышленности и научных целей** по своим сенситометрич., структурно-резкостным и физ.-хим. св-вам подразделяются на фототехн. пленки и пластинки, радиографические, астрономич. пленки, Ф.м. для аэрофотосъемки, микрофильмирования и голографии. Характеризуются, как правило, высокой чувствительностью, контрастностью, могут иметь разл. спектральную сенсibilизацию и быть негативными или позитивными.

Фототехн. черно-белые пленки и пластинки предназначены для репродукционных и копируемых работ в полиграфии, радиоэлектронике и электротехнике. Изготавливаются на полиэтилентерефталатной (толщина 65–175 мкм) или триацетатцеллюлозной (100–200 мкм) подложках; м.б. несенсибилизированными, ортохроматическими и изопанхроматическими.

Радиографич. пленки предназначены для мед. рентгеновских и флюорографич. съемок, дозиметрич. контроля степени облучения живых организмов, наличия ионизирующих излучений, дефектоскопии, рентгеновского структурного анализа и рентгеновской спектроскопии. Характеризуются большой поверхностной концентрацией  $AgNaI$  в эмульсионном слое, высоким коэф. контрастности, имеют обычно два эмульсионных слоя, нанесенных на обе стороны подложки. Различают мед., техн. и дозиметрич. радиографич. Ф.м. Выпускаются на бесцв. или окрашенной в голубой цвет подложке из триацетата целлюлозы или полиэтилентерефталата толщиной 160–220 мкм (для форматных пленок) и 135–150 мкм (для рулонных флюорографич. пленок).

Астрономич. фотопленки и пластинки предназначены для регистрации малоконтрастных объектов небольшой угловой протяженности при астрономич. наблюдениях; позволяют получать данные о спектре излучения, скорости движения, положении в пространстве и структуре небесных тел. Характеризуются высокой контрастностью, высокой разрешающей способностью; для повышения чувствительности нек-рые астрономич. пленки подвергают гиперсенсibilизации.

Аэрофотопленки – негативные рулонные Ф.м. на гибкой полимерной подложке, предназначенные для аэросъемок. Характеризуются повышенной контрастностью; подразделяются на низкочувствит. высокоразрешающие, среднечувствит. и высокочувствит. черно-белые, спектральнозональные и цветные. Черно-белые аэрофотопленки по спектральной чувствитель-

ности м. б. изопанхроматическими, ортохроматическими, инфрахроматическими или многозональными (имеют максимум спектральной чувствительности в неск. зонах излучения от УФ до ИК). Спектральнозональные пленки характеризуются высокой чувствительностью как в видимой, так и ИК зонах спектра; изображение на них формируется из красителей в условиях цвета. Имеют обычно два или три эмульсионных слоя, чувствительных в разл. зонах спектра; верх. слой обычно инфрахроматический, нижний – ортохроматический или панхроматический; в состав этих слоев помимо  $AgNaI$  и др. составляющих входят цветообразующие компоненты, превращающиеся при цветном проявлении в красители. Выпускаются аэрофотопленки на полиэтилентерефталатной или триацетатцеллюлозной бесцветной или прокрашенной подложке разл. толщины в виде рулонов.

Фотопленки для микрофильмирования (типа «Микрат») предназначены для съемки и копирования чертежно-конструкторской документации, научно-техн. информации. Характеризуются высокой разрешающей способностью и контрастностью изображения; различаются величиной светочувствительности и разрешающей способностью, областью спектральной чувствительности, типом противоореального слоя. Выпускаются в виде листов или рулонов на полиэтилентерефталатной и триацетатцеллюлозной подложке.

Фотопленки для голографич. изображения и предназначены для записи голографич. изображения в сходящихся и встречных лучах лазерного излучения, для регистрации быстротекущих процессов, неразрушающего контроля разл. изделий, в качестве элементов памяти голографич. запоминающих устройств, в медицине для голографич. съемки внутр. органов, в искусстве для съемки художеств. и историч. объектов, портретов и т.п. Характеризуются низкой светочувствительностью, повышенной контрастностью, высокой разрешающей способностью; обычно имеют панхроматич. спектральную сенсibilизацию.

Инфрахроматические фотопленки предназначены для спектрального анализа и фотосъемки в ИК лучах в лазерной и полупроводниковой технике, астрономии, криминалистике и др. Различаются по величине светочувствительности и дополнит. спектральной чувствительности в интервале 810–1360 нм. Выпускаются на бесцв. полимерной подложке на основе триацетата целлюлозы или полиэтилентерефталата толщиной 140 мкм; очень чувствительны к действию повышенных т-р, поэтому хранятся обычно при отрицат. т-ре.

Фототкани – позитивные Ф.м., предназначенные для получения черно-белых и цветных фотопечатаков с негативными контактными и проекционными способами печати; по фотографич. св-вам близки к фотобумагам. Подложка в таких Ф.м. – аппретированные ткани из синтетич. и искусств. волокна или кл.-бум. ткани типа бязи.

Кинопленки для профессиональной и любительской кинематографии предназначены для разл. видов киносъемок и печати фильмов, записи и воспроизведения звука. Разделяются на черно-белые и цветные. Выпускают кинопленки след. типов: негативные, позитивные, обращаемые, контрастные (для получения дубль-негатива или дубль-позитива), фонограммные для записи звука, гидротипные (для получения цветных отпечатков). Кинопленки состоят практически из тех же слоев и характеризуются теми же показателями, что и фотопленки (рис. 2, 3 и табл.).

Выпускают кинопленки на гибкой триацетатцеллюлозной (реже полиэтилентерефталатной) подложке в виде полос (лент) разл. ширины в рулонах, на бобиных, сердечниках, катушках. По размерам м. б. шириной 8, 16, 35 и 70 мм с одно- или двусторонней перфорацией, длиной от 10 до 300 м.

Кинопленки для пром. и научных целей гл. обр. черно-белые инфрахроматические; предназначены для съемки в ИК области света при спектроскопич. анализе газов, жидкостей и твердых тел, регистрации лазерного излучения и тепловых полей, в атомном эмиссионном анализе, телефотографии, рентгенодиагностике. Характеризуются повышенной контрастностью, различаются по величине светочувстви-

ОСНОВНЫЕ ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ФОТОМАТЕРИАЛОВ

Марка фотома-тернала	Общая светочув-ствитель-ность, ед. ГОСТ	Коеф. контраст-ности (средний градиент)	Оптич. плотн. вуали	Фото-графич. широта	Разреша-ющая способ-ность, мм <sup>-1</sup>	Средне-квадрати-ческая грануляр-ность	Марка фотома-тернала	Общая светочув-ствитель-ность, ед. ГОСТ	Коеф. контраст-ности (средний градиент)	Оптич. плотн. вуали	Фото-графич. широта	Разреша-ющая способ-ность, мм <sup>-1</sup>	Средне-квадрати-ческая грануляр-ность
<b>Черно-белые негативные фотопленки</b>							<b>Фототехнические пленки</b>						
ФН-32	25-50	0,65-0,8	0,02	1,8	200	20	ФТ-51М	32	5,0	0,08	—	180	—
ФН-64	50-100	0,65-0,8	0,04	1,6	150	25	ФТ-101	0,2-0,5	10,0	0,06	—	250	—
ФН-125	100-160	0,65-0,8	0,06	1,6	110	25	<b>Радиографические пленки</b>						
ФН-250	160-400	0,65-0,8	0,08	1,5	100	35	РМ-6	1400	3,5	0,20	—	—	—
ФН-400	320-500	0,8-1,0	0,08	1,5	100	35	РМ-В	850	3,0	0,20	—	68-75	—
<b>Цветные негативные фотопленки</b>							РФ-3	1100	2,3	0,10	—	82	—
ЦНД-64	64	0,55-0,73	0,3;0,6;1,1	1,5	63	—	РТ-5	3	4,0	0,08	—	—	—
ЦНД-64	64	0,70-0,90	0,3;0,6;0,8	1,5	72	20	<b>Фотопленки для микрофильмирования</b>						
ЦНД-100	100	0,55-0,73	0,3;0,6;1,1	1,8	82	12	Микрат МФН	3-5	2,7	(0,12)	—	520	—
<b>Черно-белые позитивные фотокинопленки</b>							Микрат МФП	0,2	3,0	(0,12)	—	350	—
МЗ-3Л, МЗ-3	4,0-6,0	2,8-3,2	0,08	0,6	135	—	Микрат ВН	4	2,8	(0,12)	—	520	—
<b>Черно-белые обрабатываемые фотопленки</b>							<b>Черно-белые негативные кинопленки</b>						
ОЧ-50	50	1,1-1,6	0,06	1,65	100-110	—	НК-1	32	(0,62)	(0,29)	1,8	120	29
ОЧ-200	200	1,2-1,6	0,08	0,9	82-95	—	НК-2	100	(0,62)	(0,33)	1,8	110	33
<b>Цветные обрабатываемые фотопленки</b>							НК-3	250	(0,62)	(0,35)	1,8	90	48
ЦО-50Д	50	2,0-2,5	0,25	1,05	75	—	НК-4	500	(0,62)	(0,43)	1,8	75	65
ЦО-64	64	1,9-2,4	0,25	1,05	68	—	<b>Цветные негативные кинопленки</b>						
ЦО-100М	100	1,8-2,2	0,15	1,05	120	15	ЦН-100	100	(0,55±0,05)	(0,25;0,6;0,95)	1,8	70	8
ЦО-400	400	1,8-2,2	0,15	1,05	100	22	ЦН-320	320	(0,55±0,05)	(0,3;0,6;1,1)	1,8	—	10
<b>Фототехнические пленки</b>							<b>Фотопластинки</b>						
ФТ-10, ФТ-10П	11-22	1,1±0,15	0,05	—	100	—	ПФН-1Т	32-200	1,7-2,1	0,12	0,9-1,2	70-100	—
ФТ-20, ФТ-20П	4-11	1,9±0,2	0,05	—	100	—	ПФП-0,1Т	1-6	1,5-3,0	0,06	—	85-100	—
ФТ-30, ФТ-30П	1-2	3,4	0,06	—	116	—							
ФТ-41	0,5-1	4,5	0,06	—	195	—							

тельности в диапазоне видимого и ИК излучения от 600 до 980 нм.

При хранении Ф.м. наблюдается их старение, заключающееся в уменьшении светочувствительности с увеличением плотности вуали (т. наз. нормальное старение) или при практически неизменном уровне вуали («аномальное» старение). Каждый вид Ф.м. характеризуется гарантийным сроком хранения, в течение к-рого может наблюдаться падение чувствительности и рост вуали, что необходимо учитывать при экспонировании и хим.-фотографич. обработке. Чем выше светочувствительность Ф.м., тем меньше срок их хранения. Ф.м. необходимо хранить в оригинальной заводской упаковке при пониженной т-ре, не превышающей 18 °С, и относит. влажности 40-60%; они должны быть защищены от воздействия агрессивных газов, рентгеновского и радиоактивного излучения, мех. повреждений. Для длит. хранения черно-белых Ф.м. рекомендуется т-ра 4-5 °С, для цветных и инфракрасных Ф.м. — от -20 до 2 °С.

Лит.: Продукция и изделия химико-фотографической промышленности. Каталог, Черкассы, 1986; Дьяконов А.Н., Химия фотографических материалов, М., 1989; Журба Ю.И., Краткий справочник по фотографическим процессам и материалам, 4 изд., М., 1991.

**ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ ЭМУЛЬСИИ**, традиц. название суспензий светочувствит. микрокристаллов (зерен) галогенидов Ag в связующих — водных р-рах желатина, эфирах целлюлозы, агаре, альбумине и др. Нанесенные на подложку и высушенные Ф.э. образуют светочувствит. слой фотоматериалов.

Микрокристаллы могут состоять из индивидуальных труднорастворимых галогенидов Ag, их твердых р-ров или смесей, а также из разл. композиций AgNaI с заданным распределением галогенидного состава по объему или пов-сти микрокристаллов (двойниковых, эпитаксиальных, контактных и т.п.). Концентрация желатина в Ф.э. составляет обычно 5-10% по массе, концентрация AgNaI (в пересчете на металл. Ag) — 30-150 г Ag на 1 л Ф.э. Средние линейные размеры микрокристаллов 0,01-10 мкм, их кол-во в 1 см<sup>3</sup> (т. наз. удельное число) — 10<sup>10</sup> — 10<sup>16</sup>.

Ф.э. классифицируют, как правило, по галогенидному составу — на хлоро-, бромод- и иодосеребряные, хлоробромод-, бромодиод-, хлородиод- и хлоробромодиодосеребряные; по среднему линейному размеру зерен (условно) — на особо мелкозернистые (0,01-0,1 мкм), мелкозернистые (0,1-0,5 мкм), крупнозернистые (0,5-1,0 мкм), особо крупнозернистые (1-10 мкм); по светочувствительности к белому свету — на особо низкочувствительные, низкочувствительные, среднечувствительные, высокочувствительные (о светочувствительности см. в ст. *Фотографические материалы*); по разрешающей способности — на особо высокоразрешающие (разрешающая способность 1000-10000 линий/мм), высокоразрешающие (300-1000 линий/мм), среднего (100-300 линий/мм) и малого (30-100 линий/мм) разрешения; по однородности зерен микрокристаллов — на однородные (монодисперсные) с относит. распределением по размерам зерен (т. наз. коеф. вариации) от 5 до 15% и неоднородные с коеф. вариации более 15%; по способу получения — на аммиачные, безаммиачные, Ф.э. одноструйного и двухструйного методов получения и др.; по применению — на Ф.э. для фотобумаг и фотопленок, черно-белых и цветных позитивных, негативных и обрабатываемых фотоматериалов, для диффузионных процессов с переносом изображения и термопроявляемых фотоматериалов (см. *Репрография*).

В состав Ф.э. могут также входить разнообразные функциональные добавки, улучшающие их эксплуатационные характеристики: хим. и спектральные сенсibilизаторы (см. *Сенсibilизация оптическая, Сенсibilизация фотографических материалов*), стабилизаторы, антивуалирующие в-ва, пластификаторы фотографич. слоев, дубители (см. *Дублирование в фотографии*), смачиватели, антистатики, фильтровые красители, антиоксиданты, в-ва, повышающие кроющую способность металлич. Ag, и др. В Ф.э. для цветных фотоматериалов вводятся также спец. добавки: р-ры или масляные дисперсии цветообразующих компонентов, стабилизаторы цветного изображения, маскирующие добавки, ускорители и замедлители



проявления и пр. Готовые к применению Ф. э. могут содержать до 100 разл. компонентов.

Светочувствит. галогениды Ag образуются при осаждении из водно-желатиновых р-ров на стадии т. наз. эмульсификации по экзотермич. р-ции:  $Ag^+ + Hal^- \rightarrow AgHal$ . В качестве серебросодержащего агента используют водные р-ры  $AgNO_3$  или аммиачный комплекс  $[Ag(NH_3)_2]NO_3$ , иногда – орг. соед. Ag, напр. соли жирных к-т, комплексы тетразаиндена, бензимидазола, бензотриазола или меркаптотетразола, содержащие Ag. Галогенсодержащими реагентами служат галогениды K и Na, реже аммония, а также галогенсодержащие орг. соед., напр. бромуксусная к-та.

Первоначально протекает кристаллизационный процесс возникновения и послед. формирования микрокристаллов определенного размера вследствие растворения более мелких и роста более крупных микрокристаллов, коалесценции и перекристаллизации (т. наз. созревание Ф. э.). Вторая стадия – т. наз. хим. созревание, при к-ром на пов-сти кристаллов образуются неустойчивые комплексные соли Ag в результате взаимод.  $AgHal$  с соед. серы или др. в-вами, входящими в состав желатина. При распаде комплексных соед. в местах нарушения структуры кристаллич. решетки возникают центры светочувствительности, к-рые и определяют осн. фотографич. св-ва Ф. э.

Наиб. распространенные виды микрокристаллов  $AgHal$  в Ф. э.: однородные кубич. микрокристаллы  $AgBr$ , плоские микрокристаллы  $AgBr_{1-x}I_x$ , кристаллы типа ядро – оболочка разл. галогенидного состава (напр., кубич. кристаллы с ядром из  $AgBr_{1-x}I_x$  и оболочкой из  $AgBr$ , ромбич. кристаллы многооболочечной структуры с ядром из  $AgBr_{1-x}I_x$ , плоские кристаллы с таким же ядром и латеральными оболочками разл. состава), а также эпитаксиальные микрокристаллы [напр., эпитаксиальные кристаллы  $AgBr$  ( $AgCl$ ) на  $AgI$ ,  $AgCl$  на  $AgBr$ ,  $AgCl$  на плоских микрокристаллах  $AgBr_{1-x}I_x$ ].

Для получения Ф. э. применяют разл. способы кристаллизации. Метод т. наз. одноструйной кристаллизации и заключается во введении в термостатированный реактор при перемешивании последовательно р-ров связующего, галогенида (или смеси галогенидов) и соли Ag. Существуют разл. варианты метода, при к-рых варьируются т-ра реактора, галогенидный состав, концентрация и соотношение реагентов, скорости и последовательности их введения. Реагенты могут вводиться в реактор неск. порциями поочередно или дробно.

Метод т. наз. двухструйной кристаллизации заключается в одновременном введении эквимоллярных р-ров солей Ag и галогенидов в р-р связующего. В процессе осаждения кристаллов измеряют и регулируют концентрацию в р-ре ионов  $Hal^-$ ,  $Ag^+$  и  $H^+$ , а также скорость введения реагентов и их состав. Для поддержания гранулометрич. постоянства состава микрокристаллов и объема реакц. среды применяют микро- и ультрафильтрацию. Для регулирования размеров микрокристаллов, гранулометрич. однородности и структуры их пов-сти используют модификаторы роста – гл. обр. в-ва, образующие с ионами  $Ag^+$  или  $Hal^-$  труднорастворимые соединения.

После кристаллизации последовательно проводят вспомогат. стадии: 1) удаление водорастворимых солей и редиспергирование микрокристаллов в р-ре связующего; 2) хим. и оптич. сенсбилизация Ф. э.; 3) введение разл. добавок спец. назначения; 4) нанесение на подложку (полив).

Лит.: Бреслав Ю.А., «Журнал научной и прикладной фотографии и кинематографии», 1989, т. 34, № 4, с. 243–53; Photographic silver halide emulsions. Preparation, addenda, processing and systems, N. Y., 1989, p. 993–1015.

Ю.А. Бреслав.

**ФОТОГРАФИЯ ЦВЕТНАЯ** (от греч.  $\rho\acute{o}\varsigma$ , род. п.  $\rho\acute{o}\tau\acute{o}\varsigma$  – свет и  $\tau\rho\acute{\alpha}\rho\eta$  – пишу), совокупность способов и процессов получения изображения объекта фото- и киносъемки в натуральных цветах.

Большинство способов Ф. ц. основано на трехкомпонентной теории цветового зрения, согласно к-рой любой цвет можно получить из комбинации излучений трех основных цветов – красного, зеленого и синего. При фотосъемке раз-

дельно регистрируют на фотопленке действие этих излучений в виде трех фотографич. изображений (стадия цветоделения). К-рые на послед. стадии используют для цветовоспроизведения (синтез цветов).

Цветоделенные изображения м. б. получены на обычных черно-белых или многослойных цветных фотографич. материалах. В первом случае с объекта съемки экспонированием через красный, зеленый и синий светофильтры получают три одноцветных негатива, с к-рых печатают три частичных позитивных изображения; совмещая последние по контуру и проецируя через светофильтры на экран, получают цветное фотографич. изображение объекта (аддитивный способ синтеза цветовоспроизведений).

В наиб. распространенном случае с использованием многослойных цветных фотоматериалов цветоделение достигается путем избират. поглощения основных цветов тремя галогеносеребряными светочувствит. слоями (рис. 1): верхний неенсибилизированный слой чувствителен только к синим лучам, средний оптич. сенсбилизирован к зеленым лучам, нижний – к красным (см. *Сенсбилизация оптич.*). Скрытое фотографич. изображение образуется в каждом из трех эмульсионных слоев лишь под действием соответствующей части видимого света.

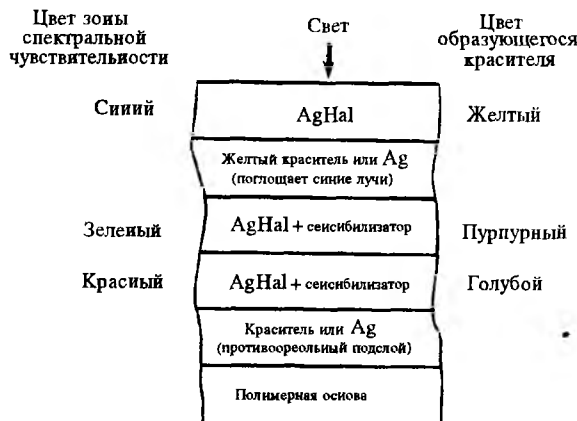


Рис.1. Принцип цветоделения на многослойных цветных фотографических материалах (пленки, бумага).

По способу воспроизведения цветного изображения различают гл. обр. негативно-позитивные и позитивные (с обращением) процессы. При негативно-позитивном процессе превращение скрытого изображения в видимое на первой стадии осуществляется под действием спец. проявителей для Ф. ц. (т. наз. цветных проявителей), к-рые не только превращают  $AgHal$  в металлич. Ag, но и вместе с цветообразующими компонентами эмульсионных слоев участвуют в образовании изображения из орг. красителей (см. *Проявление фотографического изображения*). В верх. слое получается изображение из желтого красителя, в среднем – из пурпурного, в нижнем – из голубого, т. е. цвет частичных изображений является дополнительным к цвету лучей при экспонировании (субтрактивный способ цветовоспроизведения, или гидротипия). Красители осаждаются на тех участках эмульсионного слоя, на к-рых есть металлич. серебро; поэтому полученное цветное изображение оказывается совмещенным с серебряным черно-белым. Позитивное изображение получают печатанием негатива на многослойной цветной фотобумаге; при этом все цвета на позитиве воспроизводятся такими же, как у фотографируемого объекта.

В случае позитивного (с обращением) процесса обработку экспонированного цветного фотоматериала ведут сначала в обычном черно-белом проявителе, содержащем в качестве проявляющего в-ва гидрохинон (иногда с фенидоном); при этом в эмульсионных слоях образуются три негативных цветоделенных изображения, состоящие из металлич. Ag. Затем фотографич. материал без фиксирования засвечи-

вают и под действием цветных проявителей из остаточного  $AgNaI$  во всех эмульсионных слоях получают частичные позитивные изображения из смеси металлич.  $Ag$  с красителем соответствующего цвета. После отбеливания  $Ag$ , фиксирования, промывки и сушки в эмульсионных слоях остаются изображения из красителей (частичные одноцветные позитивы), образующие в совокупности требуемые цвета объекта (см. также *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*).

При нек-рых способах позитивной Ф. ц. для экспонирования используют черно-белые фотоматериалы, вводя цветообразующие компоненты в состав проявителей. Получаемые этим способом изображения отличаются высоким качеством цветовоспроизведения, однако обработка фотоматериала включает раздельное для каждого слоя засвечивание и проявление цветными проявителями, что значительно усложняет процесс.

Для получения копий с многоцветных позитивов (позитивно-позитивный процесс) используют фотоматериалы, в светочувствит. слое к-рых заранее вводят желтый, пурпурный и голубой красители. При печатании, напр. с цветных «слайдов», в каждом слое цветного фотоматериала возникают скрытые фотографич. изображения, а после черно-белого проявления – цветоделенные негативы, состоящие из металлич.  $Ag$ . При послед. отбеливании в кислой среде ( $Ag$  переходит в  $AgNaI$ ) красители разрушаются, превращаясь в бесцв. аминокосоединения, а остаточные кол-ва красителей образуют в каждом слое соответствующие частичные позитивные изображения.

Широкое распространение получил цветной процесс с диффузионным переносом изображения, в результате к-рого на бумаге получают единственный цветной позитив (т. наз. моментальная съемка, или поляроид-процесс). Такой процесс является одноступенным: хим.-фотографич. обработка экспонированной пленки и получение позитива происходят одновременно непосредственно в фотоаппарате. Фотокомплект для съемки содержит катушки с намотанными на них цветной негативной пленкой и слабощувствит. фотобумагой и ампулы с пастообразным проявляюще-фиксирующим составом. После экспонирования пленка вместе с бумагой протягивается в обрабатывающую камеру фотоаппарата; при этом ампулы раздвигаются и паста равномерно распределяется между фотослоем негативного материала и приемным позитивным слоем (см. *Репрография*).

В используемой в этом процессе цветной фотопленке (рис. 2) каждый из трех желатиновых слоев с определенной спектральной чувствительностью разделен на два подслоя – верхний, светочувствит. (содержащий  $AgNaI$ ), и нижний, окрашенный в дополнительную к цвету зональной чувствительности верх. подслоя (соотв. в желтый, пурпурный и

голубой). Молекула каждого красителя содержит т. наз. проявляющую группировку (напр., гидроксинамовую), к-рая придает ему способность диффундировать (в щелочной среде) в соответствующий верх. подслой и проявлять в нем скрытое цветоделенное изображение. Молекулы красителя, участвующие в проявлении, окисляются и теряют способность диффундировать, оставаясь в «своих» подслоях; неизменные молекулы красителя, продолжая диффундировать, достигают желатинового слоя бумаги, находящегося в контакте с многослойной цветной пленкой, и участвуют в образовании цветного позитивного изображения в соответствии с субтрактивным принципом цветовоспроизведения.

Кроме обычной Ф. ц., воспроизводящей действительные цвета объектов съемки, в научной фотографии (напр., при аэрофотосъемке прир. объектов, съемок в космосе) используют двух- или трехслойные спектральнозональные пленки, чувствительные к отдельным зонам спектра, включая ИК излучение. Цвета на получаемых позитивах передаются с заведомым искажением, что позволяет наиб. четко выделить малоразличимые в естественных условиях детали местности. Фотографирование на черно-белые или цветные спектральнозональные пленки проводят спец. фотоаппаратом с желтым или красным светофильтрами; при печати применяют обычные цветные (многослойные) или спец. спектральнозональные (двух-слойные) фотобумаги и позитивные пленки. В черно-белом варианте сначала получают цветоделенные изображения в неск. зонах спектра, к-рые при цветовоспроизведении совмещают и рассматривают непосредственно или через соответствующие светофильтры; в цветном варианте цветоделенные изображения обычно совмещены. Спектральнозональную фотографию в рентгеновских лучах используют для микрофотосъемки биол. объектов и шлифов минералов, содержащих разл. включения. Осуществляют такую съемку на обычных трехслойных цветных фотоматериалах; при этом различие цвета изображения соответствует разл. глубине проникновения излучения (через один, два или три эмульсионных слоя).

Впервые на возможность фотографич. цветовоспроизведения указал Дж. Максвелл (1861), к-рый и осуществил аддитивный способ синтеза цветов. Субтрактивный способ цветовоспроизведения, наиб. употребляемый в настоящее время, был предложен Л. Дюко дю Ороном (1868). Основы цветоделения и цветовоспроизведения на цветных фотоматериалах были заложены нем. химиками Б. Гомолькой (1907) и Р. Фишером (1912); сами материалы впервые были выпущены в 1935 амер. фирмой «Истмен Кодак», а затем германской – «Агфа». Негативно-позитивный процесс на цветных фотоматериалах впервые осуществлен в 1939 на фирме «Агфа»; материалы для позитивно-позитивного процесса печатания копий появились в 60-е гг. в Швейцарии (фирма «Сибя-Гейги»); в США на фирме «Поляроид» в те же годы был осуществлен цветной процесс с диффузионным переносом изображения, изобретенный Э. Лэндом в 1948.

Лит.: Артюшин Л.Ф., Основы воспроизведения цвета в фотографии, кино и полиграфии, М., 1970; Зернов В.А., Цветоведение, М., 1972; Джеймс Т., Теория фотографического процесса, пер. с англ., Л., 1980; Артюшин Л.Ф., Цветная фотография, М., 1986; Кнселсв А.Я., Виленский Ю.Б., Физические и химические основы цветной фотографии, 2 изд., Л., 1990; Редько А.В., Основы черно-белых и цветных фотопроцессов, М., 1990; Фотография. Энциклопедический справочник, Минск, 1992.

**ФОТОГРАФИЯ ЧЕРНО-БЕЛАЯ** (серебряная фотография, галогеносеребряная фотография), совокупность способов и процессов получения изображения объектов на галогеносеребряных регистрирующих материалах. Используется для получения отдельного кадра неподвижного объекта на фотопленке (фотосъемка) или ряда последоват. кадров с изображением объекта в разл. фазах движения на кинопленке (киносъемка).

Осуществляется воздействием на регистрирующий слой фотографических материалов пучка видимого света, УФ, ИК, рентгеновского или электронного излучения (экспонирование) с получением негативного или позитивного изображения объектов съемки в разл. масштабах.

Различают т. наз. классические и нетрадиционные процессы Ф. ч.-б. (далее Ф.). К первым относят процессы с прояв-

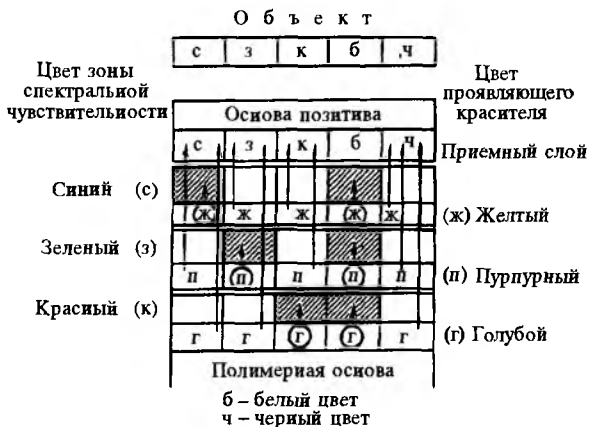


Рис. 2. Схема диффузионного цветного фотографического процесса (с обращением). Штриховкой обозначены черно-белые цветоделенные негативные изображения, состоящие из металлического серебра.

лением и закреплением изображения мокрой обработкой фотоматериалов (см. *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*), ко вторым – процессы с термич. проявлением изображения (напр., т. наз. процесс *dry silver*) или диффузионной обработкой фотоматериалов, напр. процесс типа «поляроид» (см. *Репрография*). В обоих случаях изображение объектов съемки м. б. негативным или позитивным.

Фотографич. процесс на галогеносеребряных материалах состоит из двух стадий: 1) экспонирование галогеносеребряного слоя для получения скрытого изображения из фотолитически восстановленных атомов Ag; 2) хим.-фотографич. обработка фотоматериала для визуализации скрытого изображения, включающая проявление изображения и закрепление проявленного изображения; полученное фотографич. изображение обычно считывают невооруженным глазом или с помощью оптич. приборов и электронно-оптич. преобразователей.

По назначению различают любительскую, профессиональную, техн., для научных и спец. целей и объемную Ф.

Любительская и профессиональная Ф. используется для воспроизведения изображения людей, отображения движущихся и неподвижных предметов (в т. ч. натуральных объектов), техническая – для воспроизведения (копирования и размножения) штриховых оригиналов в натуральную и заданную величину или со значит. уменьшением, а также для получения фотоформ в полиграфии. Ф. для научных целей применяют в астрономии (астрофотография, спектрофотография, фотографич. фотометрия), при исследовании строения в-ва (ядерная Ф., электронография, нейтронография, протонография, рентгенография, электронная микроскопия) и астрофиз. исследованиях (космич. Ф.); Ф. для спец. целей – для диагностики (медицинская, судебная), при регистрации быстро и медленно протекающих процессов (замедленная и ускоренная съемка), аэрофотосъем-

ки (аэрофотография). С помощью объемной Ф. воспроизводят трехмерное изображение с использованием обычных фотоматериалов и фотокамер с двумя объективами (стереоскопич. Ф.), растрованных галогеносеребряных материалов (растровая стереоскопич. Ф.) или голографич. светочувствит. материалов при двухлучевом экспонировании (голография). Вид Ф. характеризуется определенным типом применяемого фотографич. материала, аппаратурой и способом съемки, дополнит. обработкой и методом считывания изображения (табл. 1).

В Ф. при экспонировании на светочувствит. слой материала проецируют электромагн. (напр., световое) излучение, отраженное от непрозрачного объекта съемки (собственно Ф.) или прошедшее сквозь прозрачный объект (фотопечать). Свет, попадая на микрокристаллы AgHal, взаимодействует с ионами Hal<sup>-</sup>, в результате чего образуются своб. электрон и нейтральный атом галогена. Своб. электроны перемещаются в пределах микрокристалла до тех пор, пока не захватываются «ловушками» – дефектами кристаллич. решетки или посторонними включениями (ионами, атомами, молекулами), находящимися внутри или на пов-сти микрокристалла и наз. центрами светочувствительности. Обычный (нормальный) центр способен захватывать электроны только из микрокристаллов AgHal, крупный, кроме того, – из проявителя или др. обрабатывающих р-ров без предварит. экспонирования, т. е. он является потенциальным центром образования явля.

Ионы Ag<sup>+</sup>, расположенные вблизи центров светочувствительности, притягиваются к ним и восстанавливаются до нейтральных атомов. В результате вокруг ловушки образуется группа атомов Ag, формирующая элемент скрытого изображения. Процесс формирования центров скрытого изображения представляет собой многократное повторение описанных выше элементарных актов образования элек-

Табл. 1. – ВИДЫ ФОТОГРАФИИ И УСЛОВИЯ ИХ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Вид фотографии	Тип фотоматериала	Химико-фотографич. обработка	Аппаратура	Условия съемки
Любительская и профессиональная	Негативные и позитивные пленки и фотобумаги	Многорастворная ускоренная, термич., диффузионная	Фото- и кинокамеры общего назначения	При естеств. и искусств. освещении
Техническая	То же	Многорастворная ускоренная	Фото- и репродукционные аппараты	При искусств. освещении
Медицинская	Негативные пленки и пластинки	То же	С применением спец. съемочных устройств и светофильтров	При искусств. освещении, в ИК и УФ лучах
Рентгеновская	Негативные высокочувствит., высокоразрешающие пленки и пластинки	Многорастворная ускоренная	Камера с люминесцентным усиливающим экраном	В рентгеновских лучах со считыванием электронно-оптич. преобразователями
Судебная	То же	То же	Камеры со спец. объективами и светофильтрами	В видимой, ИК и УФ областях спектра, с изменением угла фотографирования
Астрофотография	Негативные высокочувствит., сенсibilизир. к УФ и ИК зонам спектра пленки и пластинки	Многорастворная	С применением электронной оптики	С использованием комбинированных светофильтров
Космическая	Негативные высокочувствит., высокоразрешающие пленки и пластинки	Многорастворная с замкнутым циклом	Камера для синхронного многоканального фотографирования. Для считывания – янтрагаторы	Спектрозональная съемка
Микрофотография	Негативные пленки и пластинки с высоким разрешением	Многорастворная или ускоренная	Камеры, агрегатированные с микроскопом	В прошедшем и отраженном свете; спектрозональная
Электронная микрофотография	То же	То же	С применением электронной оптики	С применением респик
Фотографирование быстро и медленно протекающих процессов	Негативные фото- и кинопленки	То же	С использованием электронно-оптич. преобразователей	При естеств. и искусств. освещении
Стереоскопическая	Негативные пленки	То же	Двухобъективные фотокамеры. Для считывания – стереоскопы	То же
Растровая	Негативные (в т. ч. растрованные) пленки и пластинки	Многорастворная	Фотокамеры общего назначения	Через растр или слой микролифа
Голографическая	Толстослойные пластинки с мелкозернистой эмульсией	Многорастворная голографическая	С применением лазеров	Двухлучевая при съемке и считывании изображения
Ядерная	Пластинки с ядерной эмульсией	Многорастворная	Камеры, агрегатированные с приборами для физ. исследований	Облучение быстрыми частицами

трона из иона  $\text{NaI}^-$  и захвата его  $\text{Ag}^+$ . Для образования центра скрытого изображения микрокристалл  $\text{AgNaI}$  должен поглотить минимум 4 кванта света, в среднем – 10–20 и более квантов.

В зависимости от числа атомов  $\text{Ag}$ , находящихся в центрах скрытого изображения, последние подразделяются на неустойчивые (самораспадающиеся), устойчивые (субцентры) и центры, способные в дальнейшем проявляться (центры проявления).

При фотографич. проявлении происходит перенос электронов от восстановителя, входящего в состав проявляющего р-ра, к центрам проявления. Последние обычно содержат такое кол-во атомов  $\text{Ag}$ , к-рое достаточно для каталитич. ускорения р-ции восстановления  $\text{AgNaI}$  до  $\text{Ag}^0$  (см. *Проявление фотографического изображения*). Из-за каталитич. действия  $\text{Ag}^0$  участки фотографич. слоя, получившие ббольшую экспозицию, проявляются быстрее, чем менее экспонированные участки.

О закреплении визуализированного проявлением скрытого изображения см. *Фиксирование фотографического изображения*.

Фотографич. процессы оценивают, используя сенситометрич. (светочувствительность, спектральная чувствительность, оптич. плотность, контрастность, фотографич. широта) и структурнорезкостным (разрешающая способность, резкость, гранулярность, частотно-контрастная характеристика) параметры фотоматериалов (см. *Фотографические материалы* и табл. 2). Кроме св-в фотоматериала и условий их обработки необходимо учитывать также и нек-рые т. наз. фотографич. и температурные эффекты. К первым относят соляризации, явление невязанности экспозиции и выдержки и влияние выдержки на скорость проявления, ко вторым – разрушение скрытого изображения при воздействии теплового излучения или длит. хранения экспонир. материала.

Табл. 2. – ТРЕБОВАНИЯ К ХАРАКТЕРИСТИКАМ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ФОТОГРАФИИ

Вид фотографии	Светочувствительность, $\text{см}^2/\text{Дж}$	Разрешающая способность, $\text{мм}^{-1}$	Зона спектральной чувствительности, $\text{нм}$
Любительская и профессиональная	$10^7$ – $10^8$	80–250	300–700
Астрофотография, спектрофотография	$10^7$ – $10^8$	100–200	200–1100
Аэрофотография, космич. фотография	$10^8$ – $10^9$	80–600	400–900
Техн. фотографии	$10^4$ – $10^6$	50–200	300–700
Голография	$10^3$ – $10^6$	до 5000	300–1100

Соляризация – снижение оптич. плотности изображения при экспозиции (плотности энергии оптич. излучения), превышающей нек-рое критич. значение. При чрезмерно больших экспозициях фотолит  $\text{AgNaI}$  продвигается и после образования центров скрытого изображения с выделением избыточного кол-ва  $\text{Ag}$  и газообразного галогена. Желатин, примыкающий в слое фотографии, эмульсии к пов-сти микрокристалла, не поглощает всего кол-ва галогена; его избыток взаимодей. с  $\text{Ag}$ , вновь образуя галогенид, к-рый препятствует контакту проявителя с центрами скрытого изображения. В результате этого плотность оптич. изображения и, следовательно, светочувствительность снижаются.

Явление невязанности – отклонение от закона взаимосвязанности Бунзена – Роско, согласно к-рому общая экспозиция  $H = Et = \text{const}$ , где  $E$  – освещенность,  $t$  – выдержка. В  $\Phi$ . этот закон соблюдается только при малых выдержках (до 50–100 мкс) и комнатной т-ре. При увеличении выдержки до неск. секунд светочувствительность растет, при дальнейшем увеличении – убывает. Причины отклонения от закона связаны с особенностями механизма образования скрытого изображения: время рекомбинации электрона с подвижными ионами  $\text{Ag}^+$  составляет при комнат-

ной т-ре ок.  $10^{-5}$  с, и образование атомов или групп атомов  $\text{Ag}$  происходит уже после прекращения экспонирования; поэтому при более коротких выдержках рекомбинации не происходит и, следовательно, чувствительность не зависит от выдержки, меньшей  $10^{-5}$  с.

При увеличении выдержки рекомбинация частично происходит до окончания экспонирования, в результате чего рост центров скрытого изображения происходит преим. на пов-сти микрокристаллов и в относительно небольшом числе мест, т. е. образуются крупные центры, обладающие значит. каталитич. действием по отношению к восстановлению серебра проявителем, что приводит к увеличению светочувствительности.

При дальнейшем увеличении выдержки скорость образования своб. электронов за счет фотоэффекта уменьшается, отдельные акты поглощения квантов (при той же экспозиции) становятся более редкими, хотя общее число квантов не изменяется. При этом одиночные атомы  $\text{Ag}$  превращаются в ион  $\text{Ag}^+$  и своб. электрон еще до того, как образуется след. электрон и возникнет возможность роста центра светочувствительности. В результате образование крупных центров замедляется и светочувствительность уменьшается.

Влияние выдержки при равных экспозициях на скорость проявления определяется т. наз. эффектом Кабана – Гофмана: чем больше выдержка  $t$  (т. е. чем ниже освещенность  $E$ ), тем выше скорость проявления скрытого изображения. Если при слабой освещенности атомы фотолитич. серебра сосредоточены гл. обр. на крупных центрах скрытого изображения, то при сильной образуются преим. малые центры, возникающие как на пов-сти, так и внутри микрокристалла, т. е. при проявлении работает только часть каждого центра и скорость проявления замедляется.

Под действием длинноволнового (в т. ч. теплового) излучения очень часто происходит фотоэлектрич. разрушение центров скрытого изображения (эффект Гершеля) с уменьшением оптич. плотности проэкспонированного этим излучением участка. Эффект объясняется разрушением поверхностных центров в результате вырывания из них электронов при поглощении квантов ИК излучения и, как следствие, отделения от этих центров ионов серебра (т. е. уменьшение размеров центров скрытого изображения). Фотоэлектрич. разрушение скрытого изображения происходит по р-ции, обратной его образованию.

Регрессия скрытого изображения – частичное или полное разрушение изображения, происходящее при длит. хранении экспонированного непроявленного фотоматериала под действием влаги, т-ры, химически агрессивных примесей воздуха (следы  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ , шелочей). Механизм регрессии аналогичен механизму эффекта Гершеля, но более интенсивен вследствие хим. взаимодействия; результат – существенное снижение оптич. плотности.

Развитие  $\Phi$ . на галогеносеребряных материалах определяется гл. обр. переходом к контролируемым способам получения эмульсий и фотоматериалов. К наиб. перспективным разработкам относятся способы контролируемой эмульсификации (см. *Фотографические эмульсии*). Эти способы позволяют получать, напр., плоские микрокристаллы галогенида  $\text{Ag}$ , микрокристаллы сложного строения заданной формы, огранки, галогенного состава и размера, а также микрокристаллы типа ядро – оболочка с регулируемым составом по толщине оболочки или от оболочки к оболочке. Св-ва таких микрокристаллов обычно эффективно задают и регулируют в зависимости от области применения фотографии. эмульсии.

Другое важное направление развития  $\Phi$ . – разработка эффективных способов хим. и спектральной сенсibilизации фотоматериалов (см. *Сенсibilизация оптическая, Сенсibilизация фотографических материалов*).

Первый фотографич. процесс на галогеносеребряных слоях (дагерротипия) был изобретен Л. Дагерром в 1835. Разработке  $\Phi$ . в ее совр. виде в значит. степени способствовали В. Фокс-Талбот, изобретатель негативно-позитивного процесса (1834), Ф. Скот-Арчер, создатель мокрого фотографич. процесса на светочувствит. слоях из коллодия (1851), и

А. Рассел, разработавший процесс на сухих желатиновых слоях (1864). Важный вклад в развитие классич. фотографии внесло открытие Г. Фогелем в 1837 спектральной сенсibiliзации.

Лит.: Чибисов К.В., Общая фотография, М., 1984; Чибисов К.В., Шербатов В.И., Слудкин А.А., Фотография в прошлом, настоящем и будущем, М., 1988. А.А. Слудкин.

**ФОТОИОНИЗАЦИЯ**, ионизация молекул и атомов под действием света. Однократная  $\Phi$  невозбужденной нейтральной молекулы  $M$  фотонами с энергией  $E = h\nu$  ( $h$  – постоянная Планка,  $\nu$  – частота излучения) приводит к образованию катион-радикала  $M^{+\cdot}$  с энергией возбуждения  $E(M^{+\cdot})$  и своб. электрона (фотоэлектрона) с кинетич. энергией  $\epsilon = E - E(M^{+\cdot}) - I_1(M)$ , где  $I_1(M)$  – энергия ионизации, соответствующая первому адиабатич. потенциалу ионизации. Если энергия возбуждения  $E(M^{+\cdot})$  превышает энергию активации мономол. распада, ион  $M^{+\cdot}$  диссоциирует на заряженный  $A^+$  и нейтральный  $B$  фрагменты (диссоциативная  $\Phi$ ).  $\Phi$  относится к первичным фотопроцессам; образующиеся под действием света катион-радикалы и электроны вступают во вторичные р-ции, к-рые приводят уже к конечным в-вам (см. *Фотохимические реакции*).

Скорость  $\Phi$ ,  $\nu = \sigma n \Phi_p$ , где  $n$  – число молекул в объеме ионизации;  $\Phi_p$  – фотонный поток через этот объем (число фотонов в с);  $\sigma$  – коэф., называемый полным сечением  $\Phi$  (величина порядка  $10^{-17}$ – $10^{-19}$  см<sup>2</sup>). Т. наз. парциальное сечение  $\Phi$  определяет вероятность образования  $M^{+\cdot}$  с определенной энергией возбуждения. Аналогично определяют сечение  $\Phi$  с образованием ионов определенного типа –  $\sigma(R^+)$ , электронов с заданной кинетич. энергией  $\epsilon - \sigma(\epsilon)$  и т. п. Зависимость  $\sigma$  от  $E$  имеет пороговый характер, т.е.  $\sigma = 0$  при  $E \leq E_0$ . Пороговая энергия  $E_0$  диссоциативной  $\Phi$  выражается через энергию диссоциации  $D$  или энтальпии образования  $\Delta H_{\text{обр}}^0$ :  $E_0 = I_1(M) + D(A^+ - B) = D(A - B) + I_1(A) = \Delta H_{\text{обр}}^0(A^+) + \Delta H_{\text{обр}}^0(B) - \Delta H_{\text{обр}}^0(M)$ .

Эксперим. методы исследования  $\Phi$  включают изучение спектральных зависимостей  $\sigma(E)$  в пороговой области, масс-спектральный анализ образующихся ионов и получение зависимостей типа  $\sigma(R^+) - E$ , определение энергии фотоэлектронов и регистрацию совпадений – одновременно образующихся электронов с данной кинетич. энергией и ионов определенной массы. Эти методы используются в фотоионизационной спектроскопии молекул, они сочетают высокое разрешение спектральных методов с высокой чувствительностью регистрации электрически заряженных частиц. Спектроскопия полного тока  $\Phi$  позволяет определять  $I_1(M)$  для орг. соед. с точностью до 0,01 эВ и сопоставлять эти значения с особенностями электронного строения молекул. Фотоионизационная масс-спектрометрия – один из наиб. точных и универсальных методов определения мол. и термохим. констант, входящих в выражение для  $E_0$ . *Фотоэлектронная спектроскопия* – единственный метод прямого измерения энергий ионизации, связанных с удалением всех валентных электронов. В рамках квантовохим. концепции *молекулярных орбиталей метода* значения этих энергий равны (с обратным знаком) энергиям занятых орбиталей основного состояния молекулы. Регистрация совпадений используется для изучения моно- и бимол. хим. р-ций ионов с определенной энергией возбуждения (см. *Ионно-молекулярные реакции*).

Ионизация большинства молекул при однофотонном поглощении возможна лишь под действием излучения в области вакуумного УФ. В ближней УФ и видимой областях спектра  $\Phi$  может происходить при воздействии сфокусированного лазерного излучения в результате поглощения неск. (до 10) фотонов в одном элементарном акте. Скорость  $\Phi$  возрастает на 3–4 порядка, если энергия фотона находится в резонансе со стационарными энергетич. термами молекулы (многоступенчатая  $\Phi$ ; см. *Многофотонные процессы*). В таких случаях удается осуществить ионизацию практически всех молекул в объеме  $10^{-2}$ – $10^{-3}$  см<sup>3</sup>, что используется для селективного детектирования молекул при рекордно низких их концентрациях (до  $10^{-10}$ – $10^{-4}$  частиц в объ. с ионизацией).

Лит.: Вилесов Ф.И., «Успехи физ. наук», 1963, т. 81, в. 4, с. 669–738. Нефедов В.И., Вольна В.И., Электронная структура химических соединений, М., 1987; Berkowitz J., Photoabsorption, photoionization, and photoelectron spectroscopy, N.Y., 1979. М.Е. Аюбян.

**ФОТОКАТАЛИЗ**, ускорение хим. р-ции, обусловленное совместным действием катализатора и облучения светом. Для кинетики фотокаталитич. р-ций характерны те же закономерности, что и для каталитич. и фотохим. р-ций (см. *Каталитические реакции кинетика*, *Фотохимические реакции*). Особенность фотокаталитич. р-ций состоит в том, что раздельное действие света или катализатора не оказывает значит. влияния на скорость р-ции.  $\Phi$  к. широко распространен в природе (см., напр., *Фотосинтез*).

**Типы фотокаталитич. р-ций:** 1) **Фотоиндуцированный катализ:**  $A \xrightarrow{h\nu} C$ ;  $S \xrightarrow{C} P$ . При поглощении фотона с энергией  $h\nu$  ( $h$  – постоянная Планка,  $\nu$  – частота излучения) неактивное в-во  $A$  (прекьюсор) превращается в катализатор  $C$ ; превращение субстрата  $S$  в продукт  $P$ , катализируемое  $C$ , является термич. (темновым) процессом. Квантовый выход  $\phi$  м. б.  $> 1$ , т. к. р-ция может идти и после прекращения облучения.

2) **Фотоактивированный катализ:**  $A \xrightarrow{h\nu} C$ ;  $C + S \xrightarrow{h\nu \text{ или } kT} P + A$  ( $kT$  – энергия теплового движения частиц,  $T$  – абс. т-ра,  $k$  – постоянная Больцмана). Это наиб. распространенный процесс. В отличие от предыдущего случая, катализатор  $C$  вызывает превращение субстрата  $S$  в продукт  $P$  фотохим. или термич. путем, превращаясь при этом в прекьюсор  $A$ . Таким образом,  $A$  регенерируется в этом процессе, однако для осуществления след. цикла необходимо поглощение дополнит. фотона. Для фотоактивированных р-ций  $\phi \leq 1$ , эти р-ции не идут в отсутствие облучения.

3) **Каталитич. фотореакции:**  $S \xrightarrow{h\nu} S^*$ ;  $S^* \xrightarrow{C} P$ . Катализатор реагирует с возбужденным состоянием субстрата  $S^*$ , к-рое затем превращается в продукт  $P$ . В отличие от процессов 1 и 2 фотон  $h\nu$  поглощается непосредственно субстратом, фотоактивации катализатора не требуется.

**Фотокаталитич. системы.** В гомогенных системах в качестве катализаторов чаще всего используют комплексы переходных металлов с неорг. и орг. лигандами. В металлокомплексном  $\Phi$  образующийся в результате поглощения фотона катализатор может представлять собой координационно ненасыщенный комплекс металла, ион металла или комплекс в промежут. окислит.-восстановит. состоянии либо реакционноспособные частицы (напр., своб. радикалы), возникающие из лигандов при фотохим. р-ции. В гетерогенных системах (твердое тело – газ или твердое тело – жидкость) в качестве фотокатализаторов используют полупроводниковые оксиды или сульфиды ( $TiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $CdS$  и др.), полупроводниковые оксиды с нанесенными металлами (напр.,  $Pt/TiO_2$ ,  $Rh/SrTiO_3$ ) и полупроводниковые дисперсии с нанесенными оксидами (напр.,  $RuO_2/TiO_2$ ). Активными центрами р-ции являются дырки и электроны, образующиеся в полупроводнике при облучении светом.

Наиб. распространены след. процессы  $\Phi$ .

1) **Фотоокисление и фотовосстановление** неорг. и орг. субстратов; фотокатализаторы – р-ры солей и комплексов переходных металлов,  $ZnO$ ,  $TiO_2$ ,  $WO_3$ ,  $SnO_2$  и др.; субстраты –  $CO$ ,  $H_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ ,  $CN^-$ , спирты, алканы, алкены и др.

2) **Фотогидрирование и фотодегидрирование** (напр., фотоприсоединение  $H_2$  к диенам на карбонильных комплексах  $Cr$ , фотодегидрирование ацетона и спиртов на порошках  $TiO_2$  и  $ZnO$ ).

3) **Фотодимеризация и фотополимеризация** (напр., фотодимеризация олефинов в присут. комплексов  $Cu$ ,  $Co$ ,  $Cr$ ,  $Ni$ ,  $Rh$ ).

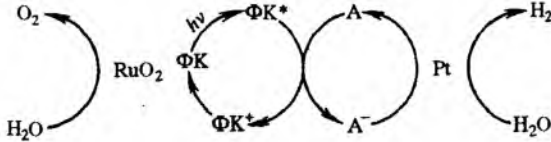
4) **Фотоизомеризация и диспропорционирование** (напр., *цис-транс*-фотоизомеризация олефинов и перемещение двойной связи в олефинах в присут. карбониллов  $W$ ,  $Mo$ ,  $Cr$ ,  $Fe$ ,  $Ni$ ).

5) **Фотоадсорбция кислорода на полупроводниковых оксидах** ( $ZnO$ ,  $TiO_2$  и др.), фотодесорбция  $CO_2$  с пов-сти  $ZnO$ .

6) Фотообмен кислорода и водорода ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$  и др.).

7) Фотоосаждение металлов (Pt, Cu, Pd, Ag и др.) из их солей на пов-сть полупроводниковых дисперсий. Процессы (5) – (7) известны только для гетерогенных систем.

**Применение.** Использование Ф. представляет большой интерес в связи с проблемой утилизации солнечной энергии. С помощью таких р-ций, происходящих с запасанием своб. энергии  $\Delta G$  системы, в принципе можно получить высокоэнергетич. и экологически чистое топливо из воды и газов атмосферы, являющихся доступным и практически неисчерпаемым сырьем. Одна из самых перспективных р-ций – фотокаталитич. разложение воды на  $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$  при облучении видимым или УФ светом. Этот процесс м. б. осуществлен в микрогетерогенных системах; обычно его изображают след. схемой (ФК – фотокатализатор):



В фотохим. стадии из фотокатализатора при участии возбужденного состояния  $\text{ФК}^*$  по сопряженной р-ции с акцептором А образуются достаточно сильный окислитель  $\text{ФК}^+$  и восстановитель  $\text{А}^-$ , т.е. происходит разделение зарядов. В качестве ФК часто используют комплекс  $\text{Ru}(\text{bipy})_3^{2+}$ , где  $\text{bipy}$  – 2,2'-бипиридин, а в качестве А – орг. бикатион  $\text{N}_1\text{N}'$ -диметил-4,4'-бипиридина (метилвиологен,  $\text{MB}^{2+}$ ). При применении в качестве ФК полупроводниковых систем роль  $\text{ФК}^*$  и  $\text{А}^-$  играют соотв. дырки в валентной зоне и электроны в зоне проводимости. Выделение  $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$  осуществляется в темновых каталитич. р-циях при взаимод. соотв.  $\text{А}^-$  и  $\text{ФК}^+$  с  $\text{H}_2\text{O}$ . В качестве катализаторов этих процессов обычно используют коллоидные Pt и  $\text{RuO}_2$ .

Запасание хим. энергии м. б. осуществлено и в результате проведения такой фотокаталитич. р-ции, к-рая позволяет получить более энергоемкое в-во (напр., в результате фотоизомеризации норборнадиена в квадрициклен в присут.  $\text{Cu(I)}$ ,  $\Delta G = 1$  кДж/г). В полиграфии (рельефная печать, гравюра, литография и др.) используют фотоиндуцированную полимеризацию дихроматных зольей желатина или альбумина (или поливинилового спирта).

*Лит.: Энергетические ресурсы сквозь призму фотохимии и катализа, пер. с англ., М., 1986; Ляшенко Л.В., в об.: Катализ и катализаторы, в. 23, К., 1985, с. 3–17; Неллиг Н. [а. о.], «Coord. Chem. Rev.», 1985, v. 61, p. 1–53.*

*Б.Н. Шелимов.*

**ФОТОЛИЗ**, разрыв связи в молекуле в результате поглощения фотона. Часто этот термин неточно используют в более широком смысле как любое хим. превращение при действии света на в-во. В термине «импульсный фотолиз» такое употребление считается приемлемым. Подробнее см. *Фотохимические реакции.*

*М.Г. Кузьмин.*

**ФОТОЛИТОГРАФИЯ**, способ формирования рельефного покрытия заданной конфигурации с помощью фоторезистов.

Ф. обычно включает: 1) нанесение фоторезиста на металл, диэлектрик или полупроводник методами центрифугирования, напыления или возгонки; 2) сушку фоторезиста при 90–110 °С для улучшения его адгезии к подложке; 3) экспонирование фоторезиста видимым или УФ излучением через фотошаблон (стекло, кварц и др.) с заданным рисунком для формирования скрытого изображения; осуществляется с помощью ртутных ламп (при контактном способе экспонирования) или лазеров (гл. обр. при проецир. способе); 4) проявление (визуализацию) скрытого изображения путем удаления фоторезиста с облученного (позитивное изображение) или необлученного (негативное) участка слоя вымыванием водно-щелочными и орг. р-рителями либо возгонкой в плазме высокочастотного разряда; 5) термич. обработку (дублирование) полученного рельефного покрытия (маски) при 100–200 °С для увеличения его стойкости при травлении; 6) травление

участков своб. пов-сти травителями кислотного типа (напр., на основе  $\text{HF}$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$  или  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) или сухими методами (напр., галогенсодержащей плазмой); 7) удаление маски р-рителями или выжиганием кислородной плазмой. Масштаб передачи рисунка фотошаблона обычно 1:1 или 5:1 и 10:1 (при проецир. способе экспонирования).

При изготовлении интегральных схем процесс повторяют многократно на разл. технол. слоях материала и при этом каждый послед. рисунок должен быть совмещен с предыдущим.

Часто для придания фоторезистному покрытию специфич. св-в (повышение стойкости к травителям, уменьшение отражения излучения от подложки, планаризация рельефа и др.) формируют многослойные покрытия, в к-рых один из слоев, обычно верхний, является собственно фоторезистом, а остальные имеют вспомогат. ф-ции. Двухслойное покрытие м. б. сформировано и в однослойном фоторезисте путем локальной хим. модификации пов-сти.

Разновидности Ф.: т. наз. взрывная (для получения рисунка на пленках металла) и инверсионная (для получения профиля изображения с отрицат. наклоном стенок). В первом случае рисунок получается путем напыления слоя металла на пластину с проявленным фоторезистом, а при снятии фоторезиста удаляют часть металлч. слоя, осевшего на маску; во втором – на позитивном фоторезисте получают негативный рисунок.

Осн. требования к Ф.: высокая разрешающая способность, минимально привносимая дефектность и большая производительность, к-рые определяют обычно св-вами фоторезистов, параметрами фотолитографич. оборудования и чистотой технол. помещений.

Вместе с др. видами микролитографии – электроно-, рентгено- и ионолитографией (соотв. экспонирование потоком электронов, рентгеновскими лучами и ионами легких элементов) – Ф. является одним из методов *планарной технологии* и применяется для изготовления интегральных микросхем, печатных плат, запоминающих устройств, высокочастотных приборов и др.

*Лит.: Мороз У., Микролитография, пер. с англ., М., 1990. См. также лит. при ст. Планарная технология.*

*Г.К. Селиванов.*

**ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ (ФА)**, совокупность методов мол.-абсорбционного спектрального анализа, основанных на избират. поглощении электромагн. излучения в видимой, ИК и УФ областях молекулами определяемого компонента или его соед. с подходящим реагентом. Концентрацию определяемого компонента устанавливают по закону Бугера – Ламберта – Бера (см. *Абсорбционная спектроскопия*). ФА включает визуальную фотометрию (см. *Колориметрический анализ*), *спектрофотометрию* и фотокolorиметрию. Последняя отличается от спектрофотометрии тем, что поглощение света измеряют гл. обр. в видимой области спектра, реже – в ближних УФ и ИК областях (т. е. в интервале длин волн от ~ 315 до ~ 980 нм), а также тем, что для выделения нужного участка спектра (шириной 10–100 нм) используют не монохроматоры, а узкополосные светофильтры.

Приборами для фотокolorиметрии служат фотоэлектроколориметры (ФЭК), характеризующиеся простотой оптич. и электр. схем. Большинство ФЭК имеет набор из 10–15 светофильтров и представляет собой двухлучевые приборы, в к-рых пучок света от источника излучения (лампа накаливания, редко ртутная лампа) проходит через светофильтр и делитель светового потока (обычно призму), к-рый делит пучок на два, направляемые через кюветы с исследуемым р-ром и с р-ром сравнения. После кювет параллельные световые пучки проходят через калиброванные ослабители (диафрагмы), предназначенные для уравнивания интенсивностей световых потоков, и попадают на два приемника излучения (фотозащитные), подключенные по дифференциальной схеме к нуль-индикатору (гальванометр, индикаторная лампа). Недостаток приборов – отсутствие монохроматора, что приводит к потере селективности измерений; достоинства – простота конструкции и высокая чувствительность благодаря большой светосиле. Измеряемый диапазон оптич. плотности



составляет приблизительно 0,05–3,0, что позволяет определять мн. элементы и их соед. в широком интервале содержащий – от  $\sim 10^{-6}$  до 50% по массе. Для дополнит. повышения чувствительности и селективности определений существенное значение имеют подбор реагентов, образующих интенсивно окрашенные комплексные соед. с определяемыми в-вами, выбор состава р-ров и условий измерений. Погрешности определения составляют ок. 5%.

При т. наз. дифференциальном ФА оптич. плотность анализируемого р-ра измеряют относительно оптич. плотности (к-рая не должна быть меньше 0,43) р-ра сравнения. Последний содержит определяемый компонент в концентрации, близкой к концентрации этого компонента в анализируемом р-ре. Это позволяет определять сравнительно большие концентрации в-в с погрешностью 0,2–1% (в случае спектрофотометрии). При фотометрич. титровании получают зависимость оптич. плотности титруемого р-ра от объема прибавляемого титранта (кривую титрования). По излому на этой кривой определяют конечную точку титрования и, следовательно, концентрацию исследуемого компонента в р-ре (см. *Титриметрия*).

Иногда ФА понимают более широко, как совокупность методов качеств. и количеств. анализа по интенсивности ИК, видимого и УФ излучения, включающую атомно-абсорбционный анализ, фотометрию пламени, турбидиметрию, нефелометрию, люминесцентный анализ, спектроскопию отражения и мол.-абсорбционный спектральный анализ.

*Лит.*: Марченко З., Фотометрическое определение элементов, пер. с польск., М., 1971; Булатов М.И., Калинин И.П., Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа, 4 изд., Л., 1976; Пешкова В.М., Громова М.И., Методы абсорбционной спектроскопии в аналитической химии, М., 1976. Э.Г. Тетерич.

**ФОТОМЕТРИЯ ПЛАМЕНИ ЭМИССИОННАЯ** (пламенная фотометрия), оптич. метод количеств. элементного анализа по атомным спектрам испускания. Для получения спектров анализируемое в-во переводят в атомный пар в пламени. Об абсорбционной Ф. п. (по атомным спектрам поглощения) см. *Атомно-абсорбционный анализ*; о флуоресцентной – *Атомно-флуоресцентный анализ*. Термическая Ф. п. – разновидность атомного эмиссионного спектрального анализа. В этом методе анализируемый р-р в виде аэрозоля вводят в пламя горючей смеси воздуха или  $N_2O$  с углеводородами (пропаном, бутаном, ацетиленом). При этом р-ритель и соли определяемых металлов испаряются и диссоциируют на своб. атомы. Атомы металлов и образовавшиеся в ряде случаев молекулы их оксидов и гидроксидов возбуждаются и излучают световую энергию. Из всего спектра испускания выделяют характерную для определяемого элемента аналит. линию (с помощью светофильтра или монохроматора) и фотоэлектрически измеряют ее интенсивность, к-рая служит мерой концентрации данного элемента.

Метод применяют для определения щелочных, щел.-зем., а также нек-рых др. металлов, напр. Ga, In, Tl, Pb, Mn. Пределы обнаружения щелочных металлов составляют 0,1–0,001 мкг/мл, остальных – 0,1–5 мкг/мл; относит. стандартное отклонение 0,02–0,04. Помехи в методе Ф. п. связаны гл. обр. с нарушением поступления элемента в пламя вследствие образования труднолетучих соед. (напр., интенсивность излучения Са снижается в присут.  $H_3PO_4$  и солей Al) и смещением равновесия ионизации металлов в пламени (напр., излучение К усиливается в присут. Pb и Cs). Помехи устраняют выбором подходящих р-ров сравнения, буферных р-ров, добавлением спец. реактивов, препятствующих образованию труднолетучих соединений и др.

*Лит.*: Подуэтов Н.С., Методы анализа по фотометрии пламени, 2 изд., М., 1967; Петерс Д., Хайес Дж., Хифтль Г., Химическое разделение и измерение, пер. с англ., кн. 1–2, М., 1978. См. также лит. при ст. *Спектральный анализ*.

**ФОТОННО-НЕЙТРОННЫЙ АНАЛИЗ**, основан на измерении интенсивности нейтронного излучения, возникающего в результате ядерной р-ции при взаимодействии  $\gamma$ -излучения внеш. источника с ядрами атомов анализируемых элементов. На ядрах Ве и D такая р-ция осуществляется при энергиях  $\gamma$ -квантов соотв. 1,7 и 2,2 МэВ, что позволяет использовать радионуклидные источники (напр.,  $^{124}Sb$ ,  $^{24}Na$ ); для др. элементов требуются потоки  $\gamma$ -квантов с энергиями более 6–7 МэВ, получаемые

с помощью ускорителей заряженных частиц (бетатроны и др.). Содержание элемента в пробе находят сравнением с содержанием его в эталонном образце. Посредством Ф.-н. а. определяют пока только Ве и D; предел обнаружения их в пробах массой 100–150 г составляет соотв.  $10^{-4}$  и  $10^{-2}\%$  при активности источника (70–190)· $10^7$  Бк и длительности измерений 2–10 мин.

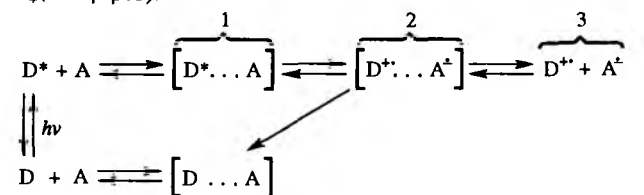
*Лит.*: Якубович А.Л., Зайцев Е.И., Пржиаговский С.М., Ядерно-физические методы анализа горных пород, 3 изд., М., 1982.

**ФОТООКИСЛЕНИЕ**, окислительно-восстановит. *фотохимическая реакция*. Суть Ф. составляет перенос электрона от возбужденной молекулы донора D к невозбужденной молекуле акцептора А. Ф. состоит из неск. стадий и начинается с поглощения донором квантов света  $h\nu$  ( $h$  – постоянная Планка,  $\nu$  – частота), к-рое приводит к переходу электрона с высшей занятой мол. орбитали (ВЗМО) на низшую свободную мол. орбиталь (НСМО) и образованию возбужденных частиц  $D^*$ . В присут. невозбужденных молекул А электрон переходит с НСМО донора  $D^*$  на НСМО акцептора А. В результате происходит окисление донора  $D^*$ , энергетически невозможное для обычного термич. (темнового) переноса электрона с ВЗМО донора на НСМО акцептора. При переносе электрона между  $D^*$  и А образуются радикальные продукты  $D^{+*}$  ( $D^+$  в том случае, если в качестве донора выступает нейтральная молекула D или анион  $D^-$ , либо продукты нерадикальной природы  $D(D^+)$ , если донором электрона является анион-радикал  $D^-$  или нейтральный радикал  $D^*$ . Соотв. радикальные или нерадикальные продукты образуются из акцептора (подробнее см. *Фотоперенос электрона*).

Изменение энергии Гиббса  $\Delta G$  при Ф. выражается соотношением  $\Delta G = I_p - E_a - \Delta E$  или  $\Delta G = E_{1/2}^{D^*} - E_{1/2}^{D^+} - \Delta E$ , где  $I_p$  – потенциал ионизации D;  $E_a$  – средство к электрону А;  $\Delta E$  – энергия кванта света  $h\nu$ ;  $E_{1/2}^{D^*}$  и  $E_{1/2}^{D^+}$  – потенциалы полувольты соотв. полярографии, окисления D и восстановления А. Условие протекания Ф.– выполнение неравенства  $\Delta G < 0$ . Скорость Ф. зависит от ряда параметров, определяющих в первую очередь  $\Delta G$  р-ции ( $E_{1/2}$  партнеров, энергия возбуждения D, собств. потенц. барьер р-ции, заряды и радиусы D и А и др.).

Константа скорости  $k_{\text{фот.}}$  близка к значению константы скорости диффузии в диффузионной области протекания (см. *Реакции в растворах*).

Промежут. стадии можно объединить след. схемой (для жидких р-ров):



Здесь 1 означает комплекс, образуемый в результате встреч  $D^*$  и А; 2 – ион-радикальную пару – продукт переноса электрона в комплексе 1; 3 – ион-радикалы, вышедшие в объем р-ра из клетки, образуемой молекулами р-рителями для радикальной пары. Если Ф. протекает с участием орг. молекул донора, то  $D^*$  вступает в р-цию в возбужденном синглетном или триплетном состоянии. Для достижения макс. выхода продуктов р-ции между  $D^{+*}$  и  $A^*$ , протекающей через триплетное состояние  $D^*$ , требуемая концентрация А обычно на неск. порядков меньше, чем в случае р-ции, протекающей через синглетное возбужденное состояние, что является следствием существенного различия (на неск. порядков) во временах жизни триплетных и синглетных возбужденных состояний. С диссоциацией пары конкурирует геминальная рекомбинация с образованием пары исходных (не возбужденных) реагентов  $D \dots A$ , вероятность этого процесса зависит, в частности, от мультиплетности состояний  $D^{+*} \dots A^*$  и  $D \dots A$ . Напр., геминальная рекомбинация триплетной пары является процессом, запрещенным по спину, синглетная пара преим.

рекомбинирует (спин-разрешенный переход) с образованием исходных реагентов (см. *Клетки эффект*).

Выход продуктов Ф. существенно зависит от св-в среды, прежде всего ее диэлектрич. проницаемости. В неполярной и малополярной средах выход  $D^{*+}$  и  $A^*$  резко падает, что связано с уменьшением энергии сольватации ион-радикалов.

Помимо описанного процесса с образованием электронно-возбужденной молекулы  $D^*$ , Ф. часто протекает в присут. третьего реагента – фотосенсибилизатора S. При этом первичным процессом может быть Ф. сенсибилизатора ( $S \xrightarrow{h\nu} S^*$ ;  $S^* + A \rightarrow S^{*+} + A^*$ ); с послед. его термич. регенерацией ( $S^{*+} + D \rightarrow S + D^{*+}$ ). Как в несенсибилизированном, так и сенсибилизированном Ф. образование возбужденных  $D^*$  и  $S^*$ , участвующих в первичном процессе окисления, происходит вследствие поглощения ими квантов света (непосредств. фотовозбуждение). Образование  $D^*$  или  $S^*$  может происходить также в результате безызлучат. переноса энергии от возбужденных молекул M к D или S (сенсибилизир. фотовозбуждение):  $M \xrightarrow{h\nu} M^*$ ;  $M^* + D(S) \rightarrow M + D^*(S^*)$ . Наиб. распространенное сенсибилизир. Ф. с участием синглетного кислорода: переход  $O_2$  из основного (триплетного) состояния в возбужденное (синглетное).

Первичные (радикальные) продукты Ф. участвуют в дальнейших превращениях с образованием конечных стабильных продуктов, конкурируя с рекомбинацией в объеме  $D^{*+} + A^* \rightarrow D + A$ , к-рая обуславливает обратимость Ф. Оно может стать необратимым, если первичные продукты  $D^{*+}$  и  $A^*$  способны к быстрым внутримол. превращениям с образованием новых промежут. продуктов ( $D^{*+}$  или  $A^*$ ), не способных к объемной рекомбинации. Напр., образующийся при Ф. ( $C_6H_5COO^*$ ) радикал  $C_6H_5COO^*$  претерпевает быстрое превращение:  $C_6H_5CO^* \rightarrow C_6H_5 + CO_2$ ; аналогично распадается катион-радикал  $R_4Sn^{*+} \rightarrow R_3Sn^+ + R$ . Повышение необратимости Ф. достигается за счет димеризации  $D^{*+} + D \rightarrow D_2^{*+}$ , рекомбинации ( $2D^* \rightarrow D_2$ ), а также надмол. организации среды (образование мицелл, везикул и т. п.).

Ф. – одно из наиб. распространенных и важных фотопревращений. Оно составляет сущность первичной стадии фотосинтеза зеленых растений, лежит в основе фотохим. синтеза мн. в-в, фотодеструктивного окисления полимеров и окрашенных материалов, фотохим. преобразования и запасаения солнечной энергии, спектральной сенсибилизации в фотографии. процессе. Ф. протекает в гомогенных р-рах, гетерогенных системах, полимерах, твердых телах в широком интервале т-р.

Лит.: Теренин А.Н., Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений, Л., 1967; Введение в фотохимию органических соединений, под ред. Г.О. Беккера, Л., 1976; Чибисов А.К., «Успехи химии», 1981, т. 50, в. 7, с. 1169–96; Photoinduced electron transfer, pt A, eds. M.A. Fox, M. Chanon, Amst., 1988. А.К. Чибисов.

**ФОТООКСИЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ПОЛИМЕРОВ, см. Деструкция полимеров.**

**ФОТОПЕРЕНОС ПРОТОНА**, одна из элементарных фотохимических реакций, заключающаяся в передаче протона от молекулы-донора к молекуле-акцептору, причем одна из этих молекул находится в электронно-возбужденном состоянии (синглетном или триплетном). Примеры Ф. п.: диссоциация 2-нафтола  $RONH$  в синглетном возбужденном состоянии  $RONH^*$  в воде, молекулы к-рой играют роль акцептора:  $RONH^* \cdot H_2O \rightarrow (RO^-) + H_3O^+$ ; бимолекулярная р-ция  $RONH^*$  с аминами:  $RONH^* + (C_2H_5)_3N \rightarrow (RO^-) + (C_2H_5)_3NH^+$ . Ф. п. регистрируется по флуоресценции  $RONH$  и  $RO^-$ .

Ф. п. происходит вследствие значит. изменения кислотности  $pK_a$  молекул при их фотовозбуждении. Изменение  $pK_a$  при возбуждении в синглетное состояние может достигать неск. единиц; оно м. б. вычислено по ф-ле Фёрстера:

$$pK_a^* = pK_a - (0,625/T)\Delta\nu,$$

где  $pK_a$  и  $pK_a^*$  – кислотности основного и синглетного возбужденного состояний соотв.;  $\Delta\nu$  – спектральный сдвиг 0–0-перехода (между ниж. колебат. подуровнями) при кислотной диссоциации соед. ( $см^{-1}$ );  $T$  – абс. т-ра. Поэтому Ф. п. может наблюдаться в системах с кислотно-основным взаимодей., в к-рых перенос протона в основном состоянии возмо-

динамически невыгоден. Подавляющее большинство известных р-ций Ф. п. осуществляется с участием гетероатомов (ОН-групп фенолов, N атома азотистых гетероциклов и т. п.) и протекает с сохранением электронного возбуждения, т. е. относится к классу адиабатич. р-ций. Известен и адиабатич. Ф. п. с участием атома C (напр., ароматич. кольца).

Различают меж- и внутримолекулярный Ф. п. В последнем случае передача протона происходит между кислотной и основной группами в одной молекуле. В общем случае Ф. п. протекает в неск. стадий: образование возбужденного комплекса с водородной связью, перенос протона в возбужденном комплексе, диссоциация первичного продукта (напр., возбужденной ионной пары) на ионы. Характер конечных продуктов Ф. п. зависит в осн. от полярности р-рителя: в полярных р-рителях (вода, ацетонитрил) Ф. п. приводит, как правило, к появлению своб. сольватированных ионов, а в р-рителях средней полярности образуются ионные пары. Межмолекулярный Ф. п. может осуществляться как при бимолекулярном взаимодей., так и при фотовозбуждении комплексов с водородной связью, образованных в невозбужденном состоянии. Константы скорости бимолекулярного Ф. п. зависят от разности  $pK_a$  реагентов и ограничиваются диффузионными величинами  $10^9 - 10^{10} M^{-1} \cdot c^{-1}$ . Константы скорости Ф. п. в комплексах с водородной связью и внутримолекулярного Ф. п. могут достигать  $10^{12} c^{-1}$ , что соответствует практически безактивационному процессу. Ф. п. может протекать и в твердых р-рах орг. соед. (напр., в низкотемпературных стеклах или полимерных матрицах).

Лит.: Мартынов И.Ю. [и др.], «Успехи химии», 1977, т. 46, в. 1, с. 3–31; Lahiri S.C., «J. Sci. and Ind. Res.», 1979, v. 38, № 9, p. 492–509.

А.Б. Демьяквич.

**ФОТОПЕРЕНОС ЭЛЕКТРОНА**, перенос электрона под действием света от молекулы-донора D к молекуле-акцептору A; одна из наиб. распространенных фотохимических реакций. Обычно описывается т. наз. циклом Фёрстера, согласно к-рому при переходе молекулы-донора в электронно-возбужденное состояние потенциал ионизации молекулы-донора  $I_e(D^*)$  уменьшается на величину энергии возбуждения  $E^*(D)$ , а сродство к электрону молекулы-акцептора  $A_e(A^*)$  увеличивается на величину энергии возбуждения  $E^*(A)$ :

$$I_e(D^*) = I_e(D) - E^*(D); \quad A_e(A^*) = A_e(A) + E^*(A)$$

Ф. э. может происходить тремя разл. путями: 1) прямой фотоионизацией с послед. захватом электрона (эжекция электрона); 2) в донорно-акцепторном комплексе непосредственно в акте поглощения фотона; 3) при р-ции первоначально возбужденной молекулы с донором или акцептором электрона. После Ф. э. образуется ион-радикальная пара (геминальная пара; см. *Радикальные пары*), к-рая впоследствии в малополярной среде (диэлектрич. проницаемость  $\epsilon < 20$ ) превращается в контактную сольватированную ион-радикальную пару – эксиплекс, обнаруживаемый по появлению в спектре флуоресценции новой полосы (см. *Экзимеры, Эксиплексы*). В сильнополярных средах ( $\epsilon > 30$ ) происходит диссоциация ион-радикальной пары и эксиплекса на ион-радикалы.

Представление о Ф. э. как одном из важнейших механизмов тушения флуоресценции было впервые высказано В. Бауэром (1929); К. Вебер (1932) связал эффективность тушения с окислит.-восстановит. потенциалом вещества-тушителя. Для описания кинетики Ф. э. используют представления, развитые Р. Маркусом. Константа скорости Ф. э.  $k$  определяется своб. энергией активации переноса электрона  $\Delta G^\ddagger$ :

$$k = k^0 \exp(-\Delta G^\ddagger / RT),$$

где  $k^0$  – предэкспоненциальный множитель,  $R$  – газовая постоянная,  $T$  – абс. т-ра. Энергия Гиббса Ф. э. определяется ф-лой:

$$\Delta G = I_e(D) - A_e(A) - E^* - C,$$

или

$$\Delta G = E^0(D/D^*) - E^0(A^+/A) - E^* - C,$$

где  $C$  – энергия кулоновского взаимодей. ионов, образующихся в результате Ф. э.;  $E^0(D/D^*)$  и  $E^0(A^+/A)$  – соответствующие стандартные потенциалы окисления донора и восстановления акцептора.

Ур-ние Маркуса предсказывает квадратичную (колоколообразную) зависимость своб. энергии активации Ф.э. от энергии Гиббса:

$$\Delta G^{\ddagger} = \Delta G_0^{\ddagger} [1 + (\Delta G / a \Delta G_0^{\ddagger})]^2,$$

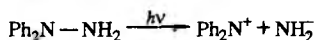
где  $\Delta G_0^{\ddagger}$  – своб. энергия активации переноса электрона при  $\Delta G = 0$ ,  $a$  – эмпирич. постоянная, равная  $\sim 4$ .

Эксперим. проверка, проведенная Д. Ремом и А. Веллером (1970), показала, что даже в случае сильно экзотергич. процессов не наблюдается уменьшения константы скорости Ф.э., определяемой по тушению электронно-возбужденных состояний донорами и акцепторами электрона. Ими было предложено эмпирич. ур-ние, удовлетворительно описывающее эксперим. данные:

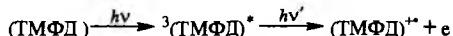
$$\Delta G^{\ddagger} = (\Delta G/2) + [(\Delta G/2)^2 + (\Delta G_0^{\ddagger})^2]^{1/2}$$

При обратном Ф.э. (в эксиплексах) наблюдается т. наз. инверсная маркусовская область, т. е. уменьшение константы скорости Ф.э. при увеличении энергетич. эффекта.

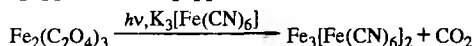
Ф.э. – ключевая стадия в разл. фотохим. р-циях и фотопроцессах (фотосинтезе, фотографии). Напр., под действием света может происходить диссоциация производных гидразина:



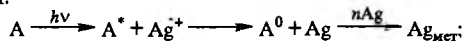
Последоват. поглощение двух фотонов N,N,N',N'-тетраметил-*n*-фенилендиамином (ТМФД) при 77 К приводит к образованию красителя синего Вюрстера:



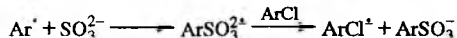
Цианотипия, до недавнего времени широко использовавшаяся для изготовления копий (синек), основана на Ф.э. в системе ферриоксалат-феррицианид:



Спектральная сенсibilизация галогеносеребряных фотоматериалов красителем А м. б. схематично изображена след. образом:



символ  $\text{A}^0$  обозначает отсутствие заряда. Фотоиницированное цепное фотозамещение в ароматич. ядре при взаимодействии галогенароматич. соед. с донорами электрона D может протекать с высоким квантовым выходом (более 20):



Нарушение принципа сохранения орбитальной симметрии (см. Вудворд – Хоффмана правила) в нек-рых орг. фотохим. р-циях также объясняют наличием промежут. стадии Ф.э. и образованием эксиплекса.

Лит.: Теренн А.Н., Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений, Л., 1967; Крюков А.И., Шерстюк В.П., Дилунг И.И., Фотоперенос электрона и его прикладные аспекты, К., 1982; Rehm D., Weller A., «Israel J. Chem.», 1970, v. 8, № 2, p. 259–71.

Н.А. Садовский.

**ФОТОПЛАСТИНКИ**, см. *Фотографические материалы*.

**ФОТОПЛЕНКИ**, см. *Фотографические материалы*.

**ФОТОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ**, образование полимеров под действием света, гл. обр. УФ излучения. Осуществляется в газовой, жидкой и твердой фазах. К Ф. относят все фотохим. процессы получения полимеров независимо от их механизма – цепного (полимеризационного) или ступенчатого (поликонденсационного). В первом случае свет служит только для инициирования р-ции, к-рая далее развивается как обычная полимеризация. Во втором случае каждый акт роста цепи требует поглощения кванта света.

При цепной Ф. излучение может поглощаться непосредственно молекулами мономера или инициатора либо молекулами др. в-в (т. наз. сенсibilизаторов), к-рые затем передают молекулам мономера или инициатора энергию излучения.

При сенсibilизации Ф. в газовой фазе используют пары Hg, кетоны и др., в жидкой фазе – разл. красители, многоатомные ароматич. соед., карбонилы, соли и ацетилацетонаты переходных металлов и др.

В пром-сти применяют гл. обр. цепную Ф., напр. для получения оптически однородных изделий (орг. стекло и др.) и нек-рых стереорегулярных полимеров. Получают распространение Ф. в тонких пленках для отверждения покрытий, изготовления печатных форм, микросхем и т.п. В лаб. практике Ф. используют для определения элементарных констант скорости радикальных р-ций.

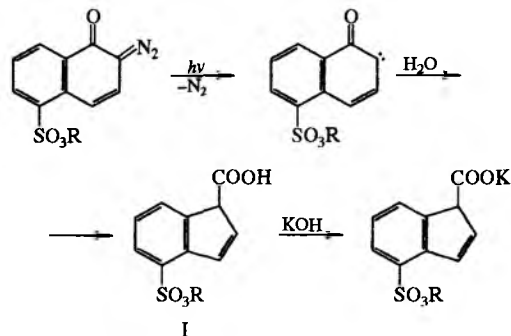
**ФОТОРЕЗИСТЫ**, светочувствит. материалы, применяемые в фотолитографии для формирования рельефного покрытия заданной конфигурации и защиты нижележащей пов-сти от воздействия травителей.

Ф. обычно представляют собой композиции из светочувствит. орг. в-в, пленкообразователей (феноло-формальдегидные и др. смолы), орг. р-рителей и спец. добавок. Характеризуют Ф. светочувствительностью, контрастностью, разрешающей способностью и теплостойкостью (см. *Репрография, Фотографические материалы*). Область спектральной чувствительности Ф. определяется наличием в светочувствит. орг. в-вах хромофорных групп, способных к фотохим. превращениям, и области пропускания пленкообразователя.

По спектральной чувствительности различают Ф. для видимой области спектра, ближнего ( $\lambda$  320–450 нм) и дальнего ( $\lambda$  180–320 нм) УФ излучения, по характеру взаимодей. с излучением делят на позитивные и негативные. Ф. могут быть жидкими, сухими и пленочными. Жидкие Ф. содержат 60–90% по массе орг. р-рителя, пленочные – менее 20%, сухие обычно состоят только из светочувствит. в-ва. Жидкие Ф. наносят на подложку (см. *Планарная технология*) центрифугированием, напылением или накаткой валиком, сухие – напылением и возгонкой, пленочные – накаткой. Последние имеют вид пленки, защищенной с двух сторон тонким слоем светопроницаемого полимера, напр. полиэтилена. В зависимости от метода нанесения формируют слои толщиной 0,1–10 нм; наиб. тонкие слои (0,3–3,0 мкм) формируют из жидких Ф. методом центрифугирования или из сухих Ф. методом возгонки.

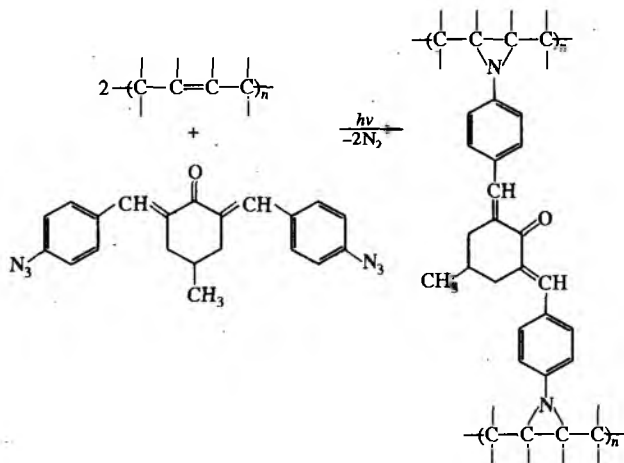
При экспонировании в слое Ф. образуется скрытое изображение. При этом светочувствит. компонент претерпевает ряд фотохим. превращений, напр. подвергается фотополимеризации или структурированию либо разлагается с выделением газообразных продуктов; в зависимости от этого светочувствит. в-во закрепляется (сшивается) на экспониров. участках и не удаляется при дальнейшем проявлении (визуализации) под действием орг. или водно-щелочных р-рителей или плазмы (негативные Ф.) либо переходит в растворимое состояние и легко удаляется с экспониров. участков при проявлении (позитивные Ф.).

Из позитивных Ф. наиб. распространены композиции, содержащие в качестве светочувствит. компонента сульфэфиры *o*-нафтохинондиазида (5–40% по массе), а в качестве пленкообразователя – новолачные смолы (до 50%). При экспонировании сульфэфир переходит в сульфопроизводное инденкарбоновой к-ты (Ф-ла I) и при проявлении под действием водно-щелочного р-рителя удаляется с экспониров. участков пов-сти вместе со смолой:



I

Среди негативных Ф. наиб. распространены композиции на основе циклоолефиновых каучуков с диазидами в качестве сшивающих агентов, а также сенсibilизированные поливиниловый спирт, поливинилпирролидон и др. Схема превращения негативного Ф. на основе каучука и диазида представлена р-цией:



Сшитый полимер закрепляется на подложке, а рельефное изображение (маска) образуется в результате вымывания Ф. с неэкспониров. участков.

Для дальнего УФ излучения применяют позитивные Ф. на основе сенсibilизиров. полиметакрилатов и арилсульфоэфиров с фенольными смолами, а также негативные Ф. на основе композиций галогенированных полистиролов и диазидов с феноло-формальдегидными и др. смолами. Перспективны Ф., работающие на принципе хим. усиления скрытого изображения; такие Ф. в качестве светочувствит. компонента содержат ониеые соли (напр.,  $Ph_3S^+X^-$  и  $Ph_2I^+X^-$ , где  $X = AsF_6, SbF_6, PF_6, CF_3SO_3$ ), катализирующие темновые р-ции др. компонентов Ф. (напр., эфиров нафтолов, резольных смол).

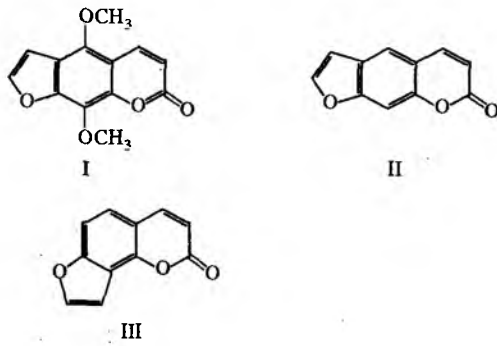
Позитивные Ф. чувствительны к экспозиции 10–250 мДж/см<sup>2</sup>, имеют разрешающую способность 0,1–2,0 мкм, контрастность 1,5–5, термостойкость 120–140 °С; негативные Ф., как правило, более чувствительны, но имеют худшую разрешающую способность.

Для получения защитных покрытий заданной конфигурации помимо Ф. используют материалы, чувствительные к воздействию пучка электронов с энергией 5–50 кэВ (электронорезисты), рентгеновского излучения с  $\lambda$  0,2–0,5 нм (рентгенорезисты) или ионов легких элементов (напр.,  $H^+, He^+, O^+, Ar^+$ ) с энергией более 50 кэВ (ионорезисты). В качестве наиб. важных позитивных электроно-, рентгено- и ионорезистов применяют композиции на основе производных полиметакрилатов (напр., галоген-, циано- и амидозамещенных), полиалкиленкетонных и полиолефинсульфоновых, в качестве негативных – гомо- и сополимеры производных метакрилата, бутадиена, изопрена, стирола, кремнийорг. соед. и др.

Лит.: Валнев К.А., Раков А.А., Физические основы субмикронной литографии в микрорезисторике, М., 1984; Светочувствительные полимерные материалы, под ред. А.В. Ельцова, Л., 1985. Г.К. Селиванов.

**ФОТОСЕНСИБИЛИЗИРУЮЩИЕ СРЕДСТВА** (от греч. *phôs*, род. п. *photôs* – свет, лат. *sensibilis* – чувствительный), лек. в-ва, повышающие чувствительность тканей к облучению УФ или оптич. излучением. Наиб. широко Ф. с. используют для лечения кожных заболеваний: псориаза, нейродермита, витилиго, грибовидного лишая и др. Такими св-вами обладают прир. фурукумарины, выделенные из разл. растений. К ним относятся след. препараты: 1) бероксан, содержащий смесь двух фурукумаринов – *ксантотоксина* и *бергиптена*, выделенных из плодов пастернака посевного (*Pastinaca sativa*) семейства зонтичных (*Umbelliferae*); 2) пувален, содержащий ксантотоксин; 3) аммифурин, содержащий смесь изопимпеллина (ф-ла I), бергиптена и ксантотоксина, выделенных из

семян амми большой (*Ammi majus*) семейства зонтичных; первый из них представляет собой светло-желтые кристаллы, практически не раств. в воде, плохо раств. в этаноле, хорошо – в хлороформе; 4) псорален, содержащий два изомерных фурукумарина – псорален (II) и изопсорален (III), находящиеся в плодах и корнях псоралеи костянковой (*Psoralea dru-*



расея) семейства бобовых (*Leguminosae*); препарат представляет собой бесцв. кристаллы со слабым ароматным запахом, плохо раств. в воде и этаноле, хорошо – в хлороформе; 5) псоберан – смесь псоралена и бергиптена, полученная из листьев смоковницы обыкновенной, или инжира (*Ficus carica*), семейства тутовых (*Mogaseae*) – бесцв. кристаллы с характерным запахом, не раств. в воде, плохо раств. в этаноле.

Эти в-ва стимулируют образование пигмента меланина меланоцитами, вызывая впоследствии гиперпигментацию кожи. Лечебное действие фурукумаринов объясняют их взаимодей. с тиминовыми основаниями ДНК при УФ облучении, в результате чего ослабляется процесс репликации ДНК и снижается частота митозов в клетках эпидермиса.

Существуют Ф. с., напр. фталоцианины, для фотодиагностики и фототерапии раковых опухолей.

Лит.: Harber L.C., Bickers D.R., Photosensitivity diseases. Principles of diagnosis and treatment, Phil., 1981. Е.М. Ганкина.

**ФОТОСИНТЕЗ**, образование зелеными растениями и нек-рыми бактериями орг. в-в с использованием энергии солнечного света. Происходит при участии пигментов (у растений *хлорофиллов*). В основе Ф. лежат окислит.-восстановит. р-ции, в к-рых электроны переносятся от донора (напр.,  $H_2O, H_2S$ ) к акцептору ( $CO_2$ ) с образованием восстановленных соед. (углеводов) и выделением  $O_2$  (если донор электронов  $H_2O$ ),  $S$  (если донор электронов, напр.,  $H_2S$ ) и др.

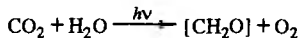
Ф. – один из самых распространенных процессов на Земле, обуславливает круговорот в природе углерода,  $O_2$  и др. элементов. Он составляет материальную и энергетич. основу всего живого на планете. Ежегодно в результате Ф. в виде орг. в-ва связывается ок.  $8 \cdot 10^{10}$  т углерода, образуется до  $10^{11}$  т целлюлозы. Благодаря Ф. растения суши образуют ок.  $1,8 \cdot 10^{11}$  т сухой биомассы в год; примерно такое же кол-во биомассы растений образуется ежегодно в Мировом океане. Тропич. лес вносит до 29% в общую продукцию Ф. суши, а вклад лесов всех типов составляет 68%. Ф. высших растений и водорослей – единственный источник атм.  $O_2$ .

Возникновение на Земле ок. 2,8 млрд. лет назад механизма окисления воды с образованием  $O_2$  представляет собой важнейшее событие в биол. эволюции, сделавшее свет Солнца главным источником своб. энергии биосферы, а воду – практически неограниченным источником водорода для синтеза в-в в живых организмах. В результате образовалась атмосфера совр. состава,  $O_2$  стал доступным для окисления пищи (см. *Дыхание*), а это обусловило возникновение высокоорганизов. гетеротрофных организмов (применяют в качестве источника углерода экзогенные орг. в-ва).

Ок. 7% орг. продуктов Ф. человек использует в пищу, в качестве корма для животных, а также в виде топлива и строит. материала. Ископаемое топливо – тоже продукт Ф. Его потребление в кон. 20 в. примерно равно приросту биомассы.

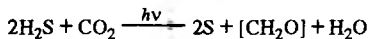
Общее запасание энергии солнечного излучения в виде продуктов Ф. составляет ок.  $1,6 \cdot 10^{21}$  кДж в год, что примерно в 10 раз превышает совр. энергетич. потребление человечества. Примерно половина энергии солнечного излучения приходится на видимую область спектра (длина волны  $\lambda$  от 400 до 700 нм), к-рая используется для Ф. (физиологически активная радиация, или ФАР). ИК излучение не пригодно для Ф. кислородвыделяющих организмов (высших растений и водорослей), но используется нек-рыми фотосинтезирующими бактериями.

В связи с тем, что углеводы составляют осн. массу продуктов биосинтетич. деятельности растений, хим. ур-ние Ф. обычно записывают в виде:



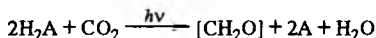
Для этой р-ции  $\Delta H^0$  469,3 кДж/моль, понижение энтропии 30,3 Дж/(К·моль),  $\Delta G^0$  -479 кДж/моль. Квантовый расход Ф. для одноклеточных водорослей в лаб. условиях составляет 8-12 квантов на молекулу  $CO_2$ . Утилизация при Ф. энергии солнечного излучения, достигающего земной пов-сти, составляет не более 0,1% всей ФАР. Наиб. продуктивные растения (напр., сахарный тростник) в среднем за год усваивают ок. 2% энергии падающего излучения, а зерновые культуры - до 1%. Обычно суммарная продуктивность Ф. ограничена содержанием  $CO_2$  в атмосфере (0,03-0,04% по объему), интенсивностью света и т-рой. Зрелые листья шпината в атмосфере нормального состава при 25 °С на свету насыщающей интенсивности (при солнечном освещении) дают неск. литров  $O_2$  в час на грамм хлорофилла или на килограмм сухого веса. Для водорослей *Chlorella rupeoidosa* при 35 °С повышение концентрации  $CO_2$  от 0,03 до 3% позволяет повысить выход  $O_2$  в 5 раз, такая активация является предельной.

**Бактериальный Ф. и общее ур-ние Ф.** Наряду с Ф. высших растений и водорослей, сопровождаемым выделением  $O_2$ , в природе осуществляется бактериальный Ф., в к-ром окисляемым субстратом является не вода, а др. соединения, обладающие более выраженными восстановит. св-вами, напр.  $H_2S$ ,  $SO_2$ . Кислород при бактериальном Ф. не выделяется, напр.:



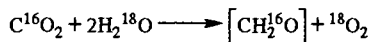
Фотосинтезирующие бактерии способны использовать не только видимое, но и ближнее ИК излучение (до 1000 нм) в соответствии со спектрами поглощения преобладающих в них пигментов - бактериохлорофиллов. Бактериальный Ф. не имеет существенного значения в глобальном запасании солнечной энергии, но важен для понимания общих механизмов Ф. Кроме того, локально бескислородный Ф. может вносить существенный вклад в суммарную продуктивность планктона. Так, в Черном море кол-во хлорофилла и бактериохлорофилла в столбе воды в ряде мест приблизительно одинаково.

Учитывая данные о Ф. высших растений, водорослей и фотосинтезирующих бактерий, обобщенное ур-ние Ф. можно записать в виде:



A - кислород в случае высших растений и водорослей, S либо др. элементы - в бактериальном Ф.

**Мол. механизм Ф. и структура фотосинтетич. аппарата.** С использованием изотопных меток показано, что источником  $O_2$  в Ф. является только вода:



Ф. пространственно и во времени разделяется на два сравнительно обособленных процесса: световую стадию окисления воды и темновую стадию восстановления  $CO_2$  (рис. 1). Обе эти стадии осуществляются у высших растений и водорослей в специализир. органеллах клетки - хлоропластах. Исключение - синезеленые водоросли (цианобактерии), у к-рых нет аппарата Ф., обособленного от цитоплазматич. мембран.

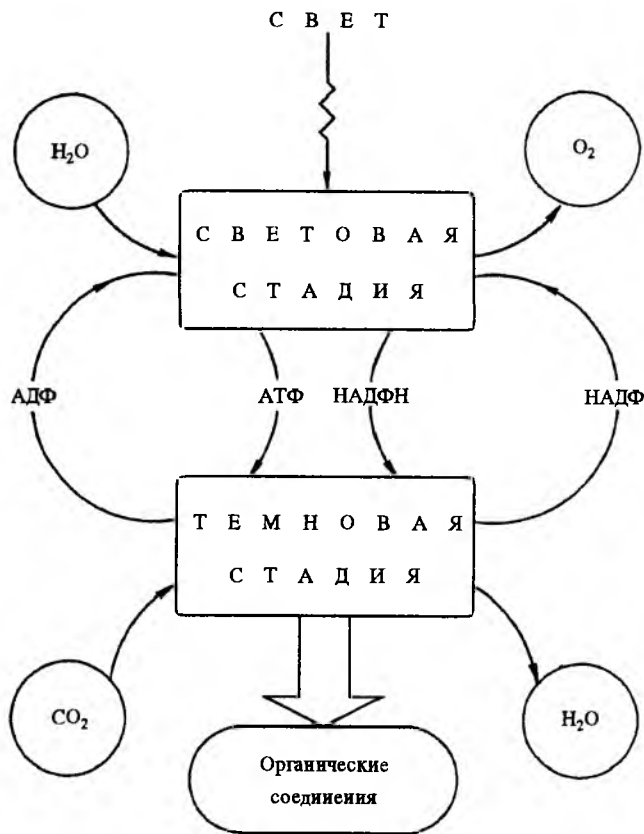


Рис. 1. Схема световой и темновой стадий фотосинтеза; АТФ и АДФ - аденозинтри- и аденозиндифосфат; НАДФ и НАДФН - соотв. окисленная и восстановленная формы никотинамиддинуклеотидфосфата.

Хлоропласт, представляющий собой замкнутую структуру, отделенную от остальной части клетки оболочкой, заключает в себе весь фотосинтетич. аппарат. Световая стадия реализуется в мембранных структурах хлоропласта (т. наз. тилакоидах), тогда как темновая стадия происходит в жидком содержимом хлоропласта (строме) при участии водорастворимых ферментов. У фотосинтезирующих бактерий хлоропласты отсутствуют, но световая стадия также осуществляется в мембранных образованиях - в т. наз. хроматофорах.

Световая стадия. Миним. функциональная единица, еще способная осуществлять световую стадию Ф., - тилакоид. Он представляет собой микроскопич. плоский диск, образованный белковолипидными мембранами, в к-рых находятся пигменты. В эти мембраны встроены все компоненты, необходимые для окисления воды, восстановления кофермента никотинамиддинуклеотидфосфата (НАДФ) до НАДФН и синтеза АТФ из аденозиндифосфата. Световая стадия инициируется поглощением кванта света пигментами, организованными в спец. светособирающие комплексы. Среди пигментов преобладает хлорофилл а. К вспомогат. пигментам относятся хлорофилл b, каротиноиды и др. Наличие светособирающей структуры из неск. сотен или десятков молекул пигментов на каждый фотохимически активный (реакционный) центр на 2-3 порядка увеличивает сечение захвата излучения и обеспечивает возможность Ф. при слабом освещении.

Часть вспомогат. пигментов, спектрально наиб. близких к фотохимически активному хлорофиллу, непосредственно окружают каждый из реакционных центров, образуя т. наз. антенны.

Высокая эффективность переноса возбуждения от молекулы, поглотившей квант, к фотохим. центру определяется спектр. св-вами и структурной организацией пигментов све-

тособирающего комплекса и антенны, окружающей фотохим. центр. Эти пигменты обеспечивают передачу возбуждения за время менее 100 пс в пределах времени жизни синглетно возбужденного состояния хлорофилла.

В реакц. центре Ф., куда почти со 100%-ной вероятностью переносится возбуждение, происходит первичная р-ция между фотохимически активной молекулой хлорофилла *a* (у бактерий – бактериохлорофилла) и первичным акцептором электрона (ПА). Дальнейшие р-ции в тилакоидных мембранах происходят между молекулами в их осн. состояниях и не требуют возбуждения светом. Эти р-ции организованы в электронтранспортную цепь – последовательность фиксированных в мембране переносчиков электрона. В электронтранспортной цепи высших растений и водорослей содержится два фотохим. центра (фотосистемы), действующих последовательно (рис. 2), в бактериальной электронтранспортной цепи – один (рис. 3).

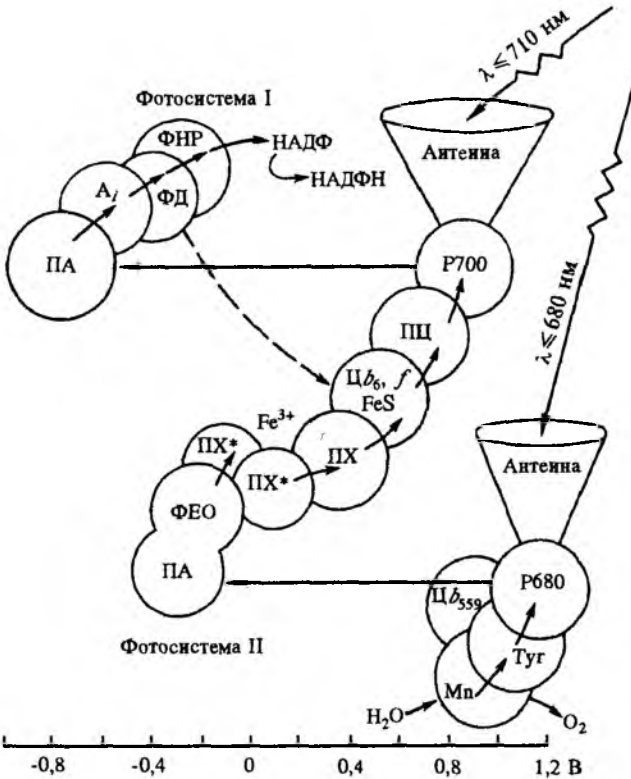


Рис. 2. Схема электронтранспортной цепи Ф. растений и синезеленых водорослей; условные обозначения см. по тексту (Туг – остаток тирозина). Внизу схемы приведена шкала окисл.-восстан. потенциалов переносчиков электрона.

В фотосистеме II высших растений и водорослей синглетно возбужденный хлорофилл *a* в центре Р680 (число 680 обозначает, что максимум спектральных изменений системы при возбуждении светом находится вблизи 680 нм) отдает электрон через промежуточный акцептор к феофитину (ФЕО, безмагнийный аналог хлорофилла), образуя катион-радикал Р680<sup>+</sup>. Анион-радикал восстановленного феофитина служит далее донором электрона для связанного пластохинона (ПХ<sup>\*</sup>; отличается от убихинонов заместителями в хиноидном кольце), координированного с ионом Fe<sup>3+</sup> (в бактериях имеется аналогичный Fe<sup>3+</sup>-убихиноновый комплекс). Далее электрон переносится по цепи, включающей свободный пластохинон (ПХ), присутствующий в избытке по отношению к остальным компонентам цепи, затем цитохромы (Ц) *b*<sub>6</sub> и *f*, образующие комплекс с железо-серным центром, через медьсодержащий

белок пластоцианин (ПЦ; мол. м. 10 400) к реакционному центру фотосистемы I.

Центры Р680<sup>+</sup> быстро восстанавливаются, принимая электрон через ряд промежут. переносчиков от воды. Образование O<sub>2</sub> требует последоват. четырехкратного возбуждения реакционного центра фотосистемы II и катализируется мембранным комплексом, содержащим Мп.

Хлорофилл *a* в фотосистеме I, имеющий максимум поглощения вблизи 700 нм (центр Р700), является первичным фотовозбуждаемым донором электрона, к-рый он отдает первичному акцептору (ПА; его природа однозначно не установлена), а затем, через ряд промежут. переносчиков (А<sub>1</sub>) – растворимому белку ферредоксину (ФД), восстанавливающему с помощью фермента ферредоксин-НАДФ-редуктазы (ФНР) НАДФ до НАДФН. Катион-радикал окисленного пигмента Р700<sup>+</sup> восстанавливается пластоцианином.

В зрелых хлоропластах имеются грани (стопки тилакоидов), в мембранах к-рых присутствуют все компоненты электронтранспортной цепи, и т. наз. агранальные тилакоиды, не содержащие фотосистемы II.

Благодаря асимметрии, расположению компонентов электронтранспортной цепи относительно плоскости мембраны при разделении зарядов между хлорофиллом в каждом из двух фотосинтетич. центров и акцептором электрона на тилакоидной мембране создается разность электрич. потенциалов

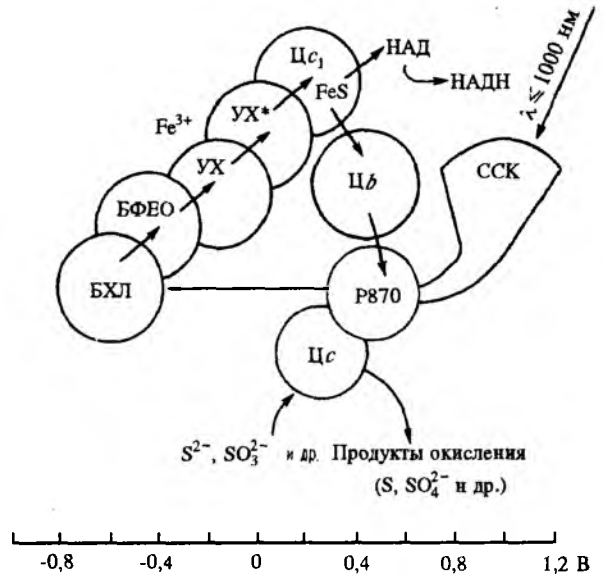


Рис. 3. Схема электронтранспортной цепи пурпурных бактерий: ССК – светособирающий комплекс; БХЛ – бактериохлорофилл; БФЕО – бактериофеофитин; УХ – убихинон; УХ\* – убихинон, связанный с ионом Fe<sup>3+</sup>; Ц – цитохром. Внизу схемы приведена шкала окисл.-восстан. потенциалов переносчиков электрона.

(плюс – на внутренней, минус – на внешней ее стороне). Перенос электрона пластохиноном сопровождается транспортом протонов, к-рые захватываются снаружи тилакоида при восстановлении пластохинона и освобождаются внутрь тилакоида при окислении пластогидрохинона. Перенос электронов сопряжен с синтезом АТФ из аденозиндифосфата (АДФ) и неорг. фосфата. Предполагают, что обратный транспорт протонов из тилакоидов в стroma через белковый сопрягающий фактор (H<sup>+</sup>-АТФ-синтетазу) сопровождается образованием АТФ.

Фотосистема I может действовать автономно без контакта с системой II. В этом случае циклич. перенос электрона (на схеме показан пунктиром) сопровождается синтезом АТФ, а не НАДФН. Образующиеся в световой стадии кофермент



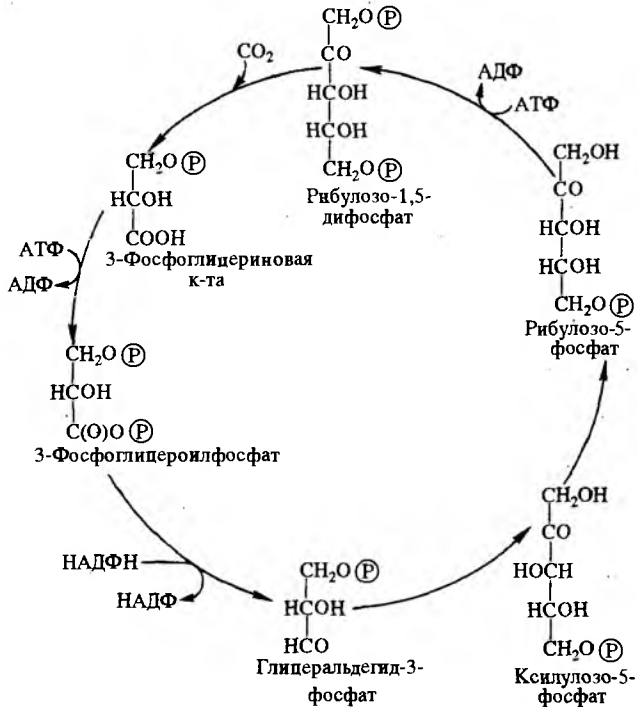


Рис. 4. Упрощенная схема цикла Калвина;  $\oplus$  - остаток фосфорной к-ты.

НАДФН и АТФ используются в темновой стадии Ф., в ходе к-рой снова образуются НАДФ и АДФ.

Электронтранспортные цепи фотосинтезирующих бактерий в основных своих чертах аналогичны отдельным фрагментам таковых в хлоропластах высших растений. На рис. 3 показана электронтранспортная цепь пурпурных бактерий.

**Темновая стадия Ф.** Все фотосинтезирующие организмы, выделяющие  $\text{O}_2$ , а также нек-рые фотосинтезирующие бактерии сначала восстанавливают  $\text{CO}_2$  до фосфатов сахаров в т. наз. цикле Калвина. У фотосинтезирующих бактерий встречаются, по-видимому, и др. механизмы. Большинство ферментов цикла Калвина находится в растворимом состоянии в строме хлоропластов.

Упрощенная схема цикла показана на рис. 4. Первая стадия - карбоксилирование рибулозо-1,5-дифосфата и гидролиз продукта с образованием двух молекул 3-фосфоглицериновой к-ты. Эта  $\text{C}_3$ -кислота фосфорилируется АТФ с образованием 3-фосфоглицероилфосфата, к-рый затем восстанавливается НАДФН до глицеральдегид-3-фосфата. Полученный триозофосфат затем вступает в ряд р-ций изомеризации, конденсации и перегруппировок, дающих 3 молекулы рибулозо-5-фосфата. Последний фосфорилируется при участии АТФ с образованием рибулозо-1,5-дифосфата и, т. обр., цикл замыкается. Одна из 6 образующихся молекул глицеральдегид-3-фосфата превращается в глюкозо-6-фосфат и используется затем для синтеза крахмала либо выделяется из хлоропласта в цитоплазму. Глицеральдегид-3-фосфат может также превращаться в 3-глицерофосфат и затем в липиды. Триозо-

фосфаты, поступающие из хлоропласта, превращаются в осн. в сахарозу, к-рая переносится из листа в др. части растения.

В одном полном обороте цикла Калвина расходуется 9 молекул АТФ и 6 молекул НАДФН для образования одной молекулы 3-фосфоглицериновой к-ты. Энергетич. эффективность цикла (отношение энергии фотонов, необходимых для фотосинтеза АТФ и НАДФН, к  $\Delta G^0$  образования углевода из  $\text{CO}_2$ ) с учетом действующих в строме хлоропласта концентраций субстратов составляет 83%. В самом цикле Калвина нет фотохим. стадий, но световые стадии могут косвенно влиять на него (в т. ч. и на р-ции, не требующие АТФ или НАДФН) через изменения концентраций ионов  $\text{Mg}^{2+}$  и  $\text{H}^+$ , а также уровня восстановленности ферредоксина.

Нек-рые высшие растения, приспособившиеся к высокой интенсивности света и к теплomu климату (напр., сахарный тростник, кукуруза), способны предварительно фиксировать  $\text{CO}_2$  в дополнит.  $\text{C}_4$ -цикле. При этом  $\text{CO}_2$  сначала включается в обмен четырехуглеродных дикарбоновых к-т, к-рые затем декарбоксилируются там, где локализован цикл Калвина.  $\text{C}_4$ -Цикл характерен для растений с особым анатомич. строением листа и разделением ф-ций между двумя типами клеток: мезофильных, где сосредоточено карбоксилирование фосфоенолиривиноградной к-ты, и клеток обкладки сосудистого пучка, где функционирует цикл Калвина. Образующаяся в  $\text{C}_4$ -цикле шавелевоуксусная кислота восстанавливается НАДФН до яблочной, к-рая перемещается в клетки сосудистой обкладки и здесь подвергается окислит. декарбоксилированию, образуя пировиноградную к-ту,  $\text{CO}_2$  и НАДФН. Два последних используются в цикле Калвина, а пировиноградная к-та возвращается в  $\text{C}_4$ -цикл (рис. 5). Физиол. смысл  $\text{C}_4$ -цикла состоит в запасании  $\text{CO}_2$  и повышении, т. обр., общей эффективности процесса.

Для кактусов, молочая и др. засухоустойчивых растений характерно частичное разделение фиксации  $\text{CO}_2$  и Ф. во времени (САМ-обмен, или обмен по типу толстянковых; САМ сохр. от англ. *Crassulaceae acid metabolism*). Днем устьица (каналы, через к-рые осуществляется газообмен с атмосферой) закрываются, чтобы уменьшить испарение воды. При этом поступление  $\text{CO}_2$  также затруднено. Ночью устьица открываются, происходит фиксация  $\text{CO}_2$  в виде фосфоенолпировиноградной к-ты с образованием  $\text{C}_4$ -кислот, к-рые днем декарбоксилируются, а освобождаемый при этом  $\text{CO}_2$  включается в цикл Калвина (рис. 6).

**Ф. галобактерий.** Единственный известный в природе нехлорофильный способ запасаания энергии света осуществляют бактерии *Halobacterium halobium*. На ярком свете при пониженной концентрации  $\text{O}_2$  они образуют в своих мембранах пурпурный белок *бактериородопсин*. В результате индуциро-

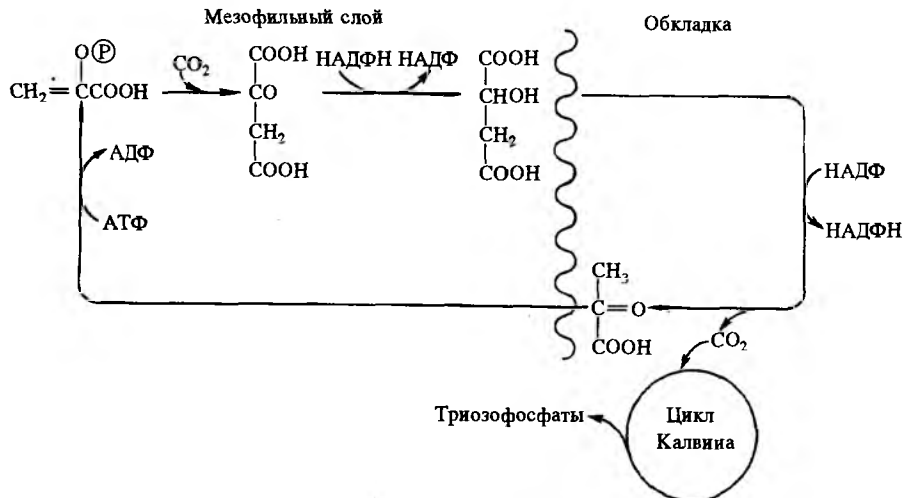


Рис. 5.  $\text{C}_4$ -Цикл фиксации  $\text{CO}_2$ .

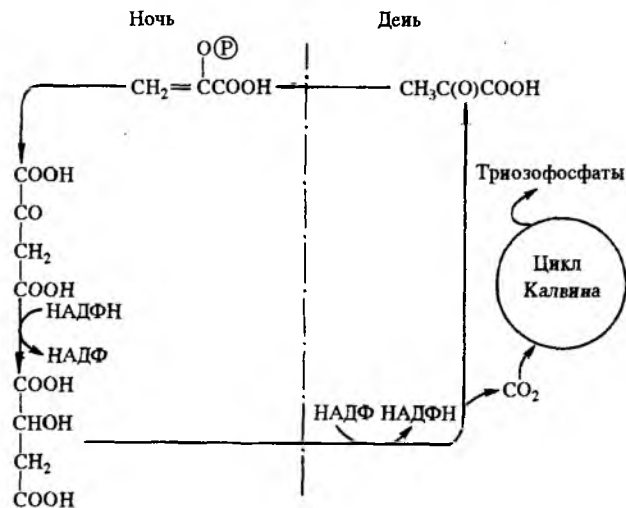


Рис. 6. САМ-тип углеродного обмена.

ванной светом *цис-транс*-изомеризации ретиналя (хромофора этого пигмента) происходит поглощение Н<sup>+</sup> и синтез АТФ. Последний используется для частичного обеспечения энергетич. потребностей клетки.

**Историческая справка.** Ок. 1770 Дж. Пристли обнаружил, что растения выделяют О<sub>2</sub>. В 1779 Я. Ингенхауз установил, что для этого необходим свет и что О<sub>2</sub> выделяют только зеленые части растений. Ж. Сенебье в 1782 показал, что для питания растений требуется СО<sub>2</sub>; в нач. 19 в. Н. Соссюр, исходя из закона сохранения массы, подтвердил, что большая часть массы растений создается из СО<sub>2</sub> и воды. В 1817 П. Пельтье и Ж. Каванту выделили зеленый пигмент хлорофилл. Позже К.А. Тимирязев показал близость спектра действия Ф. и спектра поглощения хлорофилла. Ю. Сакс в сер. 19 в., по-видимому, первым осознал, что этот продукт накапливается в хлоропластах, а Т.В. Энгельман доказал, что именно там же выделяется и О<sub>2</sub>.

В работах Ф. Блэкмана (1905), Р. Эмерсона и У. Арнолда (1932), а также Р. Хилла (1936–41) показано наличие световой и темновой стадий Ф. и экспериментально реализована световая стадия в отсутствие СО<sub>2</sub> с использованием искусств. акцепторов электрона. Тем самым были получены подтверждения представлений об образовании О<sub>2</sub> путем окисления воды. Окончательно это было доказано масс-спектрометрич. методом (С. Рубен, М. Камен, а также А.П. Виноградов и Р.В. Тейс, 1941).

В 1935–41 К. Ван Ниль обобщил данные по Ф. высших растений и бактерий и предложил общее ур-ние, охватывающее все типы Ф.

Х. Гаффон и К. Воль, а также Л. Дэйсенс в 1936–52 на основе количеств. измерений выхода продуктов Ф. поглощенного света и содержания хлорофилла сформулировали представление о «фотосинтетич. единице» – ансамбле молекул пигмента, осуществляющих светосбор и обслуживающих фотохим. центр.

В 40–50-х гг. М. Калвин, используя изотоп <sup>14</sup>С, выявил механизм фиксации СО<sub>2</sub>. Д. Арнон (1954) открыл фотофосфорилирование (инициируемый светом синтез АТФ из АДФ и Н<sub>3</sub>Р<sub>4</sub>) и сформулировал концепцию электронного транспорта в мембранах хлоропластов. Р. Эмерсон и Ч.М. Льюис (1942–43) обнаружили резкое снижение эффективности фотосинтеза при λ ≥ 700 нм (красное падение, или первый эффект Эмерсона), а в 1957 Эмерсон наблюдал неаддитивное усиление Ф. при добавлении света низкой интенсивности с λ 650 нм к дальнему красному свету (эффект усиления, или второй эффект Эмерсона). На этом основании в 60-х гг. сформулировано представление о последовательно действующи-

хих фотосистемах в электронтранспортной цепи Ф. с максимумами в спектрах действия вблизи 680 и 700 нм.

Осн. закономерности образования О<sub>2</sub> при окислении воды в Ф. установлены в работах Б. Кока и П. Жолио (1969–70). Близится к завершению выяснение мол. организации мембранного комплекса, катализирующего этот процесс. В 80-х гг. методом рентгеновского структурного анализа детально изучена структура отдельных компонентов фотосинтетич. аппарата, включая реакционные центры и светособирающие комплексы (И. Дайзенхофер, Х. Михель, Р. Хубер).

**Лит.:** Клейтон Р., Фотосинтез. Физические механизмы и химические модели, пер. с англ., М., 1984; «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1986, т. 31, № 6; Фотосинтез, под ред. Говинджи, пер. с англ., т. 1–2, М., 1987; Итоги науки и техники, сер. Биоптика, т. 20–22, М., 1987. М.Г. Гольдфельд.

**ФОТОТЕРМОПЛАСТИЧЕСКАЯ ФОТОГРАФИЯ**, см. *Репрография*.

**ФОТОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ**, хим. р-ции, протекающие под действием света. Поглощение фотона с длиной волны ~ 100–1500 нм, чему соответствует энергия 0,8–12,4 эВ (80–1200 кДж/моль), вызывает квантовый переход молекулы в-ва из основного электронного состояния в одно из возбужденных состояний или фотоионизацию – отщепление электрона и образование катион-радикала. Возбужденные состояния молекул имеют отличную от основного состояния электронную структуру и, как правило, более высокую реакционную способность. Молекулы вступают в хим. р-ции, первичные продукты к-рых (ионы, радикалы, изомеры) чаще всего оказываются нестабильными. Конечные продукты Ф. р. являются в результате обычных термич. р-ций, к-рые протекают либо непосредственно с участием первичных частиц, либо как ряд последовательных хим. превращений.

Как правило, для молекул с четным числом электронов при фотовозбуждении первоначально образуется возбужденное синглетное состояние (с *мультиплетностью*, равной 1). Ф. р. обычно протекает из нижнего возбужденного синглетного состояния или из триплетного состояния (мультиплетность 3), к-рое получается из возбужденного синглетного состояния путем интеркомбинационной конверсии (изменения спина одного из электронов).

С хим. р-циями возбужденных молекул конкурируют фотофиз. процессы: испускание фотона (флуоресценция или фосфоресценция), внутрениая и интеркомбинационная конверсия в нижележащие электронные состояния (триплетное или основное). Вследствие этих процессов времена жизни возбужденных синглетных состояний обычно не превышают 10<sup>-8</sup> – 10<sup>-9</sup> с. Триплетные состояния в жидких р-рах обычно «гибнут» в результате безызлучат. перехода и дезактивации (тушения) примесями (напр., кислородом); времена их жизни не превышают 10<sup>-5</sup> с. В «жестких» средах (замороженных р-рах, полимерных матрицах), где процессы дезактивации замедляются, времена жизни триплетных состояний могут достигать десятка секунд.

**Квантовый выход Ф** первичного продукта Ф. р., образующегося из к.-л. возбужденного состояния, равен отношению скорости этой Ф. р. к сумме скоростей всех фотофиз. и фотохим. процессов гибели этого возбужденного состояния. Поскольку такие процессы м. б. как мономолекулярными, так и бимолекулярными, сумму их скоростей выражают через сумму констант скорости *k<sub>i</sub>* мономолекулярных (для р-ций первого порядка) и псевдомономолекулярных (для р-ций второго порядка) процессов, при условии, что для бимолекулярных р-ций концентрация [X] реагента в осн. электронном состоянии гораздо больше концентрации возбужденных молекул. Если φ – квантовый выход молекул в возбужденном состоянии (как правило, φ = 1 для возбужденных синглетных состояний и φ ≤ 1 для триплетных состояний), *k<sub>r</sub>* – константа скорости рассматриваемой Ф. р., то

$$\Phi = \phi k_r [X] / \sum_i k_i$$

Суммарный выход конечного продукта равен произведению выходов всех продуктов в ряду последоват. хим. превращений, предшествующих образованию конечного продукта. В случае

цепных р-ций выход конечного продукта может значительно (иногда на неск. порядков) превышать единицу.

Существует и др. определение квантового выхода – как отношение числа молекул, участвующих в фотохим. или фотофиз. процессе, к числу поглощенных фотонов. От квантового выхода следует отличать квантовую эффективность – отношение скорости процесса к скорости образования возбужденного состояния, из к-рого протекает данный процесс. Квантовый выход и квантовая эффективность равны для процессов, происходящих из синглетного возбужденного состояния.

**Механизмы Ф. р.** Большинство Ф. р. протекает из термализованных самых нижних возбужденных состояний соответствующей мультиплетности (правило Каша). Это обусловлено чрезвычайно высокой скоростью термализации – установления термич. равновесия в результате перераспределения избыточной колебат. энергии между разл. степенями свободы возбужденных молекул и средой, а также высокой скоростью внутр. конверсии – переходов из высших возбужденных состояний в низшие возбужденные состояния той же мультиплетности, к-рая значительно превышает скорость большинства хим. р-ций и процессов испускания. Для таких Ф. р. квантовый выход не зависит от энергии поглощаемого фотона (длины волны возбуждающего света). Однако существуют также Ф. р., протекающие из нерелаксированных (франк – кондонских) возбужденных состояний, непосредственно образующихся при поглощении фотона. Таковы, напр., нек-рые р-ции диссоциации и изомеризации. При этом хим. р-ция конкурирует не с испусканием фотона или дезактивацией возбужденного состояния, а с его релаксацией в состояние, из к-рого возможен переход с флуоресценцией или фосфоресценцией. Квантовый выход таких р-ций не зависит от времени жизни флуоресцентного или фосфоресцентного состояния, но зависит от энергии возбуждения.

Существует два принципиально различных типа первичных р-ций фотовозбужденных молекул. При адиабатич. Ф. р. электронное возбуждение в элементарном хим. акте сохраняется, р-ция полностью протекает на *поверхности потенциальной энергии* (ППЭ) возбужденного электронного состояния и первичный продукт получается в возбужденном состоянии. При диабатич. первичных р-циях (иногда неправильно наз. неадиабатическими) электронное возбуждение в первичном хим. акте теряется, происходит переход с ППЭ возбужденного состояния на ППЭ основного состояния и первичный продукт сразу же получается невозбужденным. В нек-рых случаях и адиабатич. р-ции могут приводить к основному состоянию продукта, если ППЭ основного и возбужденного состояний в области *координаты реакции*, соответствующей первичному продукту, оказываются вырожденными (напр., при фотодиссоциации молекулы на атомы или радикалы).

Теория переходного состояния, на к-рой основано большинство используемых в химии концепций реакционной способности молекул в термич. р-циях (см. *Активированного комплекса теория*), применима, строго лишь к адиабатич. Ф. р. Диабатич. Ф. р. целесообразно рассматривать с позиций теории безызлучат. переходов, однако она пока недостаточно развита, особенно для сложных молекул. Наличие конкурирующих физ. процессов потери энергии электронного возбуждения, константы скорости к-рых даже для изолир. молекул очень велики и могут в ряде случаев достигать  $10^{10}$  с<sup>-1</sup> и более, осложняет механизм Ф. р. Способность фотовозбужденных молекул к хим. взаимодействию определяется не столько значениями констант скорости соответствующих хим. р-ций, сколько соотношением скоростей р-ции и конкурирующих с ней физ. процессов деградации энергии электронного возбуждения. При взаимодействии возбужденных молекул с к.-л. реагентами, помимо процессов потери энергии возбуждения, присутствующих самим возбужденным молекулам, возникают новые, часто еще более эффективные пути деградации энергии, обусловленные появлением дополнит. степеней свободы молекулы в реакционном комплексе и получившие назв. индуцированной дезактивации.

Для рассмотрения хим. активности возбужденных молекул привлекают как «статич.» представления об электронной структуре (классификация мол. орбиталей, распределение электронной плотности, эффективные заряды на атомах и т. п.), так и «динамич.» характеристики, т. е. изменения в элементарном хим. акте тех или иных параметров (сохранение орбитальной симметрии, мультиплетности, изменение энергии Гиббса, энергии локализации и др.).

Для Ф. р. наиб. перспективны динамич. подходы, поскольку они позволяют учитывать специфику конкретных процессов и в ряде случаев совместно рассматривать хим. превращение и конкурирующие с ним процессы деградации энергии возбуждения. Р-ции возбужденных молекул с этой точки зрения разделяют на разрешенные и запрещенные (по мультиплетности, орбитальной симметрии и др.). Напр., при нарушении орбитальной симметрии на пути р-ции возникает значит. потенциальный барьер, высота к-рого непосредственно не связана с энергетикой р-ции. Скорость таких Ф. р. может сильно изменяться даже при слабых изменениях структуры и симметрии молекул реагентов. Аналогично, для Ф. р., связанных с изменением мультиплетности реагирующих частиц, весьма существенны факторы, влияющие на спиновые взаимодействия (см. *Спин-орбитальное взаимодействие, Спин-спиновое взаимодействие*); эти факторы определяют вероятность интеркомбинационной конверсии, к ним относятся, в частности, наличие в реагирующих молекулах или в среде тяжелых атомов парамагн. частиц, а также внеш. магн. поля.

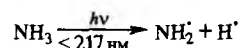
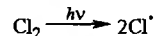
Для адиабатич. Ф. р. и диабатич. Ф. р., разрешенных правилами отбора (напр., для *фотопереноса протона, фотопереноса электрона*, отрыва атома Н и др.), наблюдаются однотипные зависимости констант скорости от изменения энергии Гиббса в первичном фотохим. акте. Напр., для переноса электрона между возбужденной молекулой и донором электрона зависимость энергии Гиббса активации  $\Delta G^\ddagger$  от энергии Гиббса переноса электрона  $\Delta G^0$  описывается ур-нием:

$$\Delta G^\ddagger = \Delta G^0/2 + [(\Delta G_0^\ddagger)^2 + (\Delta G^0/2)^2]^{1/2},$$

где  $\Delta G_0^\ddagger$  – эмпирич. параметр, соответствующий энергии активации изоэнергетич. р-ции ( $\sim 20$  кДж/моль). Для нахождения  $\Delta G^0$  р-ций возбужденных молекул используют цикл Фёрстера, согласно к-рому в случае адиабатич. р-ций энтальпия р-ции  $\Delta H^{0*}$  в возбужденном состоянии меньше энтальпии р-ции  $\Delta H^0$  в основном состоянии на величину разности энергий возбуждения исходной молекулы  $E^*$  и первичного продукта  $E'$ :  $\Delta H^{0*} = \Delta H^0 - (E^* - E')$ . Значения  $E^*$  и  $E'$  легко определить из эксперим. спектральных данных или расчетом. Для диабатич. Ф. р., где первичный продукт образуется непосредственно в основном состоянии,  $\Delta E^*$  опускают. В большинстве случаев полагают, что энтропии р-ций в основном и возбужденном состоянии примерно одинаковы и записывают аналогичное ур-ние для  $\Delta G^{0*}$ , к-рое позволяет вычислять константы равновесия и энергетику Ф. р. из возбужденных состояний.

При классификации Ф. р., помимо общепринятых признаков – по типам разрываемых и образуемых связей, важное значение имеют механизмы разрыва и образования связей.

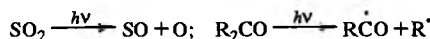
**Основные типы Ф. р.** Фотодиссоциация – распад молекулы по к.-л. связи на радикалы, атомы или ионы, напр.:



Фотодиссоциация происходит при отталкивательном (диссоциативном) типе ППЭ возбужденных состояний молекул. В оптич. спектрах поглощения для переходов в «диссоциативные» состояния характерны сплошные полосы. Фотодиссоциация типична для таких возбужденных состояний, в к-рых электрон находится на разрыхляющей  $\sigma^*$ -орбитали. Существуют р-ции, когда первичный продукт образует-

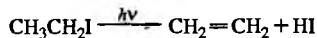
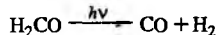
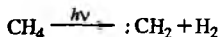
ся в возбужденном состоянии [напр.,  $\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{h\nu} \text{H}^+ + \text{OH}(\text{A}^2\Sigma^+)$ ]. В конденсир. средах первичные продукты фотодиссоциации оказываются в «клетке», образованной частицами р-рителя, и могут рекомбинировать с образованием исходных молекул (см. *Клетки эффект*), что приводит к существенному снижению квантового выхода по сравнению с Ф. р. в газовой фазе, где выход часто близок к единице. Фотодиссоциация – первичная стадия мн. р-ций замещения, стадия инициирования в цепных р-циях.

*Преддиссоциация* – разновидность фотодиссоциации, при к-рой после поглощения фотона молекула первоначально оказывается в стабильном возбужденном состоянии, а из него переходит в диссоциативное возбужденное состояние, напр.:



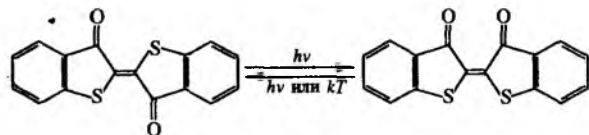
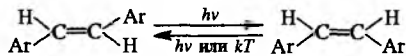
Фотодиссоциация может протекать гомолитически либо гетеролитически. Из р-ций гетеролитич. фотодиссоциации наиб. важны фотопротолитич. р-ции (связанные с гетеролитич. разрывом связи элемент – водород). Известны также многочисленные р-ции гетеролитич. фотодиссоциации по др. связям, в частности С – С, напр. в лейкооснованиях – триарилметановых и нек-рых др. красителях:  $\text{Ar}_3\text{C} - \text{CN} \xrightarrow{h\nu} \text{Ar}_3\text{C}^+ + \text{CN}^-$ . Нек-рые из таких Ф. р. могут протекать адиабатически с образованием возбужденных ионов красителей. Первоначально образующиеся карбокатионы могут взаимодействовать с нуклеофилами, приводя в конечном итоге к продуктам нуклеоф. замещения. Широко распространена гетеролитич. диссоциация в координационных соед., также приводящая в конце концов к замещению лигандов.

Распад (отщепление, фрагментация) – разложение на мол. фрагменты, сопровождающиеся перегруппировкой связей, напр.:



Разрыв и перегруппировка связей обычно происходят синхронно при движении системы частиц по соответствующей сложной форме ППЭ возбужденного состояния. Такие р-ции подчиняются правилам отбора для согласованных р-ций (см. *Вудворда – Ходмана правила*). Правило сохранения орбитальной симметрии разрешает для возбужденных состояний, в отличие от основного состояния, р-ции, протекающие через четырехцентровые переходные состояния. Для таких р-ций характерно слабое влияние конденсир. фазы и присутствия добавок, в частности акцепторов радикалов, на квантовый выход.

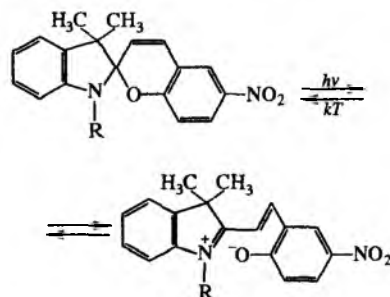
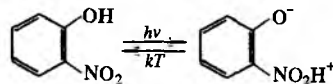
*Фотоизомеризация*. В зависимости от характера изомеризации различают стереоизомеризацию, таутомерные превращения, перегруппировки. Широко распространены процессы *цис-транс-* и *транс-цис-* фотоизомеризации непредельных соед., напр. арилэтиленов и тиоиндиго:



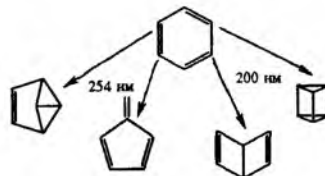
(*T* – абс. т-ра, *k* – постоянная Больцмана)

Эти Ф. р. обусловлены тем, что минимумы на ППЭ возбужденных состояний, в отличие от ППЭ основного состояния, часто соответствуют ортогональной, а не планарной конфигурации молекулы.

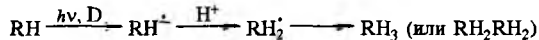
Практич. применение в качестве фотохромных систем находит фотоизомеризация *орто*-нитроароматич. соед. и спиropyранов в мезоцианины:



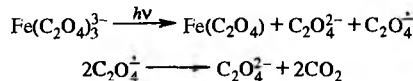
Широко распространены фотоперегруппировки в ряду ароматич. и циклич. непредельных соед., напр. бензола и его производных – в бензвален, фульвен, т. наз. дьюаровский бензол и призмат:



*Окислительно-восстановит. Ф. р.* В основе большинства из них лежит фотоперенос электрона. Образующиеся в первичной стадии ион-радикалы вступают в дальнейшие превращения, давая продукты окисления или восстановления. Напр., при взаимодействии дурухинона с донорами электрона (аминами, спиртами) под действием света первоначально образуются семихиноновые анион-радикалы, диспропорционирование к-рых дает хинон и гидрохинон. Подобным образом происходит фотовосстановление красителей (акридиновых, оксазиновых, тиазиновых) до лейкоформ. Аналогично из ароматич. углеводородов RH в присут. доноров электрона D получают анион-радикалы, к-рые в протонных р-рителях присоединяют протон и дают в конце концов продукты диспропорционирования, рекомбинации и т. п.:



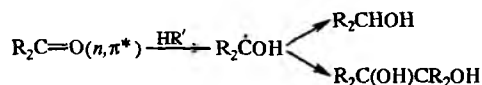
В координац. соед. часто наблюдается фотоперенос электрона между центр. ионом и лигандом, что приводит к образованию окисленной и восстановленной форм, напр.:



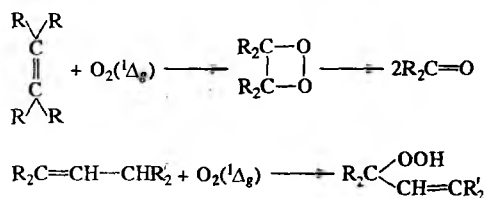
Перенос электрона может происходить не только при взаимодействии возбужденных молекул с донором или акцептором электрона, но и путем прямой *фотоионизации* молекул. Для фотоионизации требуется, чтобы энергия фотона превышала потенциал ионизации, что обычно существенно больше, чем для возбуждения молекулы. В конденсир. фазе энергия, необходимая для фотоионизации, понижается по сравнению с газовой фазой на 1–2 эВ вследствие поляризации среды образующимися ионами. При фотоионизации (напр., аминов в замороженных р-рах) оптич. и радиоспектроскопич. методами наблюдается образование их катион-радикалов. Элект-

рон первоначально сольватируется р-рителем, а затем присоединяется к к.-л. акцептору, присутствующему в р-ре.

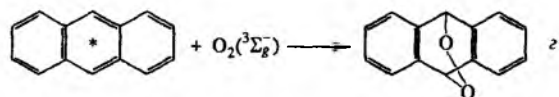
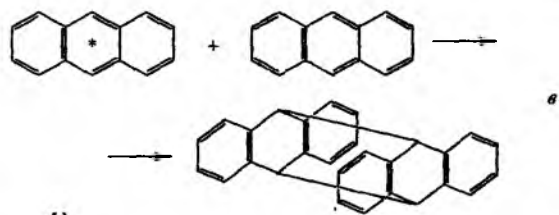
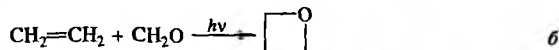
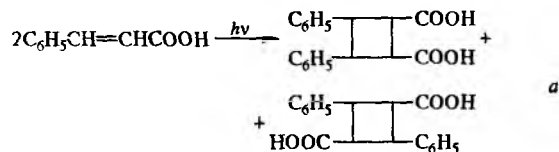
Фотовосстановление и фотоокисление могут протекать и не через стадии фотопереноса электрона. Так, фотовосстановление карбонильных, гетероциклич. и нитроароматич. соед. происходит путем отрыва  $n, \pi^*$ -возбужденными состояниями этих молекул атома Н от р-рителя и дальнейших превращений образующихся радикалов, напр.:



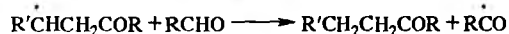
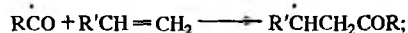
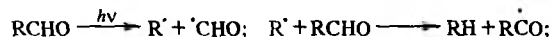
Фотоокисление кислородом часто протекает путем фотосенсибилизир. превращения мол. кислорода, основное состояние к-рого является триплетным ( $^3\Sigma_g^-$ ), в синглетное ( $^1\Delta_g$ ) состояние. Синглетный кислород легко присоединяется по кратным связям и внедряется, напр., по связи С—Н:



Присоединение к возбужденным молекулам разл. реагентов характерно для многих ненасыщенных соед. Такие Ф. р. обычно протекают по синхронному механизму и подчиняются соответствующим правилам отбора (по мультиплетности, орбитальной симметрии и др.). Типичные примеры – образование циклобутановых соед. (а), оксетанов (б), фотодимеризация (в), образование оксидов ароматич. соед. (г):

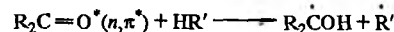


Известны процессы фотоприсоединения, протекающие по радикальному (иногда цепному) механизму, напр.:



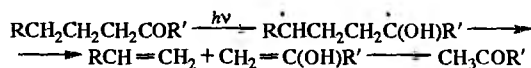
Отрыв атомов (гомолитический) возбужденными молекулами от реагента (или р-рителя) характерен для воз-  
355

бужденных состояний, имеющих неспаренный электрон на несвязывающей орбитали (напр., для  $n, \pi^*$ -состояний карбонильных и гетероциклич. соед.):

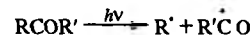


Первично образующиеся радикалы вступают во вторичные р-ции рекомбинации или диспропорционирования, что приводит к стабильным конечным продуктам (в данном примере пинаконом или спиртам – продуктам восстановления исходного кетона). Причиной такого хим. поведения возбужденных  $n, \pi^*$ -состояний является сходство их электронной структуры со структурой радикалов. Для радикальных р-ций типичны линейные зависимости логарифма константы скорости отрыва от энергии разрываемой связи.

Внутримол. р-ции отрыва атома водорода характерны для карбонильных соед. с достаточно длинными (более двух атомов углерода) заместителями:



Промежут. бирадикал распадается на два непредельных фрагмента – олефин и енол, последний затем изомеризуется в кетон. Эта р-ция носит назв. р-ция Норриша типа II, в отличие от р-ции Норриша типа I, заключающейся в фотодиссоциации (преддиссоциации) по связям, примыкающим к карбонильной группе:



Образующийся в р-ции Норриша типа II промежуток. бирадикал может не только распадаться, но и циклизироваться, приводя к образованию замещенного циклобутанола.

Широко распространены также р-ции присоединения протона к таким основаниям (напр., к акридину), у к-рых при переходе в возбужденное состояние значительно увеличивается основность:



Лит. см. при ст. Фотохимия.

М.Г. Кузьмин.

**ФОТОХИМИЧЕСКОГО ПОСЛЕДСТВИЯ МЕТОД**, используется для исследования механизмов радикальных фотохим. р-ций. Основан на том, что при фотохим. иницировании квазиравновесная концентрация активных центров и постоянная скорость р-ции устанавливаются через нек-рое время после начала иницирования. Время жизни  $\tau$  наиб. долгоживущего центра определяют по кривой зависимости концентрации  $C$  прореагировавшего после начала иницирования в-ва от времени иницирования. Для этого экстраполируют прямолинейный участок на кривой к  $C = 0$ . Если гибель активного центра  $R$  происходит в результате р-ции первого порядка со скоростью, равной  $k'_1[A][R]$ , где  $k'_1$  – константа скорости,  $[A]$  – концентрация акцептора своб. радикалов, то  $\tau = 1/k'_1$ . Если же активный центр погибает в результате бимолекулярной р-ции со скоростью, равной  $2k_1[R]^2$ , где  $k_1$  – константа скорости, то  $\tau = (2\nu_1 k_1)^{-1/2}$ , где  $\nu_1$  – скорость иницирования. Значения  $\tau$  и  $k'_1$  (или  $k_1$ ) определяют независимым способом, измеряя кол-во в-ва, прореагировавшего после прекращения иницирования. Метод позволяет определять  $\tau \geq 3$  с, что соответствует значениям  $k_1 < 10^5$  л/(моль·с). Применяют для изучения гл. обр. полимеризации и окисления.

Лит.: Эмавуэль Н.М., Денисов Е.Т., Майзус З.К., Цепные реакции окисления углеводородов в жидкой фазе, М., 1965.

Е.Т. Денисов.

**ФОТОХИМИЯ**, наука о хим. превращениях в-в под действием электромагн. излучения – ближнего ультрафиолетового (~100–400 нм), видимого (400–800 нм) и ближнего инфракрасного (0,8–1,5 мкм).

Исследования хим. действия излучения на разл. в-ва и попытки его теоретич. истолкования начинаются с кон. 18 в., когда Дж. Сенеби высказал предположение о том, что необходимая для достижения определенного хим. эффекта продолжительность действия света обратно пропорциональна его

интенсивности. В 19 в. параллельно происходило открытие новых р-ций орг. и неорг. в-в под действием света и физ.-хим. исследование механизма и природы фотохим. р-ций. В 1818 Т. Гротгус отверг гипотезу о тепловом действии света, предположил аналогично в воздействии на в-во света и электричества и сформулировал принцип, согласно к-рому причиной хим. действия м. б. только тот свет, к-рый поглощается в-вом (закон Гротгуса). Дальнейшими исследованиями было установлено, что кол-во продукта фотохим. р-ции пропорционально произведению интенсивности излучения на время его действия (Р. Бунзен и Г. Роско, 1862) и что необходимо учитывать интенсивность только поглощенного, а не всего падающего на в-во излучения (Я. Вант-Гофф, 1904). Одно из важнейших достижений Ф. — изобретение фотографии (1839), основанной на фотохим. разложении галогенидов серебра.

Принципиально новый этап в развитии Ф. начался в 20 в. и связан с появлением квантовой теории и развитием спектроскопии. А. Эйнштейн (1912) сформулировал закон квантовой эквивалентности, согласно к-рому каждый поглощенный в-вом фотон вызывает первичное изменение (возбуждение, ионизацию) одной молекулы или атома. Вследствие конкуренции хим. р-ций возбужденных молекул и процессов их дезактивации, а также обратного превращения нестабильных первичных продуктов в исходное в-во, хим. превращения претерпевает, как правило, лишь нек-рая доля возбужденных молекул. Отношение числа претерпевших превращения молекул к числу поглощенных фотонов наз. квантовым выходом фотохим. р-ции. Квантовый выход, как правило, меньше единицы; однако в случае, напр., цепных р-ций он может во много раз (даже на неск. порядков) превышать единицу.

В России важное значение имели в нач. 20 в. работы П.П. Лазарева в области фотохимии красителей и кинетики фотохим. р-ций. В 40-е гг. А.Н. Терениным была высказана гипотеза о триплетной природе фосфоресцентного состояния, играющего важную роль в фотохим. р-циях, и открыто явление триплет-триплетного переноса энергии, составляющего основу одного из механизмов фотосенсибилизации хим. р-ций.

Использование достижений квантовой химии, спектроскопии, хим. кинетики, а также появление новых эксперим. методов исследования, в первую очередь методов изучения очень быстрых (до  $10^{-12}$  с) процессов и короткоживущих промежут. в-в, позволило развить детальные представления о законах взаимод. фотонов с атомами и молекулами, природе возбужденных электронных состояний молекул, механизмах фотофиз. и фотохим. процессов. Фотохим. р-ции протекают, как правило, из возбужденных электронных состояний молекулы, образующихся при поглощении фотона молекулой, находящейся в основном (стабильном) электронном состоянии. Если интенсивность света очень велика [более  $10^{20}$  фотонов/(с·см<sup>2</sup>)], то путем поглощения двух или более фотонов могут заселяться высшие возбужденные электронные состояния и наблюдаются двух- и многофотонные фотохим. р-ции (см. *Двухквантовые реакции. Многофотонные процессы*). Возбужденные состояния не являются лишь «горячей» модификацией их основного состояния, несущей избыточную энергию, а отличаются от основного состояния электронной структурой, геометрией, хим. св-вами. Поэтому при возбуждении молекул происходят не только количественные, но и качеств. изменения их хим. поведения. Первичные продукты р-ций возбужденных молекул (ионы, радикалы, изомеры и т.д.) чаще всего являются нестабильными и превращаются в конечные продукты в результате серии обычных термич. хим. р-ций.

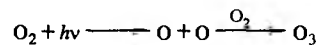
Для качеств. и количеств. исследования продуктов используют всевозможные аналит. методы, в т. ч. оптич. спектроскопию и радиоспектроскопию. Для определения дозы облучения и квантовых выходов применяют *актинометрию*. Св-ва короткоживущих возбужденных состояний обычно изучают методами оптич. эмиссионной (флуоресцентной и фосфоресцентной) и абсорбционной спектроскопии. Особенно важное значение для исследования механизмов фотохим. р-ций име-

ют импульсные методы: *импульсный фотолит, лазерная спектроскопия* и др. (см. *Ламинесцентный анализ*). Эти методы позволяют изучать кинетику первичных р-ций возбужденных молекул, нестабильные промежут. продукты и кинетику их превращений. Фотохим. методы применяют и для исследования обычных термич. р-ций радикалов, ионов и др. промежут. в-в. Важную информацию о механизмах Ф. дают радиоспектроскопич. методы, основанные на динамич. поляризации ядер и электронов (см. *Химическая поляризация ядер*).

В совр. Ф. выделяют след. разделы: Ф. малых молекул, позволяющую выяснить динамику элементарного акта в возбужденных электронных состояниях молекул; орг. и неорг. Ф., изучающие фотопревращения соответствующих хим. соед. и методы фотохим. синтеза; механистич. (физ.) Ф., изучающую механизмы и кинетич. закономерности фотохим. р-ций и тесно связанная с фотофизикой, хим. кинетикой, квантовой химией, теорией строения молекул и др. разделами физ. химии.

Важные практич. применения Ф. связаны с фотографией, фотолитографией и др. процессами записи и обработки информации, пром. и лаб. синтезом орг. и неорг. в-в (фотонитрозирование циклогексана с целью получения капролактама, синтез витаминов группы D, напряженных полициклич. структур и др.), синтезом и модификацией полимерных материалов (фотополимеризация, фотомодификация и фотодеструкция полимеров), квантовой электроникой (фотохим. лазеры, затворы, модуляторы), микроэлектроникой (фоторезисты), преобразованием солнечной энергии в химическую.

Фотохим. процессы играют очень важную роль в природе. Биол. *фотосинтез* обеспечивает существование жизни на Земле. Подавляющую часть информации об окружающем мире человек и большинство животных получают посредством зрения, основанного на фотоизомеризации *родопсина*, к-рая запускает цепь ферментативных процессов усиления сигнала и тем самым обеспечивает чрезвычайно высокую чувствительность вплоть до регистрации отдельных фотонов. Озон образуется в верх. слоях атмосферы из кислорода под действием коротковолнового (< 180 нм) излучения Солнца по р-ции:



Он поглощает излучение Солнца в области 200–300 нм, губительно действующее на живые организмы.

*Лит.*: Теренин А.Н., Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений, Л., 1967; Барлтрон Дж., Койл Дж., *Возбужденные состояния в органической химии*, пер. с англ., М., 1978; Охабе Х., *Фотохимия малых молекул*, пер. с англ., М., 1981; Бугаенко Л.Т., Кузьмин М.Г., Полак Л.С., *Химия высоких энергий*, М., 1988. *М.Г. Кузьмин*.

**ФОТОХРОМИЗМ**, индуцированное светом обратимое превращение в-ва А (фотохрома) в продукт В, отличающийся спектром поглощения (окраской) и внутр. энергией. Если В — электронно-возбужденное состояние А\*, говорят о физическом Ф., если же В — форма, изомерная А в основном электронном состоянии, то это — химический Ф. Большой запас внутр. энергии у в-ва В является движущей силой обратного перехода А\* → А или В → А.

Фотохромные системы характеризуют спектрами поглощения А и В (или А\*), квантовым выходом перехода А → В — т. наз. светочувствительностью φ, временем темновой релаксации τ (самопроизвольного перехода В → А в отсутствие освещения), квантовым выходом фоторазложения φ<sub>фр</sub> из-за участия А, А\*, В в необратимых хим. р-циях.

**Физический фотохромизм**. Окрашивание в-ва или его обесцвечивание обусловлено квантовыми переходами между возбужденными состояниями молекул. Среда (матрица) влияет на время темновой релаксации вследствие тушения возбужденных состояний: в жидких средах τ сильно уменьшается из-за высокой скорости диффузии, в твердых телах значение τ определяется внутримолекул. процессами перераспределения энергии между разл. видами возбуждения. Для первого синглетного возбужденного состояния S<sub>1</sub> время τ составляет 10<sup>-6</sup> – 10<sup>-10</sup> с, для триплетного возбужденного состояния T время τ принимает значения от 10<sup>-5</sup> до 10 с. Для наблюдения фото-



хромного эффекта на уровне  $S_1$  требуется интенсивность облучения  $10^2 - 10^3 \text{ Э}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ,  $1 \text{ Э}$  (эйнштейн) =  $6,02 \cdot 10^{23}$  фотонов. Для фотохромного эффекта на уровнях  $T$  необходимы интенсивности на 5 порядков меньше. Поэтому практич. применение находят в осн. системы с триплет-триплетными переходами ( $T$ - $T$ -поглощение, или  $T$ - $T$ -переходы). Светочувствительность  $T$ - $T$ -фотохромов определяется соотношением коэффициентов  $T$ - $T$ -поглощения на длинах волн возбуждения и активации, квантовыми выходами образования триплетных состояний и их дезактивации под действием света. Для повышения светочувствительности спектры  $T$ - $T$ -поглощения не должны перекрываться со спектрами синглет-синглетного поглощения. У известных  $T$ - $T$ -фотохромов переходы  $S_1 \rightarrow S_n$  лежат в области 300–450 нм, а переходы  $T_1 \rightarrow T_n$  – при 300–700 нм. Наиб. важные физ. фотохромы – конденсированные полициклич. ароматич. углеводороды, нек-рые гетероциклы и их замещенные.

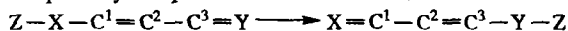
**Химический фотохромизм** основан на изомеризации (обычно *цис-транс*-изомеризации), таутомерных переходах, разрывах и образовании новых хим. связей, перациклич. внутри- и межмол. превращениях; известны моно- и бимол. фотохромные процессы. Кроме спектров поглощения и испускания, у хим. фотохромов могут изменяться показатель преломления, диэлектрич. проницаемость, растворимость, вязкость, электр. проводимость, фотопроводимость и др. св-ва, что определяет многообразие их практич. применения.

У фотохромных 1,2-диарилзамещенных олефинов, азосоединений, азометинов *цис*-изомер поглощает в более коротковолновой области (на 10–30 нм), чем *транс*-изомер. *цис-транс*-Изомеризация проходит через возбужденные  $T_1$ -состояния, к-рые имеют минимум энергии при угле поворота связи  $\sim 90^\circ$ ; *цис*- $T_1$  и *транс*- $T_1$  состояния переходят в общий  $T_1$ -уровень («фантом-триплет»), из него идет дезактивация в основные состояния *цис*- $S_0$  и *транс*- $S_0$ . Т. к. уровень *цис*- $T_1$  лежит выше по энергии, чем уровень *транс*- $T_1$ , то квантовый выход *транс-цис*-изомеризации зависит от  $\tau$ -ры, тогда как квантовый выход *цис-транс*-изомеризации от  $\tau$ -ры не зависит, т. е. переход *цис*- $T_1 \rightarrow$  *транс*- $T_1$  экзотермичен. В стационарном состоянии при прямом (без сенсibilизатора) фотохромном процессе отношение концентраций *цис*- и *транс*-изомеров определяется отношением произведения коэф. поглощения *транс*-изомера при длине волны облучения на квантовый выход *транс*  $\rightarrow$  *цис* перехода к соответствующему произведению для *цис*-изомера ( $\epsilon_{\lambda}^{\text{транс}} \Phi_{\text{транс} \rightarrow \text{цис}} / \epsilon_{\lambda}^{\text{цис}} \Phi_{\text{цис} \rightarrow \text{транс}}$ ). При сенсibilизир. Ф. в систему вводят в-во с энергией возбужденного состояния большей, чем у *транс*- и *цис*-изомеров. В этом случае в стационарном состоянии отношение концентраций *транс*- и *цис*-изомеров не зависит от коэф. поглощения и определяется отношением констант скорости процессов перехода в основное состояние *транс*- $T \rightarrow$  *транс*- $S_0$  и *цис*- $T \rightarrow$  *цис*- $S_0$ , при этом квантовые выходы связаны соотношением:

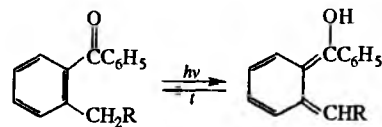
$$\Phi_{\text{цис} \rightarrow \text{транс}} + \Phi_{\text{транс} \rightarrow \text{цис}} = \Phi_{S_1 \rightarrow T_1}$$

Тиоиндигоиды и др. олефины с циклич. заместителями отличаются большим смещением поглощения *цис*-изомера в коротковолновую область (до 150 нм), высоким уровнем поглощения  $\epsilon_{\text{макс}} (\approx 5 \cdot 10^4)$ , большими квантовыми выходами переходов *транс*  $\rightarrow$  *цис* и *цис*  $\rightarrow$  *транс*. Главное преимущество тиоиндигоидов как фотохромных систем – их способность к очень большому числу циклов изомеризации (ок. 20 000), что связано с крайне низким квантовым выходом фоторазложения.

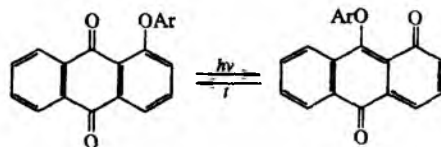
Ф. наблюдается у большого числа таутомерных систем, для к-рых фототаутомерия м. б. записана в виде схемы:



Прототропная фототаутомерия ( $Z = H$ ) типична для *о*-алкиларилкарбонильных соед. ( $X = C$ ,  $Y = O$ ), салициланилидов ( $X = O$ ,  $Y = NR$ ), *о*-гидроксиароматич. соед. ( $X = O$ ,  $Y = Ar$ ) и др., напр.:



Если глубококрасная форма имеет хиноидное строение, она быстро термо- или фотоизомеризуется обратно. У арилоксихинонов ( $X = Y = O$ ,  $C^1$ ,  $C^2$ ,  $C^3$  – части ароматич. или гетероароматич. ядер,  $Z = Ar$ ) при фотоллизе происходит термообратимая фотохромная миграция арила:



В ряду бензотиофеновых производных известна фотоацилтропия ( $X = O$ ,  $Y = N$ ,  $Z = Ac$ ). Перемещения  $Z$  происходят чаще всего внутримолекулярно, через трудно идентифицируемые переходные состояния. Первичные продукты могут ионизироваться, образуя окрашенные мезомерные ионы; это характерно, в частности, для нитроарил(гетарил)алканов.

Изучены фото-, термо- и сольваохромные спирипираны, содержащие 1 или 2 пирановых ядра и получаемые на основе разл. гетероциклов, производных салицилового альдегида, их аналогов и замещенных (см. *Спиросоединения*). Их достоинства: простота синтеза, отсутствие окраски у циклич. формы и интенсивный, часто глубокий цвет у мероцианиновой формы. При больших смещениях поглощения в коротковолновую область и высоких коэф. экстинкции эти в-ва часто отличаются большими квантовыми выходами фоторазложения, что сужает области их применения.

Аналогично спирипиранам обратимое раскрытие гетероцикла наблюдается у фотохромных хромонов, тиохромонов, селенохромонов, дигидрохинолинов. Окрашенная *орто*-хиноидная форма стабилизируется при аннелировании ароматич. цикла. Реакционноспособными у разл. соед. могут быть  $S_1$ - и  $T_1$ -состояния.

К бимол. Ф. относятся, напр., *p*-ции фотодимеризации полициклич. ароматич. соед. по *мезо*-положениям, стильбенов и их гетероаналогов, проявляющиеся как резкий гипсохромный сдвиг спектра поглощения.

Фотохромные системы используются как светофильтры, светозащитные устройства, актинометры, дозиметры, для создания рельефных и плоскостных изображений, аккумуляции солнечной энергии; на их основе созданы устройства для хранения информации.

Лит.: Барачевский В.А., Лашков Г.И., Цехомский В.А., Фотохромизм и его применение, М., 1977; Фотохимические процессы в слоях, под ред. А.В. Ельцова, Л., 1978; Органические фотохромы, под ред. А.В. Ельцова, Л., 1982; Photochromism: molecules and systems, eds. H. Dürr, T.H. Bouas-Lauzon, Amst., 1990. А.В. Ельцов.

**ФОТОЭЛЕКТРОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ** (ФЭС), метод изучения электронного строения в-ва, основанный на явлении фотоэффекта с использованием УФ излучения. При поглощении фотона атомом среды испускается электрон (фотоэлектрон), причем энергия фотона  $h\nu$  ( $\nu$  – частота излучения,  $h$  – постоянная Планка) за вычетом энергии связи  $E_{\text{св}}$  электрона передается фотоэлектрону и м. б. измерена как его кинетич. энергия  $E_{\text{кин}}$ :

$$E_{\text{св}} = h\nu - E_{\text{кин}}$$

Ф. с. и рентгеноэлектронную спектроскопию иногда объединяют общим названием «электронная спектроскопия». Разделение между двумя методами условно: при  $h\nu \leq 60$  эВ говорят о Ф. с., при больших  $h\nu$  – о рентгеноэлектронной спектроскопии.

В Ф. с. используют монохроматич. излучение He(I) или He(II), энергия фотона соотв. 21,2 и 40,8 эВ; реже применяют резонансные линии излучения др. инертных газов и монохроматизир. синхротронное излучение. Энергетич. спектры фо-

тоэлектронов измеряют в фотоэлектронных спектрометрах, осн. элементы к-рых – источник излучения, электростатич. анализатор энергии электронов  $E_{\text{кин}}$  и детектор электронов для измерения интенсивности полос фотоэлектронного спектра, к-рая пропорциональна содержанию соответствующего элемента в образце. Разрешающая способность (ширина полос) составляет от 10 до 80 мэВ, точность определения  $E_{\text{кин}}$  достигает 10–25 мэВ.

Ф. с. позволяет изучать электронные и колебат. уровни энергии молекул, *потенциалы ионизации* (как вертикальные, так и адиабатические), поверхностные эффекты и др. характеристики. Колебат. структура фотоэлектронных спектров хорошо проявляется у сравнительно простых двухатомных молекул, к-рые м. б. представлены моделью двух взаимодействующих точечных масс  $m_1$  и  $m_2$  [приведенная масса  $M = m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$ ] с равновесным расстоянием между ними  $r$  (длина связи) и гармонич. силовой постоянной  $K$  (см. *Колебательные спектры*). Согласно классич. механике, частота колебаний  $\omega_n$  атомных ядер ионизированной молекулы, рассчитываемая по данным ИК спектров, связана с  $M$  и  $K$  соотношением:

$$\omega_n = 1/2\pi \sqrt{K/M}.$$

Если фотоэлектрон удаляется со связывающей мол. орбитали, величина  $K$  меньше, а если с разрыхляющей орбитали – больше, чем значение, к-рое входит в аналогичное соотношение для неионизир. молекулы, следовательно, Ф. с. позволяет установить характер мол. орбиталей, если сравнить фотоэлектронную частоту  $\omega_n$  с частотой колебаний  $\omega_n$  для неионизированной (свободной) молекулы.

Значения  $\omega_n$  и  $\omega_n$  связаны с адиабатич. ( $I_a$ ) и вертикальным ( $I_b$ ) потенциалами ионизации соотношением:

$$I_b - I_a = 1,2(\omega_n/\omega_n - 1).$$

Разница величин ( $I_b - I_a$ ) м. б. использована в случае несложных 3- или 4-атомных молекул для расчета изменений меж-атомного расстояния  $\Delta r$  и валентного угла  $\Delta\theta$ , обусловленных фотоионизацией:

$$(\Delta r)^2 = r^2(\Delta\theta)^2 = 0,543(I_b - I_a)M^{-1}\omega_n^{-2}.$$

( $\Delta r$  и  $r$  указаны в  $\text{Å}$ ,  $M$  – в атомных единицах массы,  $\omega_n$  – в  $1000 \text{ см}^{-1}$ ).

Измерения энергий связи валентных электронов молекул в газовой фазе позволяет проверить точность теоретич. расчетов, установить закономерности электронного строения молекул в изоэлектронных, изовалентных и т. п. рядах, выявить влияние заместителей, установить их донорно-акцепторные св-ва. Фотоэлектронные спектры известны примерно для 10 000 своб. молекул.

Для твердых тел Ф. с. позволяет определить положение уровня Ферми и распределение электронной плотности. При изучении адсорбции м. б. установлены: характер присоединения молекулы к пов-сти (физ. адсорбция или хемсорбция), природа взаимодей. молекулы с пов-стью, роль в этом взаимодей. разл. мол. орбиталей. Важная характеристика – угловая зависимость фотоэлектронного спектра, т. е. изменение интенсивности полосы при изменении угла  $\alpha$  между направлением фотонов и нормалью к пов-сти, а также угла  $\beta$  между нормалью к пов-сти и направлением вылета фотоэлектронов. Установлено, напр., что молекула СО присоединяется по граням (111) кристаллов Pt и Pd таким образом, что ось СО располагается вертикально, а при адсорбции по грани Pt (110) ось СО отклонена от нормали к пов-сти на угол  $26^\circ$ .

Относит. интенсивности полос фотоэлектронных спектров позволяют качественно судить о составе атомных орбиталей, линейная комбинация к-рых образует данную мол. орбиталь (см. *ЛКАО-приближение*). Интенсивность полосы  $I_{\text{МО}}$ , связанной с нек-рой мол. орбиталью, определяется интенсивностями полос  $I_{\text{Ал}}$ , связанных с атомными орбиталями  $\text{Ал}$ , и заселенностями этих орбиталей  $P_{\text{Ал}}$  (по Малликену):

$$I_{\text{МО}} = \sum_{(\text{А})} I_{\text{Ал}} P_{\text{Ал}}.$$

Интенсивности  $I_{\text{Ал}}$  зависят от энергии фотона  $h\nu$ , поэтому по изменению  $I_{\text{МО}}$  можно качественно судить об участии разл.

$\text{Ал}$  в образовании данной мол. орбитали. Напр., для 3d-орбитали Ni интенсивность полосы  $I_{\text{Ал}}$  возрастает более чем в 10 раз при переходе от излучения  $\text{Ne(I)}$  к излучению  $\text{Ne(II)}$ , поэтому рост интенсивности полосы для изучаемого электронного уровня молекулы указывает на значит. вклад 3d-орбиталей в волновую ф-цию данного состояния.

*Лит.*: Нефедов В.И., Вовна В.И., Электронная структура химических соединений, М., 1987; и х же, Электронная структура органических и элементарноорганических соединений, М., 1989; Вовна В.И., Электронная структура органических соединений по данным фотоэлектронной спектроскопии, М., 1991.

**ФОТОЭЛЕКТРОХИМИЯ**, изучает процессы взаимного преобразования световой и электр. энергии в системе электрод – электролит. Наиб. распространены процессы преобразования энергии света в хим. и электр. энергию, сопровождающиеся протеканием фототока в цепи освещаемой электрохим. ячейки, т. е. фотоэлектрохим. р-ции. Обратный процесс – испускание света при прохождении электр. тока через ячейку – может иметь природу электрохемилюминесценции, газового разряда в зазоре между электродом и электролитом и т. д. В широком смысле Ф. включает описание любых изменений на границе раздела электрод – электролит при освещении, в т. ч. и в отсутствие тока, напр. возникновения фотопотенциала и фотоемкости идеально поляризуемого электрода (см. *Двойной электрический слой*).

Протекание фототока в электрохим. цепи м. б. вызвано фотовозбуждением электрода или р-ра электролита. При поглощении квантов света образуются первичные возбужденные состояния электронов, ионов или молекул, обычно короткоживущие; далее они вступают в необратимые хим. и электрохим. взаимодей., заканчивающиеся образованием стабильных продуктов фотоэлектрохим. р-ций. Частицы стабильных продуктов запасают в себе, по крайней мере, часть первоначально поглощенной энергии света, другая часть расходуется (инактивируется) в ходе обратных р-ций, рекомбинации и т. п., причем поглощенная энергия света превращается в тепло.

В случае металлич. электрода фотовозбуждение обусловлено переходом поглотивших квант света валентных электронов на более высокие энергетич. уровни. Возбужденные электроны с энергией, превышающей работу выхода из металла, и имеющие отличный от нуля импульс в направлении нормали к пов-сти электрода могут покинуть металл и перейти в делокализованном состоянии в р-р, образуя ток фотоэлектронной эмиссии (фототок). Фототок  $I$  зависит от энергии кванта света  $h\nu$  ( $h$  – постоянная Планка,  $\nu$  – частота) и потенциала электрода  $E$  по т. наз. закону пяти вторых:

$$I \approx (h\nu - h\nu_0 - eE)^{5/2},$$

где  $h\nu_0$  – работа выхода электрона из металла в р-р при  $E = 0$  ( $\nu_0$  – пороговая частота фотоэмиссии),  $e$  – заряд электрона. Квантовый выход фототока, равный отношению числа электронов, перенесенных в электрохим. цепи, к числу падающих на электрод фотонов, невелик, порядка  $10^{-4}$ , при обычно применяемой освещенности электрода фототок составляет порядка  $10^{-5} \text{ А/см}^2$ .

Попавшие в р-р электроны сольватируются р-рителем; сольватир. электроны вступают в хим. реакции с компонентами р-ра, восстанавливая их (напр., ион  $\text{H}^+$  – до атомарного водорода). Продукты восстановления могут восстанавливаться далее либо окисляться обратно на пов-сти электрода в ходе «темновых» (в отсутствие освещения) электрохим. р-ций. Так, атомарный водород при положит. электродных потенциалах окисляется до  $\text{H}^+$ , а при отрицательных превращается в  $\text{H}_2$ . Измерение фототока лежит в основе методов исследования сольватир. электронов и продуктов их хим. р-ций.

При фотовозбуждении полупроводника электроны валентной зоны, поглотив квант света, переходят в зону проводимости, оставляя в валентной зоне положительно заряженные дырки. Электроны проводимости и дырки могут вступать в электрохим. р-ции, соотв. катодные и анодные, обуславливающие фототок. Скорость р-ций и, следовательно, фототок увеличиваются с концентрацией фотогенерир. электронов и дырок (см. *Электрохимия полупроводников*).

При поглощении квантов света ионами и молекулами р-ра электролита последние переходят в возбужденное состояние. Электродные потенциалы окислит.-восстановит. систем, в состав к-рых входят возбужденные ионы или молекулы, не совпадают с потенциалами тех же систем в невозбужденном состоянии. Поэтому при освещении могут протекать электрохим. р-ции с участием возбужденных частиц, к-рые в невозбужденном состоянии тех же частиц (как темновые процессы) не идут. Поскольку время жизни возбужденных состояний невелико (обычно не более 1 мс), в электрохим. р-ции участвуют только частицы, образованные в непосредственной близости к пов-сти электрода или адсорбированные на этой пов-сти. Так, адсорбированные на пов-сти полупроводникового электрода красители родамин Б, бенгальский розовый и др., поглощающие видимый свет и в возбужденном состоянии окисляющиеся (т. е. отдающие электрон полупроводнику), используются в качестве сенсibilизаторов, повышающих чувствительность широкозонных полупроводников (TiO<sub>2</sub>, ZnO) к видимому свету.

Фотолиз р-ра при его освещении приводит к образованию стабильных продуктов, в числе к-рых м.б. окислители и восстановители, способные вступить в электрохим. р-ции на электродах. В ячейке с селективными электродами, один из к-рых избирательно чувствителен по отношению к окислителю, а другой – к восстановителю, освещение р-ра генерирует ток во внеш. цепи, при этом происходит преобразование световой энергии в электрическую.

Фотоэлектрохим. ячейку характеризуют: КПД, равным отношению произведенной электрич. и(или) хим. энергии к энергии падающего (иногда – поглощенного) света, фотоэде разомкнутой цепи и фототок короткого замыкания. Эти величины тем выше, чем большая доля первичных возбужденных состояний, образовавшихся при поглощении квантов света, избегает инактивации и вступает в полезные электрохим. р-ции. Напр., фотогалванич. ячейка, чувствительная к свету с длиной волны 450–650 нм, основана на фотовозбуждении р-ра, содержащего тиазиновый краситель тионин и Fe<sup>2+</sup>. Возбужденный светом тионин окисляет Fe<sup>2+</sup> до Fe<sup>3+</sup>, сам при этом восстанавливаясь. Далее Fe<sup>3+</sup> восстанавливается на одном из электродов ячейки, а восстановленная форма тионина окисляется на другом, при этом в р-ре регенерируются исходные в-ва. Такая электрохим. ячейка имеет КПД ок. 0,1%.

Фотоэлектрохим. р-ции используют для травления полупроводниковых материалов. Поскольку скорость анодного травления увеличивается с ростом интенсивности освещения, неравномерное освещение полупроводникового анода позволяет выравливать на его пов-сти заданный рельеф. Напр., травлением GdS, GaAs и др. в интерферирующих лазерных пучках получают дифракционную решетку с разрешением до 6000 линий/мм.

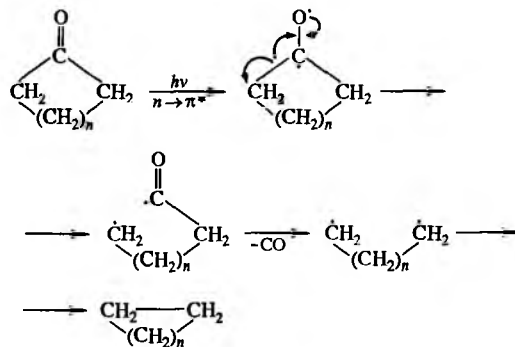
Достижения Ф. позволяют реализовать прямое преобразование солнечной энергии в хим. энергию продуктов фотоэлектрохим. р-ций и энергию электрич. тока. Фотоэлектрохим. элементы для преобразования солнечной энергии делятся на элементы для фотоэлектролиза и элементы для произ-ва электрич. энергии (т. наз. жидкостные солнечные батареи). Так, для фотоэлектролиза воды служит ячейка с кислым электролитом и фотокатодом из InP (полупроводник р-типа), на пов-сть к-рого нанесен микроосаждок Pt или Rh для повышения электрокаталитич. активности. При освещении на InP выделяется H<sub>2</sub>; КПД преобразования солнечной энергии в химическую составляет 6–8%. Примеры «жидкостных солнечных батарей»: элемент с фотоанодом из GaAs n-типа и щелочным р-ром K<sub>2</sub>Se + K<sub>2</sub>Se<sub>2</sub>, элемент с фотоанодом из CuInSe<sub>2</sub> и р-ром KI + K<sub>2</sub>I + HI; их КПД достигает 12–15%. Наиб. эффективные полупроводниковые фотоэлектроды изготавливают из кремния, фосфида индия, арсенида галлия, теллурида и селенида кадмия.

Лит.: Гуревич Ю.А. [и др.], в кн.: Итоги науки и техники, сер. Радиационная химия. Фотохимия, т. 1, М., 1978; Гуревич Ю.А., Плещков Ю.В., Фотоэлектрохимия полупроводников, М., 1983; Плещков Ю.В., Фотоэлектрохимическое преобразование солнечной энергии, М., 1990. Ю.В. Плещков.

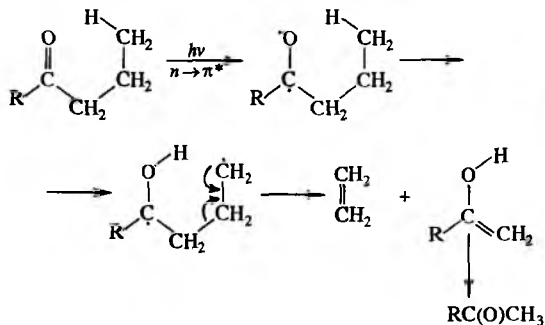
**ФОТОЭМУЛЬСИОННЫЕ МИКРОКРИСТАЛЛЫ**, см. Фотографические эмульсии.

**ФРАГМЕНТАЦИОННЫЕ РЕАКЦИИ** (от лат. fragmentum – кусок, осколок). Общепринятое определение термина «Ф. р.» отсутствует. Наиб. часто под Ф. р. понимают: 1) распад по неск. конкурирующим направлениям мол. ионов орг. и элементоорг. соед., образующихся в камере масс-спектрометра в условиях электронного удара в газовой фазе (см. Масс-спектрометрия).

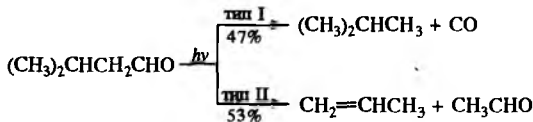
2) Фотохим. расщепление карбонильных соед. в газовой фазе с элиминированием CO (р-ция Норриша, тип I):



В жидкой фазе карбонильные соед. элиминируют олефины (р-ция Норриша, тип II); р-ция протекает через стадию миграции γ-Н-атома к атому кислорода возбужденной карбонильной группы; образующийся енол затем изомеризуется в кетон, напр.:

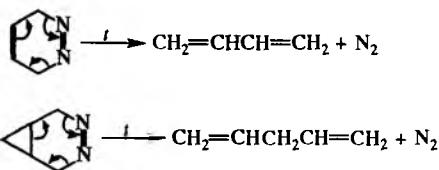


В нек-рых случаях наблюдаются одновременно оба типа превращения, напр.:



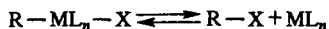
В газовой фазе фотохим. фрагментация по р-ции Норриша типа II сопровождается Мак-Лафферти перегруппировкой.

3) Расщепление циклов (обычно в условиях пиролиза) с образованием т. наз. малых молекул (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и др.), отличающихся значительной термодинамич. устойчивостью (циклофрагментация, циклораспад), напр.:



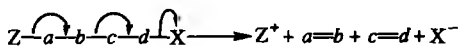
В случае соед. с четным числом атомов в цикле подобные р-ции обратны р-циям *циклоприсоединения*, напр. ретродиеновый синтез (см. *Диеновый синтез*); в случае соед. с нечетным числом атомов в цикле – обратны хелетропному циклоприсоединению (см. *Хелетропные реакции*).

4) Распад молекул металлоорг. соед. с образованием восстановленных металлосодержащих частиц (восстановит. фрагментация, или элиминирование, обозначается  $F_{nd}$ ), напр.:



Процессы подобного типа исключительно важны в гомогенном *металлокомплексном катализе* с участием Ni, Pd, Pt, Rh и др.

5) Гетеролитич. (или ионные) р-ции отщепления общего вида (символ  $F$ ):

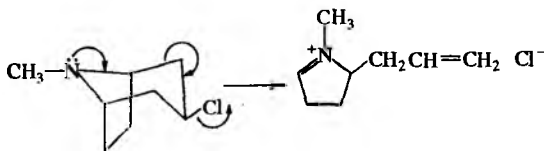


От обычных р-ций элиминирования они отличаются тем, что катионоидной уходящей группой  $Z^+$  м. б. не только протон (см. *Элиминирования реакции*), но и более сложные группировки, а непредельными фрагментами – олефины, ацетилены, а также их гетероаналоги. Комбинации группировок в соед. могут быть самыми разнообразными (табл.).

**ОСНОВНЫЕ ФРАГМЕНТЫ СОЕДИНЕНИЙ, СПОСОБНЫХ К ГЕТЕРОЛИТИЧЕСКОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ**

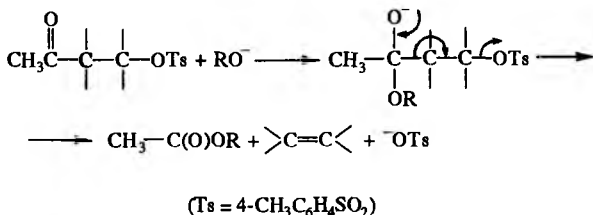
Z (катионоидные уходящие группы)	a-b, c-d (центральные фрагменты)	X (анионоидные уходящие группы)
H, CR <sub>3</sub> , R <sub>2</sub> M, RC(O) и др., R <sub>2</sub> N-CR <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> C-CR <sub>2</sub> , RC=CR, R <sub>2</sub> C-NR, R <sub>2</sub> C-O, C(O)-O, RC=N, C(O), N=N, HgS и др.	Cl, Br, I, SO <sub>3</sub> R, OCOR, OH <sub>2</sub> <sup>+</sup> , NR <sub>3</sub> <sup>+</sup> , SR <sub>2</sub> <sup>+</sup> , N <sub>2</sub> <sup>+</sup> и др.

Своеобразный вид р-ций  $F$ -типа – фрагментация Гроба – расщепление линейных и гетероциклич.  $\gamma$ -аминоалкилгалогенидов, при к-ром уходящая группа  $Z - a - b^+$  стабилизируется электронной парой  $Z$  атома азота, напр.:



Гетеролиз связей  $Z - a, d - X$  и  $b - c$  может осуществляться по несогласованному мономол. ( $F_1$ ) и согласованному бимол. ( $F_2$ ) механизмам (см. *Согласованные реакции*). При этом в р-циях типа  $F_2$  всегда наблюдается ускорение процессов сольволиза по сравнению с сольволизом аналогичных соед., не претерпевающих фрагментацию.

В случае нек-рых электроакцепторных  $\pi$ -систем  $\Phi$ . р. могут быть вызваны предвариет. нуклеофильной атакой:



Лит.: Ингольд К., Теоретические основы органической химии, пер. с англ., М., 1973, с. 587; Никаноров В.А. [и др.], «Докл. АН СССР», 1975, т. 224, № 2, с. 343-46; Беккер Г., Введение в электронную теорию органических реакций, пер. с англ., М., 1977, с. 283; Реутов О.А. [и др.], «Докл. АН СССР», 1978, т. 239, № 6, с. 1371-74; Гроб С.А., «Angew. Chem.», 1967, № 6, р. 1. В.А. Никаноров.

**ФРАНЦИЙ** (Francium) Fr, радиоактивный хим. элемент I гр. периодич. системы, ат. н. 87; относится к *щелочным металлам*. Стабильных изотопов не имеет. Известно 27 радиоактивных изотопов с мас. ч. 202–229. Наиб. долгоживущие нуклиды <sup>212</sup>Fr [ $T_{1/2}$  20 мин,  $\alpha$ -распад (44%), электронный захват (56%)] и <sup>223</sup>Fr [ $T_{1/2}$  21,8 мин,  $\beta$ -распад (99,9%)], последний входит в состав прир. радиоактивного ряда актиноурана. Отношение Fr/U в земной коре  $4 \cdot 10^{-16}$ . Вероятная конфигурация внеш. электронных оболочек атома  $5s^2 5p^6 5d^0 6s^2 6p^6 7s^1$ ; степень окисления +1; электроотрицательность по Полингу 0,7; атомный радиус 0,29 нм, ионный радиус Fr<sup>+</sup> 0,178 нм.

В весовых кол-вах  $\Phi$ . не м. б. получен вследствие отсутствия у него долгоживущих изотопов, поэтому исследования его св-в проводят с индикаторными кол-вами <sup>223</sup>Fr (менее 10<sup>-15</sup> г). По оценке для  $\Phi$ .: т. пл. 18–21 °С, т. кип. 640–660 °С; плотн. 2,3–2,5 г/см<sup>3</sup>;  $C_p$  31,6 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{возг}}^0$  69,1 кДж/моль.  $\Phi$ . – самый электроположит. металл, аналог Rb и Cs. Хлорид, нитрат, сульфат, фторид, сульфид, гидроксид, карбонат, ацетат и оксалат  $\Phi$ . хорошо раств. в воде; перхлорат, пикрат, иодат, хлороплатинат, хлорвисмутат, хлороантимонат, хлоростаннат и нитрокобальтат  $\Phi$ . плохо растворимы.  $\Phi$ . соосаждается с простыми и двойными солями Cs, с солями гетерополикислот (кремневольфрамовой, фосфорновольфрамовой, ванадиевофосфорновольфрамовой и др.); экстрагируется нитробензолом в присут. тетрафенилбората Na. Отделение от Cs и Rb проводят с помощью катионообменных смол, неорг. сорбентов и методом распределит. бумажной хроматографии.

Изотопы  $\Phi$ . с мас. ч. не менее 215 образуются при расщеплении Th и U под действием облучения ускоренными протонами или дейтронами, а изотопы с мас. ч. не более 213 – при ядерных р-циях многозарядных ионов с разл. элементами. Осн. источник получения <sup>223</sup>Fr – препараты <sup>227</sup>Ac.  $\Phi$ . выделяют методами соосаждения, хроматографии на орг. и неорг. сорбентах, путем электрофореза и экстракции.

По  $\beta$ -излучению дочернего <sup>223</sup>Fr проводят определение <sup>227</sup>Ac. <sup>223</sup>Fr используют в биол. исследованиях, в т. ч. для диагностики раковых заболеваний.

Открыла  $\Phi$ . (радионуклид <sup>223</sup>Fr) М. Перей в 1938.

Лит.: Лаврухина А.К., Поздников А.А., Аналитическая химия техник, промста, астатина и франция, М., 1966. Б.Ф. Масоедов.

**ФРЕНАЛЬ**, CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>CHO [смесь 3-(4-толил)- и 3-(2-толил)пропионовых альдегидов с преобладанием первого], мол. м. 148, 20; бесцв. или слегка желтоватая жидкость со свежим запахом, напоминающим запах арбуза; т. кип. 80–81 °С/1,5 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,999;  $n_D^{20}$  1,5180–1,5200; раств. в этаноле, не раств. в воде. В природе не найден. Получают  $\Phi$ . конденсацией CH<sub>2</sub>=CHCH(OCOSCH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с толуолом в присут. TiCl<sub>4</sub> с послед. гидролизом или конденсацией *n*-метилбензальдегида с CH<sub>3</sub>CHO с послед. избират. гидрированием. Применяют при составлении парфюм. композиций.

Т. всп. 103 °С, т. самовоспл. 402 °С. Л.А. Хейфич.

**ФРЕОНЫ**, то же, что *хладоны*.

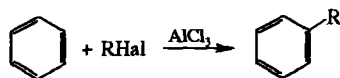
**ФРЕТТИНГ-КОРРОЗИЯ**, коррозионномех. разрушение металлич. конструкций в местах проскальзывания плотно пригнанных (прижатых друг к другу) деталей при колебаниях с малой амплитудой, вращениях, вибрациях.  $\Phi$ -к. наблюдается при разл. прессовых посадках на вращающихся валах, в местах посадки лопаток турбин, в шлицевых, шпоночных, болтовых и заклепочных соединениях.  $\Phi$ -к. подвержены металлич. канаты и канатные шкивы, контактные пов-сти подшипников качения, рессор, пружин, клапанов и толкателей, кулачковых механизмов и т. п. Совмещение коррозии с фреттингом – мех. износом двух пов-стей, имеющих малое относит. колебат. смещение, приводит к значит. повышению степени износа пов-стей и опасности локальных разрушений. Наиб. опасное последствие  $\Phi$ -к. – растрескивание деталей из-за снижения коррозионно-усталостной прочности (см. *Коррозионная усталость*).

Коррозия контактных металлич. пар обусловлена изменением физ.-хим. св-в сопряженных пов-стей вследствие пластич. деформирования или относит. перемещения, разруше-

ния защитных оксидных пленок, адсорбционного взаимодействия материала со средой. Коррозионные процессы могут иметь хим. или электрохим. природу, скорость Ф.-к. определяется природой металлич. пар, коррозионной активностью среды, амплитудой проскальзывания, контактным давлением, числом и частотой циклов отходит. смещений контактирующих деталей, степенью прилегания сопряженных пов-стей, т-рой в зоне контакта (см. *Коррозия металлов, Коррозия под напряжением*). Мероприятия, снижающие опасность Ф.-к., могут быть следующими: подбор материалов контактных пар; выбор оптимальных конструктивных решений; увеличение натяжения шкивов и уменьшение проскальзывания; снижение агрессивности среды (использование смазок, *ингибиторов коррозии*); создание сжимающих напряжений в поверхностных слоях деталей путем пластич. деформирования или хим.-термич. обработкой; нанесение защитных металлич. покрытий; разделение сопряженных пов-стей неметаллич. прослойками (см. *Защита от коррозии*).

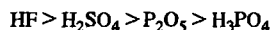
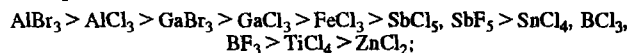
Лит.: Фидимонов Г.Н., Балацкий Л.Т., Фреттинг в соединениях судовых деталей, Л., 1973; Голего Н.Л., Алябьев А.Я., Шведья В.В., Фреттинг - коррозия металлов, К., 1974; Уотерхауз Р.Б., Фреттинг-коррозия, пер. с англ., Л., 1976. И.А. Степанов.

**ФРИДЕЛЯ - КРАФТСА РЕАКЦИЯ**, алкилирование и ацилирование ароматич. углеводородов (аренов) и их производных в присут. безводного  $AlCl_3$  и др. кислотных катализаторов. Классич. пример Ф.-К. р. - алкилирование бензола алкилгалогенидами, представляющее собой типичное электроф. замещение в ароматич. ядре ( $S_E$ ):



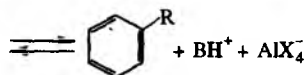
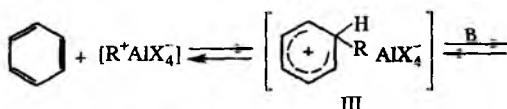
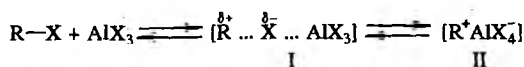
В Ф.-К. р. вступают также конденсир. ароматич. углеводороды и нек-рые гетероароматич. соед. (напр., тиофен, фуран и их производные). Р-цию проводят в р-рителе или без него в небольшом интервале т-р.

При алкилировании в качестве реагентов используют алкилгалогениды, спирты и олефины; в качестве катализаторов - к-ты Льюиса, протонные к-ты, кислотные оксиды, а также катионообменные смолы. Катализаторы алкилирования по общей активности можно примерно расположить в след. ряды:



Активность катализаторов в каждом конкретном случае зависит от природы субстрата, условий эксперимента и наличия примесей, напр. следов воды.

Механизм р-ции алкилирования предполагает, что сначала алкилгалогенид и катализатор образуют реагент (быстрая стадия), представляющий собой комплекс с переносом заряда (ф-ла I) или ионную пару (II), к-рый затем реагирует с ареном (медленная стадия), давая соед. III; перенос протона к р-рителю приводит к продукту р-ции. При проведении процесса без р-рителя или в слабоосновном р-рителе III - конечный продукт алкилирования, он распадается лишь при разложении реакц. массы:



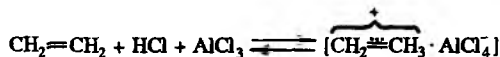
B - р-ритель

Реакц. способность алкилгалогенидов в Ф.-К. р. падает при переходе от фторидов к иодидам ( $CH_3I$  реагирует в ~200 раз быстрее, чем  $CH_3F$ ) и от третичного алкила к первичному. Вводимая алкильная группа активирует бензольное ядро, что способствует дальнейшему алкилированию. Число вводимых алкильных групп определяется стерич. факторами. Для получения моноалкилр. продуктов используют избыток арена (последний может служить р-рителем) и эффективное перемешивание.

Толуол алкилируется быстрее, чем бензол. Соотношение *орто*- и *пара*-изомеров при алкилировании толуола зависит от размера входящей алкильной группы; так, при алкилировании  $CH_3I$  оно составляет (1,9:1),  $(CH_3)_2CHBr$  - (1,2:1),  $C_2H_5CH_2Cl$  - (0,82:1), при алкилировании *трет*-бутилбромидом (кат.- $AlCl_3$ ) продукт *орто*-замещения не обнаружен.

В большинстве случаев *мета*-ориентирующие заместители, напр. группа  $NO_2$ , препятствуют алкилированию, однако р-ция все же возможна, если молекула субстрата содержит одновременно активирующую и дезактивирующую группы, как в случае *о*-нитроанизола.

Алкилирование олефинами протекает в присут. безводного  $HCl$  с образованием активного комплекса:

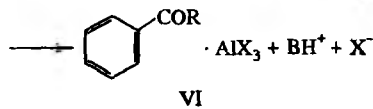
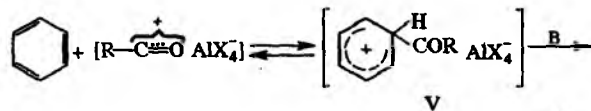


Кол-во катализатора в Ф.-К. р. зависит от алкилирующего агента: при алкилировании алкилгалогенидами и олефинами используют каталитич. кол-ва, спиртами и алкеноксидами - эквивалентные; последнее условие должно соблюдаться при алкилировании аренов, содержащих в качестве заместителей группы  $RO$ ,  $RC(O)$  и др., способные образовывать комплексы с  $AlCl_3$ .

Побочные процессы при алкилировании по Ф.-К. р. - изомеризация и диспропорционирование алкильных групп в арене.

Использование вместо  $AlCl_3$  катализаторов типа цеолитов позволяет повысить селективность Ф.-К. р. Так, при алкилировании толуола этиленом в присут.  $AlCl_3 - HCl$  образуется смесь *орто*-, *мета*- и *пара*-этилтолуолов в соотношении (11:55:34), а при проведении процесса на модифицир. цеолите ZSM-5 получают 97% *п*-этилтолуола и 3% *мета*-изомера; *орто*-изомер не образуется.

Ацилирование в условиях Ф.-К. р. проводят с помощью хлорангидридов или ангидридов карбоновых к-т. Механизм р-ции аналогичен алкилированию: на первом этапе ацилирующий агент и катализатор, к-рый в этих случаях правильнее называть реагентом, образуют ионную пару (IV), последняя с ареном дает соед. (V); перенос протона к р-рителю приводит к устойчивому комплексу (VI), из к-рого продукт р-ции освобождается при разложении реакц. массы водой:



B - р-ритель

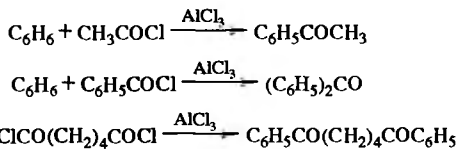
При ацилировании с помощью ангидридов карбоновых к-т связываются два моля  $AlX_3$ . Кол-во катализатора в р-циях ацилирования, в отличие от р-ций алкилирования, должно 368

быть не менее, чем стехиометрическое; это связано с тем, что как ацилирующий агент, так и продукт р-ции образуют с катализатором комплексы в соотношении 1:1.

Влияние заместителей в р-циях ацилирования такое же, как для р-ций алкилирования.

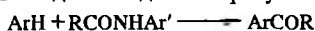
Ацилирование по Ф.-К. р., в отличие от алкилирования, приводит, как правило, к моноацильному продукту.

Ацилирование в условиях Ф.-К. р. — основной метод синтеза ароматич. и жирноароматич. кетонов; при использовании хлорангидридов дикарбоновых к-т образуются дикетоны, напр.:



Частные случаи ацилирования по Ф.-К. р.: *Гаттермана — Коха реакция*, *Фриса перегруппировка*.

Модификация Вильсмайера — Хаака: ацилирование ароматич. соед. анилидами в присут.  $\text{POCl}_3$ :



Модификация Бена: использование в качестве р-ителя при ацилировании фенолов нитробензола для обеспечения гомогенности реакц. смеси.

Модификация Ненцкого: ацилирование фенолов карбоновыми к-тами в присут.  $\text{ZnCl}_2$ ; применение  $\text{FeCl}_3$  как более мягкого катализатора.

Модификация Перрье: ацилирование с помощью предварительно приготовленного комплекса  $\text{AlCl}_3$  с  $\text{RCOX}$  с целью повышения выхода продуктов р-ции.

Вариант Ф.-К. р. — метод Фриделя — Крафтса — Каррера — получение нитрилов взаимодей. ароматич. соед. со свежеприготовленными галогенидами в присут.  $\text{AlCl}_3$ :

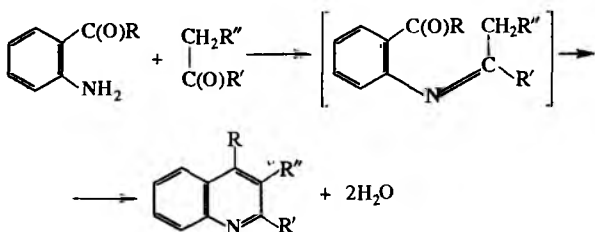


Ф.-К. р. применяют в пром-сти для произ-ва высокооктановых топлив, *изопропилбензола*, *β-фенилэтилового спирта*, *бензофенона*, полупродуктов для лек. в-в и синтетич. красителей.

Р-ция открыта Ш. Фриделем и Дж. Крафтсом в 1877.

Лит.: Томас Ч., Безводный хлористый алюминий в органической химии, пер. с англ., М., 1949; Прайс Ч., в кн.: *Органические реакции*, пер. с англ., сб. 3, М., 1951; Берлинер Э., там же, сб. 5, М., 1951; Лебедев Н.Н., *Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза*, 2 изд., М., 1975; *Friedel-Crafts and related reactions*, ed. by G.A. Olah, v. 1-4, N.Y.-L., 1963-65. *С.К. Смирнов.*

**ФРИДЛЕНДЕРА СИНТЕЗ**, получение производных хинолина конденсацией ароматич. орто-аминокарбонильных соед. с в-вами, содержащими в молекуле группировку  $\text{CH}_2\text{C}(\text{O})$ , напр.:



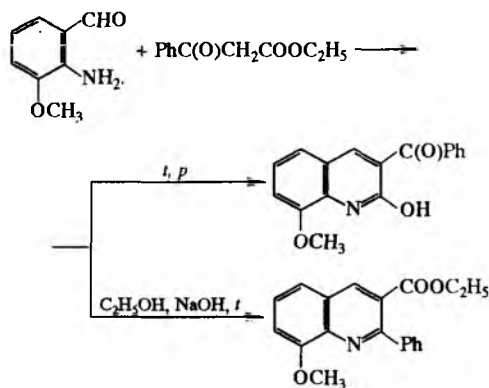
$\text{R}, \text{R}' = \text{H}, \text{Alk}, \text{Ar}, \text{OH}, \text{COOH}$ ;

$\text{R}'' = \text{H}, \text{Alk}, \text{Ar}, \text{COOH}, \text{NO}_2, \text{OH}, \text{CN}$  и др.

Обычно смесь реагентов в этаноле нагревают неск. часов в присут. каталитич. кол-в  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$  или пиперидина. Р-цию с альдегидами чаще проводят без катализатора; в нек-рых случаях (напр., при получении 2-метилхинолина) наиб. выходы достигаются при использовании кис-

лых катализаторов в отсутствие р-ителя. Р-ция не идет с 1,2-дифенилэтаном, глюкозой и леулиновой к-той. Выходы колеблются в очень широких пределах (макс. — 70-80%).

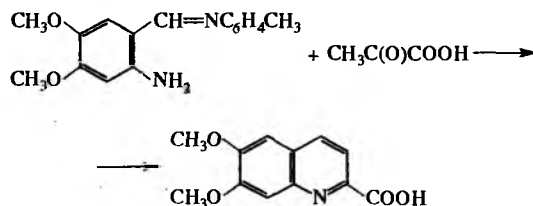
Ф. с. имеет наиб. значение для синтеза хинолинов, замещенных в пиридиновом кольце (прежде всего 3-замещенных хинолинов, к-рые трудно получить др. методами). В случае несимметричных метилкетонов группа  $\text{CH}_3$  занимает в хинолине положение 2. В нек-рых случаях строение образующихся продуктов зависит от условий осуществления р-ции, напр.:



Осн. побочные продукты — смолы, образующиеся в результате олигомеризации исходных продуктов.

Считается, что Ф. с. включает две стадии — на первой образуется основание Шиффа, на второй происходит замыкание цикла (при этом выделяется  $\text{H}_2\text{O}$  за счет карбонильного атома О и атома Н др. компонента).

Модификация Борше — Рида: использование оснований Шиффа вместо менее устойчивых орто-аминокарбонильных соед., что особенно удобно при синтезе хинолинов, замещенных в бензольном ядре, напр.:



Ф. с. применяют в лаб. практике. Открыта П. Фридлиндером в 1882.

Лит.: *Гетероциклические соединения*, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 4, М., 1955, с. 35; там же, т. 7, М., 1965, с. 171; *Fergstrom F.*, «Chem. Rev.», 1944, v. 35, p. 151. *Г.И. Дрозд.*

**ФРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**, обладают высоким и стабильным коэф. трения и высокой износостойкостью; применяются для изготовления тормозных узлов, муфт сцепления и др. устройств, в к-рых используется сила трения.

Ф. м. сохраняют высокий коэф. трения (0,2-0,6) и миним. уровень износа (линейная интенсивность изнашивания  $I = h/L = 10^{-7}$ , где  $h$  — толщина истертого слоя,  $L$  — путь трения) в условиях большого диапазона скоростей скольжения, нагрузок и т-р. Характеризуются также высокой мех. прочностью, низкой склонностью к схватыванию, задиру и заеданию, хорошей и быстрой прирабатываемостью, высоким сопротивлением тепловой усталости и устойчивостью против теплового удара, возникающего в результате интенсивного выделения тепла при трении.

Различают Ф. м. для весьма легких (т-ра на пов-сти трения ниже 100 °С и т-ра в объеме тела не выше 50 °С), легких (соотв. 250 и 150 °С), средних (600 и 350 °С), тяжелых (1000 и 600 °С) и сверхтяжелых (более 1000 и более 600 °С) условий



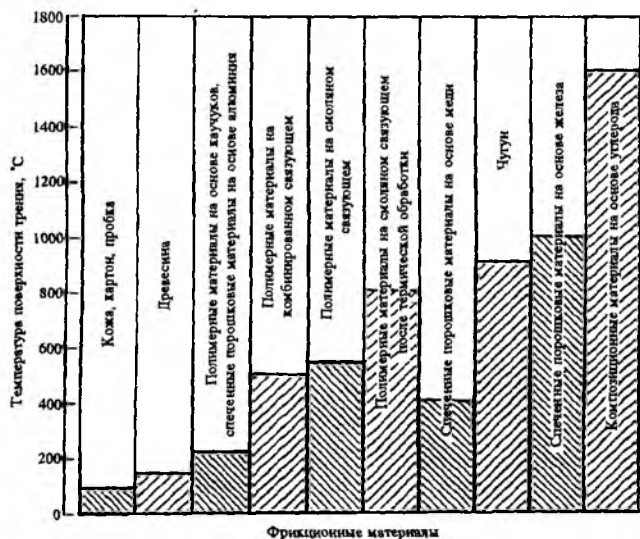


Рис. Допустимые значения средней температуры поверхности трения для разл. фрикционных материалов.

эксплуатации (рис.); работают в условиях сухого трения и в присут. смазочных жидкостей.

К металлическим Ф.м. относят чугуны и стали разл. марок. Их используют гл. обр. в незаменимых или редко заменяемых элементах тормозных и фрикц. устройств в качестве т. наз. контртел (силовые диски, барабаны, шайбы и т. п.), срок службы к-рых соизмерим со сроком службы всего тормозного механизма. При легких условиях эксплуатации металлич. Ф.м. применяют также в качестве ответных деталей (тел); наиб. распространены такие сочетания материалов, как сталь – сталь, чугун – сталь, бронза – сталь. Осн. недостатки этих Ф.м. – нестабильность коэф. трения при резком изменении т-ры, склонность к схватыванию трущихся поверхностей; они постепенно заменяются неметаллич. Ф.м.

Неметаллические Ф.м. изготавливают гл. обр. с использованием базальтовых, углеродных, кевларовых, реже асбестовых и др. высокомолекулярных волокон; связующее – каучуки, смолы и их сочетания; наполнители – кремнезем, сурик, барит, медная, латунная, бронзовая проволока или стружка, MoS<sub>2</sub> и др. Из-за применения полимерного связующего такие Ф.м. часто наз. полимерными. Один из лучших материалов этой группы – ретинакс, получаемый горячим прессованием в виде брикетов из асбеста, молотого барита, латуни и феноло-формальдегидной смолы; работает при т-ре на пов-сти трения выше 600 °С.

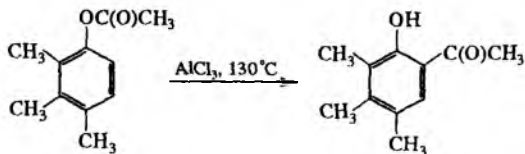
Спеченные порошковые Ф.м. получают, как правило, на медной или железной основе. В качестве наполнителей и добавок используют материалы, обеспечивающие стабильность коэф. трения (карбиды и оксиды металлов), отсутствие схватывания (графит, асбест, MoS<sub>2</sub>, CuS, ZnS), повышение сопротивления скольжению (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, BC, SiC, муллит и др.), улучшение теплового режима (цветные металлы и сплавы Sn, Pb, Zn, Al). Повышение прочности соединения наполнителей и добавок с металлом-основой достигается непосредственно в процессе спекания.

Наиб. тепло- и износостойкими Ф.м. для тяжелых и сверхтяжелых условий являются композиционные Ф.м. на основе термостойких смол с применением графита и разл. волокон, гл. обр. углеродных (см. *Композиционные материалы*). Отличит. особенность таких Ф.м. – способность работать в паре как с металлич. контртелами, так и в одноименном сочетании, напр. многодисковые авиационные тормоза изготавливают из одноименной углеродной пары трения, известной в России под назв. «термар».

Лит.: Федорченко И.М., Крячек В.М., Пананотн И.И., Современные фрикционные материалы, К., 1975; Полимеры в узлах трения машин и приборов. Справочник, под ред. А.В. Чичинадзе, М., 1988; Справочник по трибологии, под ред. М. Хеблы, А.В. Чичинадзе, т. 3, М., 1992.

А.В. Чичинадзе.

**ФРИСА ПЕРЕГРУППИРОВКА**, превращение сложных эфиров фенолов в *орто*- или *пара*-ацилфенолы под действием к-т Льюиса, напр.:



Ф.п. проводят в орг. р-рителе (обычно в PhNO<sub>2</sub>, PhCl, CS<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>CHCHCl<sub>2</sub>) или в его отсутствие (обычно, когда требуется нагревание св. 70 °С).

В качестве к-ты Льюиса обычно используют AlCl<sub>3</sub> (в стехиометрич. или неск. большем кол-ве), реже – TiCl<sub>4</sub>, SnCl<sub>4</sub>, FeCl<sub>3</sub>, ZnCl<sub>2</sub>. В нек-рых случаях хорошие результаты дает применение безводного HF.

В р-цию вступают эфиры одно- и многоатомных фенолов алифатич. и ароматич. карбоновых к-т. В качестве заместителей в ароматич. ядре могут присутствовать Alk, OAlk, RC(O), Hal и др. Присутствие *мета*-ориентирующего заместителя обычно препятствует Ф.п. Алкильные группы в *орто*-положении и *пара*(*мета*)-положении способствуют миграции ацильной группы в основном соотв. в *пара*- и *орто*-положение. Нередко в жестких условиях наблюдается миграция алкильных заместителей, что обусловлено каталитич. действием к-ты Льюиса.

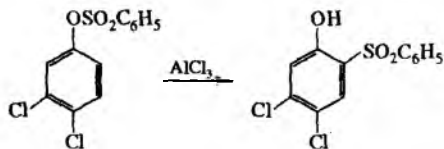
Низкие т-ры (25–60 °С) способствуют образованию *пара*-ацилфенолов, более высокие – *орто*-производных (напр., при 25 °С из *м*-крезилата образуется 80% *пара*-ацильного производного, а при 165 °С – 95% *орто*-замещенного продукта). Выходы конечных продуктов и соотношение образующихся изомеров колеблется в очень широких пределах и зависит как от строения сложного эфира, так и условий проведения р-ции.

Механизм Ф.п. до конца не выяснен. Предполагают, что перегруппировка идет целиком по межмолекулярному или внутримолекулярному механизму, либо частично по тому и др. пути. Как и в Фриделя – Крафтса реакции вначале между субстратом и к-той Льюиса образуется комплекс типа R(ArO)C=O – AlCl<sub>3</sub>.

Ф.п. можно осуществлять также при действии УФ облучения в отсутствие катализатора (т. наз. фотоперегруппировка Фриса). В этом случае р-ция идет по радикальному механизму (вначале образуется радикальная пара [ArO<sup>•</sup> COR], стабилизированная клеткой р-рителя).

При действии трифторметансульфокислоты на арилбензоаты Ф.п. протекает обратно (достигается равновесие). При напр. *пара*-ацилфенолов (конечных продуктов Ф.п.) с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> или H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> образуются с хорошим выходом соответствующие сложные эфиры фенолов (т. наз. обратная р-ция Фриса).

В р-цию, подобную Ф.п., вступают эфиры сульфокислот, напр.:

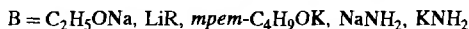
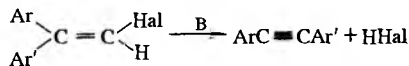


Ф.п. широко используют в синтезе фенолкетонов. Она имеет определенные преимущества перед р-цией Фриделя – Крафтса, в частности, зачастую обеспечивает более высокие выходы конечных продуктов. Перегруппировка открыта К. Фрисом и Ж. Финком в 1908.

Лит.: Бласта А., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., в. 1, М., 1948; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 374–75.

Г.И. Дрозд.

**ФРИЧА – БУТТЕНБЕРГА – ВИХЕЛЛЯ РЕАКЦИЯ**, превращение 1,1-диарил-2-галогенэтиленов в диарилацетилены под действием сильных оснований:



Обычно галогенэтилен раств. в орг. р-рителе (диэтиловом или петролейном эфире, ТГФ) и при охлаждении медленно смешивают с основанием, затем т-ру постепенно повышают до комнатной. Выходы достигают 60–80%.

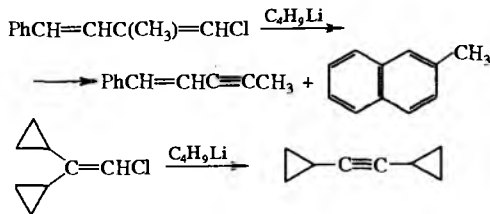
Активность галогенэтиленов в зависимости от галогена уменьшается в ряду:  $\text{Br} > \text{I} \gg \text{Cl}$ . Р-ция стереоселективна – преим. мигрирует арил, находящийся в транс-положении к атому Hal.

Осн. побочные р-ции – нуклеоф. замещение атомов Hal при действии оснований и обмен галогена на металл, характерный для Li-производных, напр.:



Механизм р-ции до конца не ясен. Установлено, что по отношению к мигрирующему арилу реализуется механизм электроф. ароматич. замещения с переходным состоянием, в к-ром ароматич. кольцо несет положит. заряд. При использовании в качестве основания LiR был выделен промежуток продукт, к-рому приписывается структура винильного карбаниона  $[\text{Ar}_2\text{C} = \text{CHal}]^-$ . Его разложение приводит к диарилацетилену. Видимо, в этом случае миграция арила происходит одновременно с отщеплением Hal или после его ухода.

По типу Ф. – Б. – В. р. перегруппировываются также нек-рые галогенбутadiены и дициклопропилвинилгалогениды, напр.:



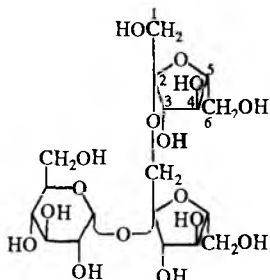
Ф. – Б. – В. р. используют в лаб. практике. Открыта П. Фричем, В. Буттенбергом и Х. Вихеллем в 1894.

Лит.: Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 150–51; K6brrich G., «Angew. Chem. Int. Ed. Engl.», 1965, в. 4, № 1, р. 49–68; Chemistry of acetylenes, ed. H.G. Viehe, N.Y., 1969, р. 117–22, 131–34.

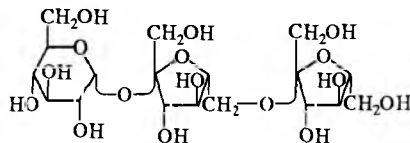
Г.И. Дрозд.

**ФРУКТАНЫ**, полисахариды, построенные из остатков D-фруктозы; найдены в высш. растениях, зеленых водорослях и бактериях.

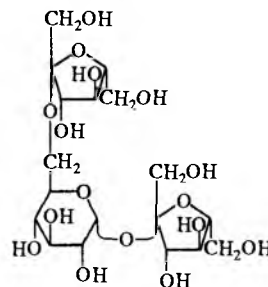
Ф. – продукты фруктозилирования сахарозы, поэтому каждая их молекула содержит один остаток D-глюкозы и лишена восстанавливающих св-в (см. *Олигосахариды*). В образовании гликозидных связей Ф. участвуют только первичные группы OH, а все остатки фруктозы имеют фуранозную форму и β-конфигурацию гликозидного центра (см. *Моносахариды*). Поскольку молекула сахарозы содержит три первичных гидроксильных, возможны три разл. трисахариды (ф-лы I–III), к-рые являются родоначальниками трех типов Ф.



I, 1-Кестоза (изокестоза)



II, 6-Кестоза



III, Неокестоза

Последоват. присоединение остатков β-D-фруктофуранозы к 1-кестозе связями 2 → 1 дает инулин, а к фруктозному остатку 6-кестозы связями 2 → 6 – флейн (в растениях) и леван (в бактериях); полисахариды на базе неокестозы содержат связи 2 → 1 между остатками β-D-фруктофуранозы, но встречаются редко. Кроме линейных, в растениях широко распространены разветвленные Ф., в к-рых к главным цепям инулинового типа присоединены боковые цепи связями, характерными для флейна, или к главным цепям флейнового типа присоединены боковые цепи связями, характерными для инулина.

Все Ф. легко раств. в горячей воде. Для их очистки используют повышенную р-римость Ф. в водно-этанольных смесях по сравнению с др. полисахаридами, осаждение с помощью  $\text{Ba(OH)}_2$ , с к-рыми Ф. дают нераств. комплексы, и хроматографич. методы. Инулин мало раств. в холодной воде и м. б. очищен по методике, напоминающей перекристаллизацию. Ф. чрезвычайно лабильны в кислой среде и могут разрушаться даже при кратковременном нагревании с разб. (порядка 0,01 М) к-тами. Для характеристики хим. строения Ф. используют метод метилирования и ЯМР<sup>13</sup>С.

Биосинтез Ф. тесно связан с метаболизмом сахарозы, к-рая служит как донором, так и акцептором остатков β-D-фруктофуранозы. В клетках растений Ф. накапливаются в вакуолях и выполняют роль резервного материала (источник фруктозы), осморегулятора и антифриза. Содержание Ф. доходит до 30% от сухой массы в листьях, а в специализир. запасующих органах (корневищах, клубнях и луковичах) может превышать 60%.

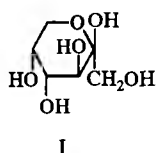
Ф. – легкомобилизуемый источник энергии, к-рый используется в начальный период развития побегов и листьев или для восстановления нормального метаболизма после повреждения надземной части растения в результате заморозков, поедания травоядными животными или скашивания. Сравнительно низкомол. инулины (степень полимеризации не выше 100, обычно 30–60), широко распространены в сложноцветных; сходные Ф. продуцируются штаммами бактерии *Streptococcus mutans*. Более высокомол. флейны и Ф. смешанного типа (степень полимеризации до 300–400) характерны для однодольных растений. Леваны образуются многими грам-положит. и грам-отрицат. бактериями.

Ф. пока не нашли широкого практич. использования, но растит. сырье, богатое Ф., может служить источником получения D-фруктозы. Многие растит. Ф. проявляют иммуномодулирующую, противоопухолевую и противовоспалит. активность.

Лит.: Meier H., Reid J.S.G., Encyclopedia of plant physiology, New ser., v. 13A, eds. F.A. Loewus, W. Tanner, B. – [a.o.], 1982, p. 435–51; Pontis H.G., Del C ampillo E., Biochemistry of storage carbohydrates in green plants, eds. P.M. Dey, R.A. Dixon, L., 1985, p. 205–27.

А.И. Усов.

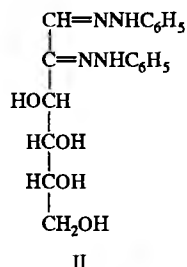
**ФРУКТОЗА** (*арабино*-гексулоза, левулоза, фруктовый сахар), *моносахарид* из группы кетогексоз, мол. м. 180,2. В природе встречается только D-фруктоза; в кристаллич. состоянии известна β-D-фруктопираноза (ф-ла I) – гигроскопичные бесцв. призмы или иглы; т. пл. 103–105 °С (с разл.);  $[\alpha]_D^{20} -132,2^\circ \rightarrow -92,4^\circ$  (концентрация 4 г в 100 мл H<sub>2</sub>O; показатель меняется в результате *мутаротации*); хорошо раств. в воде, заметно раств. в метаноле, этаноле, пиридине, ацетоне, ледяной уксусной к-те; безводная форма устойчива выше 21,4 °С, ниже 20 °С известны полу-



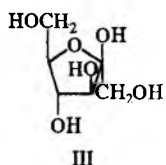
I

гидрат и дигидрат; кристаллизуется из метанола. В водном р-ре Ф. существует в виде смеси таутомеров, в к-рой содержится до 15% фуранозной формы и значит. кол-во ациклич. формы.

Ф. дает общие р-ции на кетозы, проявляет восстанавливающие св-ва, образует ряд характерных производных благодаря карбонильной группе, в частности фенилозазон (II), идентичный фенилозазону глюкозы и маннозы. При восстановлении карбонильной группы Ф. образуются *сорбит* и маннит. Ф. не устойчива в щелочах и к-тах и может полностью разрушаться в условиях кислотного гидролиза полисахаридов или гликозидов (напр., при нагр. с 2 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 100 °С в течение неск. ч), при к-ром обычные альдозы не подвергаются деструкции.



II



III

Ф. содержится в живых организмах как в своб. виде, так и в виде эфиров фосфорной к-ты. Остатки Ф. в виде β-D-фруктофуранозы (III) входят в состав многих растит. олигосахаридов (*сахароза*, раффиноза, стахиоза и др.) и полисахаридов (растит. *фруктаны* – инулин, фленин и др., бактериальные – леван). В свобод. виде Ф.

содержится во мн. фруктах, плодах, пчелином меде (до 50%). Для получения Ф. осуществляют гидролиз фруктанов (напр., инулина) или сахарозы с помощью разб. к-т, или ферментов с послед. осаждением Ф. из водного р-ра в виде нераств. комплекса с Ca(OH)<sub>2</sub>.

Для количеств. определения Ф. (в т. ч. в присут. др. сахаров) используют цветную р-цию, основанную на нагревании Ф. с резорцином и соляной к-той (образуется красное окрашивание; р-ция Селиванова).

Ф. обладает очень сладким вкусом (в 1,5 раза слаще сахарозы и в 2 раза слаще глюкозы), хорошо усваивается в организме и используется в качестве источника углеводов для больных сахарным диабетом.

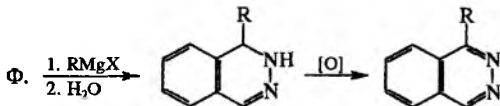
О синтезе и метаболизме Ф. см. *Глюконеогенез, Обмен веществ и Пентозофосфатный цикл*.

Лит.: Химия углеводов, М., 1967.

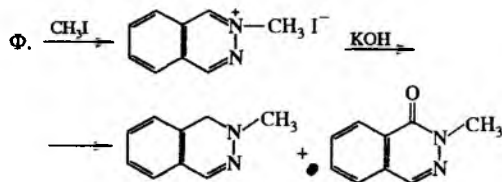
А.И. Усов.

**ФТАЛАЗИН** (бензо[*d*]придазин, 2,3-диазафталин), мол. м. 130,15; бесцв. кристаллы, т. пл. 90–91 °С, т. кип. 189 °С/29 мм рт. ст.;  $\mu 16,25 \cdot 10^{-30}$  Кл·м. Хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей, не раств. в воде; сильное основание (pK<sub>a</sub> 3,47).

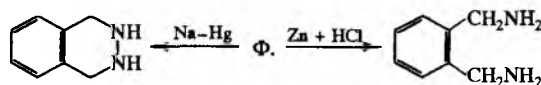
По хим. св-вам Ф. – типичный представитель π-дефицитных гетероароматич. соединений. С нек-рыми неорг. и орг. к-тами образует устойчивые одноосновные соли, напр. хлороплатинат, пикрат. Присоединяет в положения 1,2 металлоорг. соед., образуя 1-алкил- или 1-арил-1,2-дигидрофталазины, к-рые легко окисляются (напр., O<sub>2</sub> воздуха, K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]) в 1-замещенные производные:



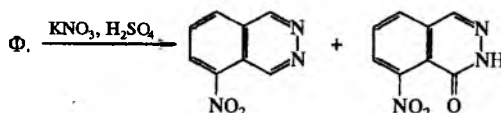
При действии на Ф. CH<sub>3</sub>I образуется 2-метилфталазинийодид, превращающийся при обработке щелочью в смесь 2-метил-1,2-дигидрофталазина и 2-метил-1(2*H*)-фталазона:



Восстановление Ф. амальгамой Na приводит к 1,2,3,4-тетрагидропроизводному; в более жестких условиях происходит расщепление гетероцикла:

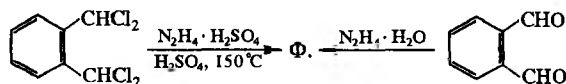


Электроф. замещение в Ф. протекает в жестких условиях по бензольному кольцу, напр.:

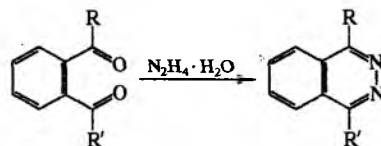


Окисление Ф. действием KMnO<sub>4</sub> в щелочной среде приводит к расщеплению бензольного кольца с образованием пиридазин-4,5-дикарбоновой к-ты, окисление действием H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в CH<sub>3</sub>COOH при 0 °С – к 2-оксиду Ф. (выход 90%). Взаимод. к-рого с POCl<sub>3</sub> дает 1-хлорфталазин.

Ф. получают взаимод. α,α,α',α'-тетрахлор-*o*-ксилола с сульфатом гидразина или конденсацией фталевого альдегида с гидразингидратом в этаноле:



Алкил- и арилпроизводные синтезируют взаимод. производных 1,2-диацилбензола гидразингидратом:

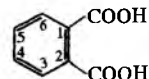


Нек-рые производные Ф. обладают хемилюминесцентными св-вами, проявляют антималярийную, противотуберкулезную и гипотензивную активность.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфалда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 160; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 160–84.

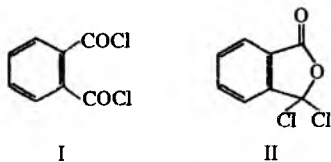
В.И. Келарев, Р.А. Караханов.

**ФТАЛЕВАЯ КИСЛОТА** (1,2-бензолдикарбоновая к-та, *о*-фталевая к-та), мол. м. 166,14; бесцв. кристаллы; т. пл. 211 °С (с разл.);  $d_4^{20} 1,593$ ;  $C_p^0$  кДж/(кг·К): 0,808 (–73 °С), 1,047 (0 °С), 1,114 (20 °С);  $\Delta H_{обр}^0 -783,02$  кДж/моль,  $\Delta H_{исп}^0 98,46$  кДж/моль,  $\Delta H_{пл}^0 52,37$  кДж/моль,  $\Delta H_{отр}^0 -3224$  кДж/моль;  $\mu 7,67 \cdot 10^{-30}$  Кл·м (25 °С); pK<sub>1</sub> 2,95, pK<sub>2</sub> 5,41. Р-римость, в % по массе: в CH<sub>3</sub>OH 18,5 (19 °С), C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 11,0 (19 °С), воде 0,7 (25 °С), 1,47 (45 °С), 8,33 (85 °С), 19,0 (100 °С), диэтиловом эфире 0,68 (15 °С), CH<sub>3</sub>COOH 12,0 (100 °С), CCl<sub>4</sub> 0,24 (28 °С), бензоле 0,45 (28 °С), ацетоне 2,89 (28 °С).



Ф. к. обладает св-вами *бензолполикарбоновых кислот*. При нагр. или действии дегидратирующих агентов легко превра-

шается во фталевый ангидрид. При взаимодействии с  $\text{PCl}_5$  образует фталоилдихлорид (ф-ла I), к-рый при действии  $\text{AlCl}_3$  пере-  
группировывается в изомерную несимметричную форму (II);  
при нагревании II легко переходит в I.



В водной нейтральной среде Ф. к. хлорируется сначала до 4-хлор-, а затем до 4,5-дихлорфталево-й к-ты, при хлорировании в кислой среде дает тетрахлорпроизводное. Нитрование Ф. к. приводит к смеси приблизительно одинаковых кол-в 3- и 4-нитропроизводных. При  $200^\circ\text{C}$  (кат.- соли  $\text{Zn}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cu}$ ) Ф. к. декарбоксилируется до бензойной к-ты, при  $350^\circ\text{C}$  в присут.  $\text{CaO}$  — до бензола. С основаниями Ф. к. образует соли по одной или двум карбоксильным группам, со спиртами — моно- и диэфиры; соли и эфиры Ф. к. наз. фталатами. Из эфиров наиб. практич. значение имеют *диметилфталат* и *дибутилфталат*. Калиевая соль Ф. к. при  $400^\circ\text{C}$  в присут. фталата  $\text{Zn}$  или  $\text{Ca}$  изомеризуется в соль терефталевой к-ты. При восстановлении  $\text{Zn}$ -пылью в  $\text{CH}_3\text{COOH}$  Ф. к. превращается в 1(3H)-изобензофуранон — *фталид*.

В природе Ф. к. содержится в зелени и семенных коробочках мака *Ravayer sompifetum*.

В пром-сти Ф. к. получают в виде ее ангидрида окислением *о*-ксилола или нафталина (*о* — получение см. *Фталевый ангидрид*).

Эфиры Ф. к. — бутил-, изобутил-, октил- и изооктилфталаты — пластификаторы полимеров, высококипящие р-рители; диметил-, диэтил- и дибутилфталаты — репелленты.

Ф. к. малотоксична; ЛД<sub>50</sub> 7,9 г/кг (мыши, перорально).

Лит. см. при ст. *Фталевый ангидрид*.

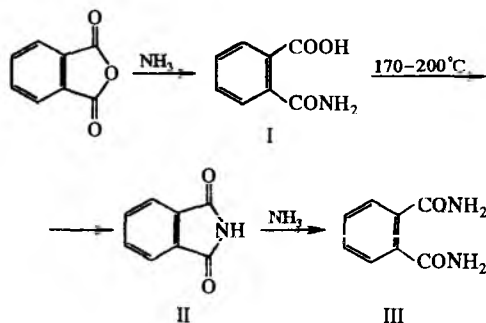
А.Г. Любарский.

**ФТАЛЕВЫЕ КИСЛОТЫ** (бензоилдикарбоновые к-ты)  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ , мол. м. 166,13. Различают *о*-Ф. к. (*фталевая кислота*), *м*-Ф. к. (*изофталевая кислота*) и *п*-Ф. к. (*терефталевая кислота*).

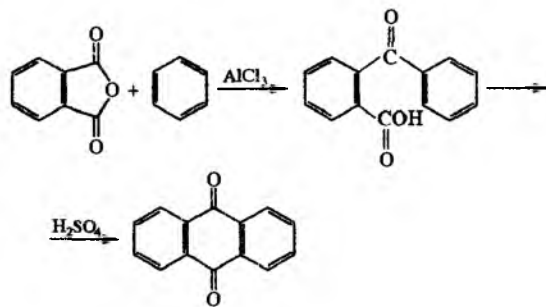
**ФТАЛЕВЫЙ АНГИДРИД** (ангидрид 1,2-бензоилдикарбоновой к-ты), мол. м. 148,12; бесцв. орторомбич. кристаллы (параметры решетки  $a = 0,790$  нм,  $b = 1,416$  нм,  $c = 0,594$  нм); легко возгоняется, т. пл.  $130,85^\circ\text{C}$ , т. кип.  $294,5^\circ\text{C}$ ;  $d_4^{20}$  1,527;  $C_D$  кДж/(кг·К): 1,00 ( $0^\circ\text{C}$ ), 1,07 ( $20^\circ\text{C}$ ), 1,70 ( $150^\circ\text{C}$ );  $\eta$  (Па·с) 1,19 ( $133^\circ\text{C}$ ), 0,55 ( $220^\circ\text{C}$ );  $\gamma$  0,035 Н/м ( $155^\circ\text{C}$ ), 0,0327 Н/м ( $180^\circ\text{C}$ ); давление пара в мм рт. ст.: 0,0018 ( $35^\circ\text{C}$ ), 0,11 ( $50^\circ\text{C}$ ), 0,712 ( $100^\circ\text{C}$ ), 5,88 ( $130^\circ\text{C}$ );  $\Delta H_{\text{м}}^0$  —460,02 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{г}}^0$  22,93 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{сгор}}^0$  —3259 кДж/моль;  $S_{298}^0$  1,79 кДж/(моль·°C). Р-имость (в г на 100 г р-рителя): в  $\text{HCOOH}$  4,7 ( $20^\circ\text{C}$ ),  $\text{CCl}_4$  0,7 ( $20^\circ\text{C}$ ),  $\text{CS}_2$  0,7 ( $20^\circ\text{C}$ ), пиридине 80 ( $25^\circ\text{C}$ ), воде 0,62 ( $25^\circ\text{C}$ ), 19,0 ( $100^\circ\text{C}$ ), 95,0 ( $135^\circ\text{C}$ ; с образованием фталевой к-ты); плохо раств. в этаноле и диэтиловом эфире.

Обладает св-вами *ароматических соединений*. При нагревании с моноатомными спиртами в присут.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $130$ – $140^\circ\text{C}$ ) или орг. солей  $\text{Ti}$  ( $200^\circ\text{C}$ ) образует соответствующие сложные моно- и диэфиры, с многоатомными спиртами в присут. высоких к-т — полиэфиры (см. *Алкидные смолы*). Напр., на основе Ф. а. и диолов (этилен-, диэтиленгликоля, пропиленгликоля) получают полиэфиры; на основе Ф. а. и глицерина — алкидные (глифталевые) смолы.

Хлорирование Ф. а. приводит к ангидриду тетрахлорфталево-й к-ты, из к-рого получают самозатухающие полиэфирные смолы. С  $\text{PCl}_5$  образует фталоилдихлорид  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COCl})_2$ . При нитровании Ф. а. дает смесь 3- и 4-нитрофталево-й к-ты, при сульфировании — смесь 3- и 4-сульфопроизводных. С  $\text{NH}_3$  и первичными аминами в зависимости от условий р-ции Ф. а. образует фталаминовую к-ту (ф-ла I), фталид (II) или диамид фталевой к-ты (III):

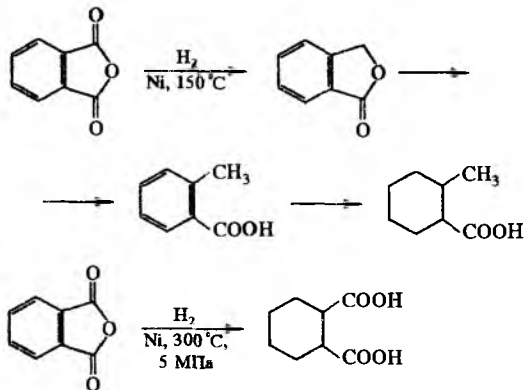


При пропускании паров Ф. а. и  $\text{NH}_3$  при  $350$ – $400^\circ\text{C}$  над оксидами  $\text{Al}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Cr}$  или  $\text{Mn}$  получается фталодинитрил. Конденсация Ф. а. с бензолом в присут.  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  приводит к антрахинону:



Ф. а. легко реагирует с фенолами и их производными. Так, р-ция с фенолом в присут.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{SnCl}_2$  приводит к *фенолфталеину*, с *м*-(этиламино)фенолом — к *родамину*, с *резорцином* — к *флуоресцеину* (см. *Ксантеновые красители*), с *п*-хлорфенолом — к *хинизарину*. С мочевиной и солями  $\text{Cu}$  Ф. а. образует нерастворимые пигменты *фталозианины*, применяемые в качестве красителей. Декарбоксилирование Ф. а. при  $200^\circ\text{C}$  в присут.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$  приводит к бензойной к-те; это один из пром. способов ее получения.

Каталитич. гидрирование Ф. а. на никелевом катализаторе при  $150^\circ\text{C}$  приводит последовательно к фталиду, *о*-толуило-вой к-те, гексагидро-*о*-толуиловой к-те; гидрирование при 5 МПа и  $300^\circ\text{C}$  над тем же катализатором — к гексагидрофталево-й к-те:



Ф. а. при взаимодействии с  $\text{KOH}$  превращается в дикалиевую соль фталевой к-ты, к-рая при  $350$ – $400^\circ\text{C}$  в присут.  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Zn}$  изомеризуется в терефталевую к-ту.

В пром-сти Ф. а. получают парофазным каталитич. окислением кислородом воздуха *о*-ксилола или нафталина с использованием стационарных или псевдооживленных (нафталин) катализаторов на основе  $\text{V}_2\text{O}_5$  —  $\text{TiO}_2$  или  $\text{V}_2\text{O}_5$  —  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Процесс проводят при  $350$ – $400^\circ\text{C}$  с избытком  $\text{O}_2$  воздуха

(концентрация углеводорода 40–80 г/м<sup>3</sup>). Сырой Ф. а. из реакционных газов улавливают в твердом виде в аппаратах калориферного типа, очищают и выделяют ректификацией. Выход при окислении *o*-ксилола 75–80%, нафталина 85–88%.

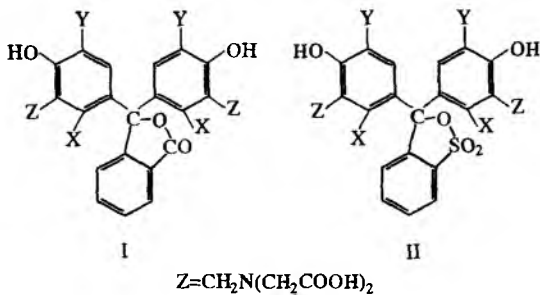
Ф. а. применяют в произ-ве красителей, алкидных смол, пластификаторов, инсектицидов, лек. ср-в, тетрафторфталевого ангидрида. Ф. а. – реагент для обнаружения и титриметрич. определения низших первичных и вторичных алифатич. спиртов, идентификации фенолов и фенольных смол.

Ф. а. токсичен, вызывает раздражение кожи, слизистых оболочек глаз и носа, способствует заболеванию бронхиальной астмой. ЛД<sub>50</sub> 4 г/кг (мыши, перорально); ПДК 1 мг/м<sup>3</sup>, ЦДК (в воде) 0,5 мг/л. Т. исп. 152 °С, т. воспл. 165 °С, т. самовоспл. 580–584 °С; КПВ 10,5% по объему. Объем мирового произ-ва ок. 2,5 млн. т в год (1988).

Лит.: Гуревич Д.А., Фталевый ангидрид, М., 1968; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 17, N.Y., 1982, p. 732–46. А.Г. Любарский.

**ФТАЛЕКСОНЫ**, группа орг. соединений, включающая фталейн-комплексоны и сульфопталейн-комплексоны. Фталейн-комплексоны (ф-ла I) – твердые бесцв. в-ва; гигроскопичны; плохо раств. в воде, хорошо – в спиртах, ацетоне, водных р-рах щелочей. Комплексонометрич. индикаторы при определении щел.-зем. металлов в щелочной среде и Fe(III), V(IV, V) и Mo(VI) в кислой среде. Важнейшие представители: фталексон (I; X = H, Y = H), крезолфталексон (I; X = H, Y = CH<sub>3</sub>), тимолфталексон (I; X = CH<sub>3</sub>, Y = CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>).

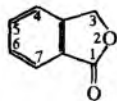
Сульфопталейн-комплексоны (ф-ла II) – твердые яркоокрашенные в-ва; хорошо раств. в воде; гигроскопичны. Реагенты для фотометрич. определения металлов со степенью окисления больше 1, с к-рыми образуют устойчивые комплексы в кислой среде,  $\epsilon_2 \approx 10^4$ ; кислотно-основные и комплексонометрич. индикаторы. Важнейшие представители: фталексон S (II; X = H, Y = H), *ксиленоловый оранжевый* (II; X = H, Y = CH<sub>3</sub>), *метилтимоловый синий* (II; X = CH<sub>3</sub>, Y = CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), *n*-ксиленолфталексон S (II; X = CH<sub>3</sub>, Y = CH<sub>3</sub>), *o*-хлорфталексон (II; X = H, Y = CH<sub>3</sub>), *m*-крезолфталексон (II; X = CH<sub>3</sub>, Y = H). Известны соед. с одной (напр., семиксиленоловый оранжевый, семитимолфталексон S) и четырьмя (напр., *m*-крезолфталексон SA) метилениминодиацетатными группами. Этилендиаминтетрауксусная к-та разрушает комплексы Ф. со всеми металлами.



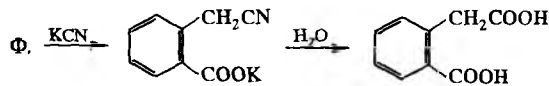
Получают Ф. по р-ции Манниха взаимодей. соответствующих фталейнов или сульфопталейнов с СН<sub>2</sub>О и иминодиуксусной к-той.

Лит.: Фталексоны, под ред. А.И. Черкесова, Саратов, 1970; Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И., Комплексоны и комплексонометрич. металлов, М., 1988.

**ФТАЛИД** [1(3*H*)-изобензофуранон], мол. м. 134,1; бесцв. кристаллы; т. пл. 75 °С, т. кип. 290,7 °С/1 мм рт. ст. Хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, горячей воде, плохо – в холодной воде, ССl<sub>4</sub>.

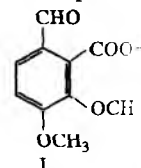


Ф. – лактон *o*-(гидроксиметил)бензойной к-ты. При сплавлении с KCN при 190 °С превращается с раскрытием цикла в нитрил, к-рый м. б. гидролизован до (2-карбоксифенил)уксусной (гомофталевой) к-ты:

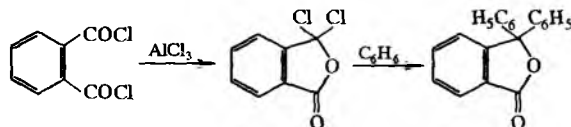


Получают Ф. восстановлением фталевого ангидрида Zn: СН<sub>2</sub>СООН или водородом на Ni-катализаторе, а также как побочный продукт при синтезе фталевого ангидрида из фталевой к-ты.

6,7-Диметоксифталид (меконин) – бесцв. кристаллы; т. пл. 102 °С, т. кип. 155 °С (с возг.); выделяют из опия при восстановлении алкалоида наркотина Zn в HCl или амальгамой Na; м. б. получен таким же восстановлением опиановой к-ты (ф-ла I).

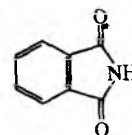


3,3-Дифенилфталид (фталофенон) – бесцв. кристаллы; т. пл. 120 °С, т. кип. 235 °С/15 мм рт. ст.; получают конденсацией фталойлдихлорида с бензолом в присут. AlCl<sub>3</sub> по р-ции



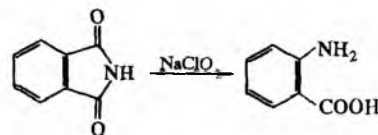
Дифенилфталид – основа структуры красителей – фталейнов к к-рым относятся индикаторы – *фенолфталейн*, *крезолфталейн*, *тимолфталейн* и  $\alpha$ -нафтофталейн, получающиеся конденсацией фталевого ангидрида соотв. с фенолом, *o*-крезолом, тимолом и  $\alpha$ -нафтолом. Интервал рН изменения окраски для этих индикаторов соотв. 8,2 (бесцв.) – 9,8 (малиново-красная), 7,2 (желтая) – 8,8 (красная), 8,0 (желтая) – 9,6 (синяя) и 7,8 (розово-коричневая) – 9,0 (сине-зеленая).

**ФТАЛИМИД** (имид *o*-фталевой к-ты, изоиндолин-1,3-дион). мол. м. 147,14; бесцв. кристаллы; т. пл. 238 °С (с возг.);  $d_4^{20}$  1,47;  $\Delta H_{\text{гор}}^0$  –3560 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  186,7 кДж/кг;  $C_p$  1,21 кДж/(кг·К) при 100 °С;  $\mu$  7,12·10<sup>-30</sup> Кл·м (диоксан, 30 °С); давление пара (Па): 10 (120 °С), 593 (180 °С), 18760 (254 °С). Р-римость в воде (г в 100 г): 0,3 (20 °С), 2,2 (100 °С), хорошо раств. в уксусной к-те, этаноле, водных р-рах щелочей, кипящем бензоле, не раств. в холодном бензоле, лигроиине, СНCl<sub>3</sub>.

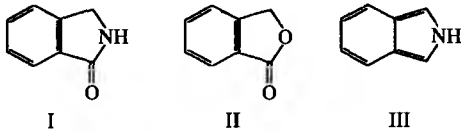


Ф. обладает св-вами, характерными для имидов дикарбоновых к-т: легко гидролизуется при действии 25%-ного водного р-ра NaOH с образованием фталаминовой к-ты (см. *Фталевый ангидрид*), при алкилировании спиртами образует *N*-алкиламещенные, аммонолиз приводит к диамиду фталевой к-ты.

Ф. – слабая к-та (рK<sub>a</sub> 9,90 при 25 °С); при взаимодей. с щелочами образует водорастворимые *N*-металлич. производные, из к-рых практич. значение имеет калиевая соль Ф., применяемая для получения первичных аминов и аминокислот по *Габриеля реакции*. С галогенами Ф. образует *N*-галогензамещенные, к-рые в присут. оснований легко претерпевают перегруппировку Гофмана. Обработка Ф. гипохлоритом Na в щелочном р-ре при 80 °С – пром. способ получения антраниловой к-ты:



При действии Sn в р-ре HCl Ф. восстанавливается до фталимида (ф-ла I); Zn пылью в щелочной среде – до фталда (II); Li-солью аланина (аланатом Li) в эфире при 25 °С – в изоиндол (III).



В пром-сти Ф. получают пл. обр. взаимод. фталевого ангидрида с NH<sub>3</sub>. Процесс осуществляют в вертикальном трубчатом реакторе, ниж. конец к-рого герметично связан с сублимацион. камерой; сверху в реактор непрерывно подают расплавленный фталевый ангидрид и избыток NH<sub>3</sub>, нагревают до 250–280 °С; реакционную смесь охлаждают в сублимацион. камере до 170–180 °С, отделяют твердый Ф. (выход 98%, чистота продукта 99%). Другие способы получения: взаимод. фталевого ангидрида с мочевиной при 130–140 °С с послед. повышением т-ры р-ции до ~160 °С (выход 96–100%); окислит. аммонолиз о-ксилола в газовой фазе при 400 °С (кат.-оксиды W, Mo, P). В последнем случае продукты р-ции – Ф., диамид фталевой к-ты и фталодинитрил.

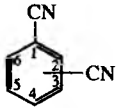
Ф. применяют в пром-сти для синтеза антрапиловой к-ты, пестицидов; N-галогензамещенные Ф. – мягкие галогенирующие ср-ва.

Т. всп. 214 °С, т. воспл. 530 °С.

Лит.: Ullmann's Encyclopädie, 4 Aufl., Bd 18, Weinheim, 1979, S. 532–33. С.И. Диденко.

**ФТАЛОГЕНЫ**, то же, что фталоцианогены.

**ФТАЛОДИНИТРИЛЫ** (дицианбензолы), мол. м. 128,13. Различают 1,2- (фталонитрил), 1,3- (изофталонитрил) и 1,4-Ф. (терефталонитрил). Все Ф. – бесцв. кристаллы. Для 1,2-Ф. т. пл. 141 °С., т. кип. 150 °С/10 мм рт. ст.; d<sub>4</sub><sup>25</sup> 1,125, ΔH<sub>сгор</sub> –4 МДж/моль; для 1,3- и 1,4-Ф. т. пл. соотв. 162 и 222 °С. 1,3- и 1,4-Ф. возгораются, 1,2-Ф. переносится с водяным паром. Ф. хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей, плохо – в воде.



По хим. св-вам Ф. – типичные ароматич. нитрилы. Подобно бензонитрилу для них характерны р-ции с участием группы CN и бензольного ядра. Так, при кипячении с водой, спиртовым р-ром КОН или HCl (150–160 °С) Ф. гидролизуются до соответствующих фталевых к-т. При электрохим. восстановлении 1,3-Ф. с высоким выходом превращается в м-ксилилендиамин; гидрирование 1,3-Ф. над Ni-Ренея, Pt, Pd или Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (60–100 °С, 10–13 МПа) в орг. р-рителях приводит к м-цианобензиламину. 1,2-Ф. при гидрировании в присут. NH<sub>3</sub> (кат.– Co, Ni) превращается в изоиндолин; взаимод. 1,2-Ф. с NaSH в смеси этанола с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> дает 1-имино-3-тиоксоизоиндолин. 1,4-Ф. при нагр. в присут. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> образует диамид терефталевой к-ты, при нагр. с CH<sub>3</sub>MgI и ледяной CH<sub>3</sub>COOH – 1,4-диацетилбензол.

Осн. р-ции с участием бензольного кольца – нитрование и галогенирование, напр. нитрование 1,4-Ф. смесью HNO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> приводит к мононитропроизводному, хлорирование 1,3-Ф. – к тетрахлор-1,3-Ф. Для 1,2-Ф. характерна р-ция с солями Cu и щелочных металлов, используемая для получения фталоцианиновых красителей. При 320 °С в присут. воды 1,2-Ф. тримеризуется.

В пром-сти Ф. получают пл. обр. окислит. аммонолизом соответствующих ксилолов при 380–400 °С в присут. V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,2-Ф. получают также аммонолизом фталевого ангидрида при 400 °С, кат. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Лаб. методы получения: взаимод. дихлорбензолов с HCN при 600 °С (кат.– оксиды Al, Ni) или CuCN (240 °С); дегидратация диамидов соответствующих фталевых к-т под действием POCl<sub>3</sub> или P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, а также по Зандмейера реакции из соответствующих аминобензонитрилов.

1,2-Ф. – сырье в произ-ве фталоцианиновых красителей, полифталоцианинов и пестицидов; 1,3-Ф. – сырье в синтезе м-ксилилендиамина, промежут. продукт в произ-ве полиамидов и полиуретанов; 1,4-Ф. – промежут. продукт при получении терефталевой к-ты высокой чистоты.

Ф. токсичны; ЛД<sub>50</sub> (крысы, внутрибрюшинно) для 1,2-, 1,3- и 1,4-Ф. соотв. 34,5, 481,3 и 698,6 мг/кг. ПДК в воде для 1,3-Ф. 5 мг/л.

Лит.: Зильберман Е.Н., Реакции нитрилов, М., 1972; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N.Y., 1981, p. 906. С.К. Смирнов, С.С. Смирнов.

**ФТАЛОЦИАНИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, см. Полициклические кубовые красители.

**ФТАЛОЦИАНИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, пигменты и красители на основе фталоцианина (см. Фталоцианины) и его металлокомплексов; металлы-комплексобразователи – Cu (в осн.), Ni, Co.

Наиб. значение имеет фталоцианин меди – соед. синего цвета, на воздухе выдерживает нагревание до 500 °С, в вакууме – до 580 °С, не раств. в воде, жирах, большинстве орг. р-рителей, устойчив к действию конц. к-т (кроме азотной, к-рая разрушает его) и щелочей, к свету и др. Получают нагреванием смеси фталевого ангидрида, мочевины и CuCl в орг. р-рителях (трихлорбензол, нитробензол, нек-рые фракции нефти) при 200 °С и выше либо в расплаве (т. наз. сухое запекание) в присут. катализатора [(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> или As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>]. Существует и другой метод синтеза – взаимод. фталодинитрила с CuCl при 260–300 °С в среде тех же р-рителей или запеканием реагентов; эта р-ция протекает легко и с высоким выходом, однако в мировой практике более распространен первый метод из-за доступности сырья.

В зависимости от способа получения фталоцианина меди и последующей обработки техн. продукта получают пигменты разного оттенка и свойств. Пересаживанием из конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> получают голубой пигмент в нестабильной α-модификации, обладающий красноватым оттенком (выпускают под назв. голубой фталоцианиновый). Из-за недостаточной устойчивости к перекристаллизации и полиморфным превращениям под действием р-рителей и повышенных т-р применяется в отдельных видах полиграфич. красок, лакокрасочных и полимерных материалов.

При синтезе фталоцианина меди в присут. 4-хлорфталевого ангидрида как добавки образуется пигмент в стабильной α-модификации с зеленоватым оттенком (голубой фталоцианиновый 23У). Этот пигмент устойчив ко всем видам обработок, но в нек-рых связующих, используемых в лакокрасочной пром-сти, флокулирует, поэтому необходимо применять дефлокулянты, к-рые вводятся непосредственно в пигмент либо в композиции покрытий.

Путем пластичного помола фталоцианина меди, напр. с использованием NaCl и разл. добавок, получают пигмент в β-модификации более зеленого оттенка (голубой фталоцианиновый Б43У).

Хлорирование фталоцианина меди хлором в расплаве AlCl<sub>3</sub> и NaCl при ~180 °С приводит к образованию зеленого пигмента, бромирование – зеленого пигмента с желтым оттенком. В зависимости от числа атомов Cl цвет может изменяться от бирюзового до зеленого с синеватым оттенком. Эти пигменты по устойчивости не уступают голубым фталоцианиновым пигментам и используются в полиграфич. и лакокрасочной пром-сти, для крашения резины, пластич. масс и т. п. Известны пигменты, содержащие одновременно атомы Cl и Br.

Существует также пигмент зеленовато-голубой фталоцианиновый (не содержит атома металла), к-рый получают из фталодинитрила действием щелочных металлов в высококипящих спиртах (амиловом, гексилевом) с последующим деметаллированием образующегося лабильного комплекса водой или к-той. При частичном хлорировании безметалльного фталоцианина образуется пигмент бирюзовый фталоцианиновый 43. Эти пигменты находят ограниченное применение.

На основе фталоцианина меди м. б. получены разл. Ф. к. Так, при его сульфировании (25%-ный олеум, 50 °С) образуется дисульфокислота, диатриевая соль к-рой наз. «прямой бирюзовый светопрочный»; используется в качестве прямого красителя для хлопка, вискозы, полушерсти и шелка; Ва-соль, осажденная на Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, – в качестве бирюзового пигмента в произ-ве обоев, в полиграфич. и бумажной пром-сти.

При действии на фталоцианин меди хлорсульфоновой к-ты образуется тетрасульфохлорид, при обработке к-рого аммиаком с одновременным частичным гидролизом получают краситель прямой бирюзовый светопрочный К. Последний применяют для крашения целлюлозных волокон. При взаимод. тетрасульфохлорида фталоцианина меди с 3-амино-5-сульфо-



салициловой к-той получают краситель хромовый бирюзовый (для шерсти и шелка), а при взаимодействии с гидрхлоридом 2-хлорэтиламина – краситель активный бирюзовый 23 (для хлопка).

Для получения Ф. к., очень устойчивых к мокрым обработкам, нерастворимые Ф. к. переводят в растворимые формы (см. Цианалы) либо получают Ф. к. непосредственно на волокне (см. Фталоцианогены).

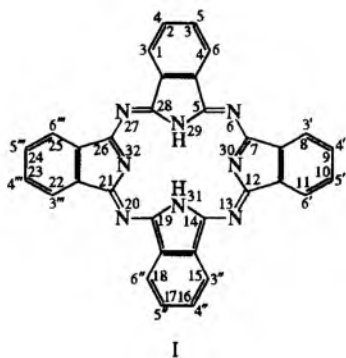
Фталоцианины других металлов используют в качестве Ф. к. весьма ограниченно. Так, сульфокислоту фталоцианина Со применяют как кубовый краситель, сульфамид фталоцианина Ni – в качестве азотола при холодном крашении.

Фталоцианиновые пигменты обладают высокой хим. стойкостью, свето- и термостабильностью, красивыми и чистыми оттенками, что делает их важнейшей группой орг. пигментов. Ф. к. (25% мирового производства) используют также в разл. областях техники: в качестве просветляющихся красителей в пассивных лазерных затворах, в системах записи информации и др.

Лит. см. при ст. Фталоцианины.

М.В. Казанков.

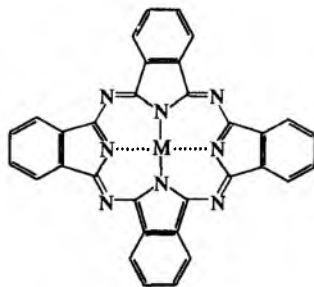
**ФТАЛОЦИАНИНЫ**, макрогетероциклич. соединения, содержащие цикл тетраазатетрабензопорфина; структурно родственны порфиринам. Родоначальник ряда – собственно фталоцианин (Ф-ла I). Атомы в цикле нумеруют согласно номенклатуре ИЮПАК (цифры указаны внутри кольца) или рациональной номенклатуре, учитывающей генетич. связь с производными соответствующих фталевых к-т (цифры снаружи кольца). В практически плоском цикле Ф. 4 атома N – 6, 13, 20 и 27, связывающие фрагменты изоиндола, наз. *мезо*-атомами. Число изомеров положения для Ф. определяется кол-вом и расположением заместителей в цикле, напр. Ф. с 4 одинаковыми заместителями (по 1 в каждом бензольном кольце) могут существовать в виде 4 изомеров.



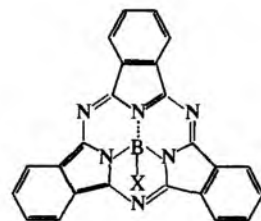
I

Ф. образуют комплексы (II) почти со всеми металлами периодич. системы. При этом гетероцикл является экваториальным лигандом, а другие связанные с атомом металла лиганды располагаются перпендикулярно плоскости цикла (занимают *транс*-аксиальные положения). Sn, Ce, Hf, Zr и нек-рые др. металлы способны также к образованию комплексов типа  $PcMX_2$ , где Pc – Ф., X = NaI, OAc и др., и двухядерных сэндвичевых комплексов типа  $Pc_2M^{IV}$ . Прочность связи M – X зависит от природы металла, в частности от величины его ионного радиуса. Среди комплексов интересны также дифталоцианины с РЗЭ, содержащие в макрокольце неспаренный электрон и являющиеся стабильными своб. радикалами. Ионы  $V^{3+}$  способны к образованию триденатного аналога фталоцианинового комплекса с осью симметрии 3-го порядка (III), а  $UO_2^{2+}$  – пентадентатного аналога с осью 5-го порядка (IV).

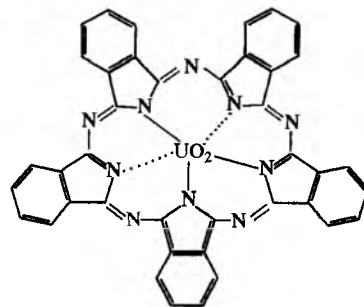
Ф.– порошки или кристаллы разл. оттенков синего или голубого цвета. При нагревании в вакууме до 350–400 °C возгоняются. Раств. в конц.  $H_2SO_4$ , трудно раств. при нагревании в высококипящих орг. р-рителях (хлорнафталин, хинолин, трихлорбензол, нитробензол и т.п.), не раств. в воде. Наличие в



II



III



IV

бензольных кольцах Ф. объемистых заместителей, напр. *трет*-бутильных, триметилсилильных, мезитильных, неопентилоксильных, существенно повышает р-римость Ф. в орг. р-рителях, что облегчает изучение их св-в в р-рах.

Электронные спектры поглощения Ф. в 1-хлорнафталине,  $\lambda_{max}$  нм (lgε): для собственно Ф. – 698 (5,21), 665 (5,18), 638 (4,62), 602 (4,43), 350 (4,74); для Ф. меди – 678 (5,34), 648 (4,51), 611 (4,26), 350 (4,76).

Введение в бензольные кольца электронодонорных заместителей приводит к батохромному смещению длинноволновой полосы на ~100 нм. У симметричных линейно-аннелированных нафталиновых аналогов Ф.  $\lambda_{max}$  750–855 нм (в зависимости от центрального атома металла).

Ф. обладают св-вами *ароматических соединений*. Вступают в нек-рые р-ции электроф. замещения – галогенирование, сульфирование, хлорметилирование, нитрование. Хлорирование Ф. меди в жестких условиях, напр. в расплаве  $AlCl_3$  и NaCl или в смеси  $SOCl_2$  и  $AlCl_3$  (180 °C, 20 ч), – пром. способ получения пигмента зеленого фталоцианинового, содержащего до 15–16 атомов Cl, сульфирование – способ получения водорастворимых сульфокислот (от моно- до тетрасульфо-производных).

Комплексы щелочных и щел.-зем. металлов, а также Mn, Pb и нек-рых др. металлов в кислой среде легко деме-таллируются; наиб. устойчивы комплексы Pd, Pt, Os, Ni, Cu и др.

Собственно Ф. обладает амфотерными св-вами. Действие сильных оснований приводит к депротонированию атомов N с образованием симметричного дианиона, действие сильных к-т – к протонированию *мезо*-атомов N вплоть до тетрапротонирования в случае сильных к-т (конц.  $H_2SO_4$ , хлорсульфоновая к-та, сверхкислоты на основе к-т Льюиса).

Характерное св-во Ф. – склонность к окислит.-восстановит. р-циям. При хим. или электрохим. восстановлении Ф. превращаются сначала в анион-радикал, затем в дианион и полианионы; при хим. или электрохим. окислении – в катион-радикал, затем дикатион. Сильные окислители [конц.  $HNO_3$ ,  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ , соли Ce(IV)] разрушают макрокольцо Ф. вплоть до образования фталимида. В случае Ф. нек-рых переходных металлов (Co, Mn и др.) окислит.-восстановит. р-ции могут происходить также с участием центр. атома металла.

Фталоцианиновые комплексы ряда переходных металлов (напр., Zn, Co, Fe) склонны к присоединению дополнит. лигандов в аксиальные положения с образованием комплексов типа  $PcMX_2$ , где  $X = NaI, CN, \text{пиридил}$  и т.д. С двухатомными основаниями типа пиразина,  $\gamma$ -дипиридила образуют линейные полимеры, отличающиеся металлич. проводимостью.

Собственно Ф. чаще всего получают из фталодинитрила в присут. алколяттов щелочных металлов в высококипящих спиртах с послед. деметаллированием образующегося комплекса к-той; др. способы: обработка фталодинитрила аммиаком в 2-N,N-диметиламиноэтаноле или нагревание 1,3-дииминоизоиндолина в том же р-рителе. Использование в этих р-циях замещенных *o*-фталевых к-т и их конденсированных аналогов приводит к замещенным Ф. Подобная конденсация производных тетракарбонных к-т (напр., нитрила пиромеллитовой к-ты), производных дифенил- или бензофенон-3,3',4,4'-тетракарбонных к-т – способ получения разл. олигомерных (полимерных) Ф. и их аналогов сетчатой структуры.

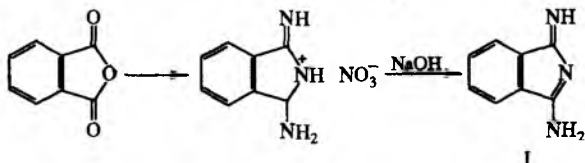
Обычный метод получения Ф. металлов – темплатная тетрамеризация *o*-фталодинитрила при его нагр. с соответствующими металлами или их солями. На практике часто проводят тетрамеризацию фталевого ангидрида (к-ты, имида) с мочевиной (или др. донорами  $NH_3$ ) и солями металлов в присут. катализаторов  $[(NH_4)_2MoO_4, H_3BO_3 \text{ и др.}]$  в орг. р-рителях или без них (метод запекания).

Многие Ф. металлов – фталоцианиновые красители, полупроводники и фотопроводники в электрофотографии и при создании солнечных элементов (батареи). Ф. являются также эффективными катализаторами сероочистки (комплексы с Fe, Co, Mn и др.), окисления орг. соед., нек-рых электрохим. процессов – восстановления  $O_2$  и  $CO_2$ , окисления  $SO_2$  и ряда фотохим. процессов (напр., преобразование солнечной энергии с помощью мол. фотокаталитич. систем. Ф. сетчатой структуры – основа термостойких полиэфирных и полиимидных материалов. Водорастворимые производные Ф., способные селективно накапливаться в опухолях, применяют в медицине для фотодиагностики и фототерапии раковых заболеваний.

Лит.: Березин Б.Д., Координационные соединения порфиринов и фталоцианина, М., 1978; Степанов Б.И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984; Порфирины: структура, свойства, синтез, М., 1985; Порфирины: спектроскопия, электрохимия, применение, под ред. Н.С. Евилюковой, М., 1987; Moser F.H., Thomas A.L., Phthalocyanine compounds, N.Y., 1963; Moser F.H., Thomas A.L., The phthalocyanines, v. 1-2, Boca Raton (Fla.), 1983; Phthalocyanines: properties and applications, ed. by C.C. Leznoff, A.V.P. Lever, N.Y., 1989. С.А. Борисенкова, Е.А. Лукьянец.

**ФТАЛОЦИАНОГЕНЫ** (фталолены), соед., образующие фталоцианиновые красители непосредственно на волокне. Ф. – бесцв. соед., раств. в воде, превращающиеся в красители при обработке их солями металлов и нагревании.

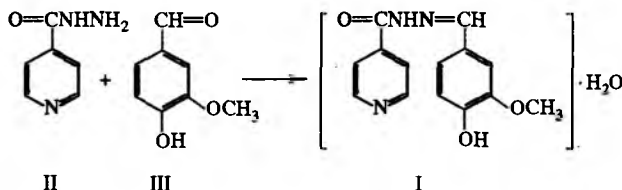
Наиб. значение имеет 1-амино-3-иминоизоиндоленин (ф-ла I, фталоцианоген 43M), получаемый нагр. фталевого ангидрида, мочевины и  $NH_4NO_3$  в нитробензоле при 170 °С в присут. молибдата аммония; при действии щелочи на образующийся нитрит выделяется своб. основание:



Ф. применяют для крашения и печати по хл.-бум. ткани. Пасту, содержащую Ф., соли металлов для комплексобразования (обычно хлориды, бромиды или ацетаты), высококипящие орг. р-рители, смешивающиеся с водой (смеси гликолей с триметиламином или ДМФА), ПАВ, наносят на ткань и обрабатывают горячим воздухом или паром при 120–130 °С. При печати с солями Cu получают краситель ярко-голубого оттенка, с солями Ni – зеленовато-голубого. Ф. устойчивы к свету и мокрому обработкам.

Лит.: Степанов Б.И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984, с. 538–39. В.Л. Салодар.

**ФТИВАЗИД** [гидрат N-(4-гидрокси-3-метоксибензилден)-гидразида изоникотиновой к-ты, ваницид; ф-ла II], мол. м. 289,3; безкусусные желтые кристаллы со слабым запахом ванилина; легко раств. в водных р-рах к-т и щелочей, плохо – в 95%-ном этаноле, практически не раств. в воде. Получают конденсацией изониазида (II) с ванилином (III):



Ф. – противотуберкулезное ср-во, подавляет размножение микобактерий туберкулеза. Терапевтич. эффект обусловлен образованием в организме биологически активного метаболита – изониазида. А.И. Боканов.

**ФТОР** (от греч. phthóros – разрушение; лат. Fluorum) F, хим. элемент VII гр. периодич. системы, относится к галогенам; ат. н. 9, ат. м. 18,998403. Прир. Ф. состоит из одного стабильного нуклида  $^{19}F$ . Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов  $1 \cdot 10^{-31} \text{ м}^2$ . Конфигурация внеш. электронной оболочки атома  $2s^2 2p^5$ ; степень окисления –1; энергии ионизации при последоват. переходе от  $F^0$  к  $F^{7+}$  соотв. равны 1681, 3375, 6046, 8409, 11024, 15164 и 17868 кДж/моль; сродство к электрону 327,8 кДж/моль. Ф. – самый электроотрицат. элемент, его электроотрицательность по Полингу 3,98. Ионный радиус  $F^-$  (в скобках даны координац. числа): 0,115 нм (2), 0,116 нм (3), 0,117 нм (4) и 0,119 нм (6). Ядро атома  $^{19}F$  имеет спин 1/2 и близкое к свойственному для протия гиромагн. отношение, что позволяет получать спектры ЯМР с высоким разрешением.

Молекула своб. Ф. двухатомна, межатомное расстояние 0,14165 нм.  $F_2$  имеет аномально низкую (по сравнению с ожидаемой) в ряду галогенов энергию диссоциации (158 кДж/моль).

Содержание Ф. в земной коре 0,065% по массе. Встречается только в связанном состоянии. Осн. минерал, имеющий пром. значение, – флюорит (плавиковый шпат)  $CaF_2$ , месторождения к-рого встречаются на всех континентах, а наиб. запасы сосредоточены в США, Мексике, Великобритании, Италии, ЮАР, Таиланде, Монголии, КНР. Общее содержание Ф. в пром. рудах  $CaF_2$ , 122, в перспективных – 236 млн. т (1984, без СССР). В СНГ залежи флюорита имеются в Узбекистане, Таджикистане, Казахстане, в Забайкалье, Приморском крае и др.

К редким фторсодержащим минералам относятся криолит  $Na_3AlF_6$ , хиолит  $5NaF \cdot 3AlF_3$ , селлит  $MgF_2$ , иттрофлюорит  $Ca_{1-x}Y_xF_{2-x}$ . Изоморфно замещающая ионы  $OH^-$ ,  $O^{2-}$  и др., Ф. входит также в состав мн. минералов, напр. топаза  $Al_2SiO_4(OH, F)_2$ , амблигонита  $LiAlPO_4(OH, F)$ , бастнезита (Ce, La) $CO_3F$ , апатита  $Ca_5(PO_4)_3(OH, F)$ , слюды и гидросиликатов. Наиб. пром. значение помимо флюоритовых руд имеют апатит и фосфориты, из к-рых Ф. получают в виде хим. соед.; они содержат не более 3,5–4,2% Ф. по массе, но добываются в больших кол-вах для произ-ва соед. фосфора. Запасы Ф. в фосфатных рудах СНГ в 5 раз превышают его запасы во флюоритовых рудах (1988). Соед. Ф. содержатся во мн. подземных водах.

В небольших кол-вах Ф. входит в состав живых организмов (в организме человека 2,6 г Ф., из них 2,5 г – в костях), участвует в процессах образования зубов и костей, в обмене в-в и в активации нек-рых ферментов. Нормальное поступление Ф. в организм человека 2,5–3,5 мг в сут. Пониженные и повышенные кол-ва Ф. вызывают разл. заболевания.

Свойства. Ф. – бесцв. газ с сильным запахом, напомним о котором запах хлора; т. кип. –188,20 °С, т. пл. –219,70 °С; плотн. газа 1,693 кг/м<sup>3</sup> (0 °С, 0,1 МПа), жидкости 1516 кг/м<sup>3</sup> (–188 °С);  $t_{\text{крист}}$  –128,84 °С,  $p_{\text{пар}}$  5,215 МПа,  $d_{\text{жидк}}$  0,574 г/см<sup>3</sup>; давление в тройной точке 252 Па;  $\Delta H_{\text{шт}}$  0,5104 кДж/моль,

$\Delta H_{\text{вст}}^0$  6,544 кДж/моль;  $S_p^0$  31,34 Дж/(моль·К);  $S_{298}^0$  202,68 Дж/(моль·К); теплопроводность газообразного Ф. с точностью до 10% совпадает с теплопроводностью  $N_2$ ; коэф. самодиффузии при 0 °С и атм. давлении 0,170 см<sup>2</sup>/с.

В твердом состоянии при обычном давлении Ф. образует две кристаллич. модификации: ниже -227,60 °С  $\alpha$ -форму с моноклинной решеткой (плотн. 1,97 г/см<sup>3</sup> при -250 °С), выше -  $\beta$ -форму с кубич. решеткой ( $a = 0,667$  нм, плотн. 1,70 г/см<sup>3</sup>).

Плотн. жидкого Ф. описывается ур-нием  $d = 1,907 - 2,20 \cdot 10^{-3}T - 2,948 \cdot 10^{-5}T^2$  г/см<sup>3</sup> ( $67 \leq T \leq 103$  К); вязкость - ур-нием  $\eta = 2,43 \cdot 10^{-7} \exp(196/T)$  Па·с; ур-ние температурной зависимости давления пара над жидким Ф.  $\ln(p/p_{\text{Па}}) = 7,89592346X + 3,38765063X^2 - 1,34590196X^3 + 2,73138936X(1-X)^{1,4327}$ , где  $X = (1 - T_{\text{тр}}/T)/(1 - T_{\text{тр}}/T_{\text{крит}})$ ;  $T_{\text{тр}}$  и  $p_{\text{тр}}$  - соотв. т-ра и давление в тройной точке;  $T_{\text{крит}}$  - критич. т-ра;  $\gamma$  жидкого Ф. 0,0179 Н/м (69,2 К) и 0,0146 Н/м (81,0 К);  $\epsilon$  1,4577 (70,0 К) и 1,2073 (143,0 К).

Ф. раств. в нек-рых фторидах, хлор- и фторуглеродах. Жидкий Ф. неограниченно смешивается с жидкими  $O_2$  и  $O_3$ . С водой энергично реагирует:  $2F_2 + 2H_2O \rightarrow 4HF + O_2$ . Не образует кислородных к-т, с  $H_2$  бурно реагирует, давая фтористый водород. Для орг. соед. известны *фтороватистой кислоты эфиры*.

Ф. - один из сильнейших окислителей и фторирующих реагентов. Благодаря высокой энергии связи элемент - фтор во фторидах и низкой энергии диссоциации  $F_2$  многие р-ции фторирования простых в-в, оксидов, галогенидов и др. соед. необратимы, сопровождаются выделением большого кол-ва тепла и образованием фторидов элементов в высш. степенях окисления. Все хим. элемент, за исключением He, Ne и Ar, образуют устойчивые *фториды*.

В то же время по кинетике взаимодей. с Ф. поведение в-в может сильно отличаться. Многие р-ции имеют цепной характер, самопроизвольно инициируются при комнатной или более низкой т-ре и протекают со вспышкой или со взрывом, а в потоке - с возникновением пламени. К таким р-циям относится фторирование  $H_2$  и водородосодержащих в-в (углеводородов,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $N_2H_4$ ,  $HCl$ ,  $HBr$ ,  $HCN$  и др.), S и ее производных ( $SO_2$ ,  $SOCl_2$ ,  $S_2N_4$ ,  $SbI_2$  и др.), Si, P и др. Теоретич. т-ра горения стехиометрич. смеси с  $H_2$  4430 К. При комнатной т-ре с Ф. способны реагировать щелочные металлы, нек-рые галогениды, гидраты солей. В то же время р-ции  $F_2$  с большей частью простых в-в и неорг. соед. протекают лишь при их активации, достигаемой обычно повышением т-ры или давления. На величину т-ры начала фторирования влияют природа в-в, дисперсность твердых в-в, св-ва продуктов р-ции (нелетучие фториды могут экранировать пов-сть, замедлять и даже прекращать фторирование), условия процесса (парциальное давление  $F_2$ , интенсивность теплоотвода и др.). Р-ция  $F_2$  с Ag, V, Re, Os начинается при 100-250 °С, с Au, Cd, Ti, Zr, Nb, Ta, Cr, W, Mn, Co - при 300-350 °С, а с Al, Fe, Cu, Zn, Y, Ni (на пов-сти к-рых образуется пленка нелетучих фторидов) - лишь ок. 400-500 °С. Температурный интервал «спокойного», регулируемого фторирования, однако, невелик, и при избытке  $F_2$  многие р-ции переходят при превышении нек-рой т-ры в горение. Особое место занимает фторирование графита, сопровождающееся образованием при т-рах ниже 400 °С фторидов графита  $CF_x$  (см. *Графита соединения*).

Оксиды металлов и многие соли неск. более устойчивы к действию  $F_2$ , чем сами металлы. Взаимод. оксидов может сопровождаться образованием на промежут. стадиях оксифторидов.

Наиб. устойчивы к действию  $F_2$  благородные газы,  $N_2$ ,  $O_2$ , алмаз, нек-рые виды стеклоуглерода, CO,  $CO_2$ , сапфир и алунд.

Одним из путей снижения т-ры фторирования является применение катализаторов. Активация  $F_2$  м. б. проведена также его атомизацией и ионизацией в газовых разрядах, электронном пучке, под действием УФ облучения и термокаталитически (на нагретой пов-сти катализатора). Атомный F при комнатной т-ре и в криогенных условиях взаимодей. с Xe, Kг, CO, NOF,  $NO_2$ ,  $O_2$ ,  $ClF_3$  и мн. др. в-вами. См. также *Фторирование*.

Наиб. важным соед. Ф. посвящены отдельные статьи: *Азота фториды*, *Бора трифторид*, *Галогенфториды*, *Кислорода фториды*, *Кремния фториды*, *Фтористоводородная кислота*, *Фтористый водород*, *Фторобораты*, *Фторорганические соединения*, *Фторосиликаты* и др.

**Получение.** Общая схема произ-ва своб. Ф. включает добычу и обогащение флюоритовых руд, серно-кислотное разложение флюоритовых концентратов, выделение и очистку безводного HF, его электролитич. разложение. Ведущие производители флюоритовых концентратов - Мексика (20-25% мирового произ-ва), ЮАР, Монголия, КНР, Таиланд, Франция, Испания. Общий мировой объем их произ-ва 4-5 млн. т в год.

Электролитич. разложение HF м. б. осуществлено 3 способами: низкотемпературным (15-50 °С, в смеси HF с KF), среднетемпературным (70-120 °С, расплав  $KH_2F_3$ ) и высокотемпературным (245-310 °С, расплав  $KHF_2$ ). В пром-сти используют среднетемпературный способ. Стандартный потенциал разложения HF в расплаве  $KH_2F_3$  равен 2,9 В. Пром. электролизеры работают обычно при 80-105 °С, напряжении 8,5-12,0 В и анодной плотности тока 70-180 мА/см<sup>2</sup>. Их мощность по току достигает 11 кА, опытных образцов - 15 кА, что соответствует производительности 7-10 кг  $F_2$ /ч.

Электролизеры представляют собой стальные или монелевые ванны с размещенными на крышке угольными анодами и расположенными между анодами стальными катодами. В нек-рых конструкциях между катодами и анодами имеются перфорированные диафрагмы, предотвращающие смешивание и взаимод. выделяющихся  $F_2$  и  $H_2$ . Совр. электролизеры снабжены системами непрерывной подачи в них HF, поддержания постоянной т-ры, отвода  $H_2$  и  $F_2$ . Отбор  $F_2$  проводят с помощью спец. коробчатых сборников, «колоколов», расположенных на крышке и погруженных в расплав так, что они окружают верх. часть анодов. При электролизе на пов-сти угольных анодов образуется пассивирующий слой фторидов графита  $CF_x$ , что вызывает «анодный эффект» - резкое повышение напряжения и его скачки. Этот эффект подавляют введением в электролит добавок, использованием анодов особой конструкции и пульсирующего тока. Свежезагружаемый электролит тщательно обезвоживают, проводя электролиз примеси влаги при низком напряжении. Для снижения т-ры процесса разрабатывают электролиз смеси  $KH_2F_3 - NH_4HF_2 - HF$ .

Очищают Ф. методами селективной сорбции примесей (HF на гранулированном пористом NaF), вымораживания примесей, сжигания Ф., хим. и фотохим. связывания примесей. Глубокую очистку Ф. проводят с помощью низкотемпературной ректификации или его обратной хемосорбцией (напр., путем образования и термич. разложения  $K_2NiF_4$ ).

Для получения своб. Ф. в лабораториях или в портативных установках могут использоваться его твердые источники. Так,  $MnF_4$  при нагр. до 200 °С выделяет ок. 15%  $F_2$  от своей начальной массы. Взаимод.  $K_2MnF_6$  и  $SbF_3$  протекает с выделением  $KSbF_6$ ,  $MnF_3$  и  $F_2$ . Разработаны пиротехн. источники  $F_2$ , содержащие соли тетрафтораммония.

**Определение.** Оsn. метод определения Ф. в р-рах - потенциометрия с использованием спец. селективных электродов. Чувствит. элемент таких электродов (мембрану) чаще всего изготавливают из монокристаллич.  $LaF_3$ , легированного дифторидами др. металлов. Кроме того, применяют гравиметрич. или объемный методы, основанные на осаждении труднорастворимых  $PbClF$ ,  $CaF_2$ ,  $ThF_4$  и др.

Наиб. универсальный метод разложения мн. твердых неорг. фторидов - *пирогидролиз*. Образующийся HF поглощают водными р-рами и анализируют объемным или потенциометрич. методами. Применяют также отгонку с парами  $H_2O$  и улавливание в виде  $H_2SiF_6$ , разл. физ. методы.

Свободный Ф. в газах определяют потенциометрически, поглощением его твердым NaCl и последующим определением выделившегося  $Cl_2$  иодометрически, поглощением его ртутью и волнометрич. определением. Фторорг. в-ва пред-

варительно разлагают натрием. Качественно Ф. обнаруживают по выделению HF, а также методами количеств. анализа.

**Применение.** Своб. Ф. — фторирующий реагент в произ-ве UF<sub>6</sub> (см. *Урана фториды*), галогенфторидов, SF<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>, BF<sub>3</sub>, фторидов азота, фторидов графита, высш. фторидов металлов (WF<sub>6</sub>, MoF<sub>6</sub>, ReF<sub>6</sub>), фторидов благородных газов, фторорг. производных и др. Атомный Ф. используют в хим. лазерах на HF и DF, для синтеза K<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, *кислорода фторидов* и др.

Ф. сильно токсичен. Раздражает кожу, слизистые оболочки носа и глаз; переносимая концентрация 77 мг/м<sup>3</sup>. Вызывает дерматиты, конъюнктивиты, отек легких. Контакт с чистым Ф. приводит к ожогу. Хронич. отравление соед. Ф. вызывает флюороз. ПДК 0,03 мг/м<sup>3</sup> — в воздухе производств. помещений, 0,7 мг/л — в воде (для фторид-иона).

Сжиженный Ф. перевозят в охлаждаемых цистернах и хранят в танках.

Мощности по произ-ву своб. Ф. в развитых странах достигают 15–20 тыс. т в год.

Ф. открыт К. Шееле в 1771, в свободном виде получен А. Муассаном в 1886.

*Лит.: Раков Э.Г., Химия и технологии неорганических фторидов, М., 1990; Gmelins handbook of inorganic chemistry, system. № 5. F. Fluorine. Suppl. v. 2. The element, B., 1980. Э.Г. Раков.*

**ФТОРАКРИЛАТНЫЕ КАУЧУКИ**, см. *Фторкаучуки*.

**ФТОРВОЛОКНА**, состоят из полностью или частично фторир. карбоцепных полимеров и сополимеров: политетрафторэтилена ПТФЭ (полифен, тефлон, тойофлон, гортекс), сополимера тетрафторэтилена с гексафторпропиленом СП-ТФЭ-ГФП (фторин, тефлон FEP, тойофлон FED), сополимера тетрафторэтилена с винилиденфторидом СП-ТФЭ-ВДФ (фторлон) и др.

непрерывную ленту, к-рую затем подвергают вытягиванию с фибриллизацией.

Получение комплексных нитей, мононитей и жгутов из плавких фторсополимеров (напр., СП-ТФЭ-ГФП) осуществляют методом формования из расплава с последующим вытягиванием и термич. обработкой.

Получение нитей из фторсополимеров производят методами мокрого или сухого формования из р-ров. Так, нити фторлон из СП-ТФЭ-ВДФ получают из р-ра в ацетоне формованием в водноацетоновую ванну с последующей промывкой, сушкой, вытягиванием и термич. обработкой.

Ф. имеют аморфно-кристаллич. фибриллярную структуру. Форма поперечного сечения волокон, получаемых из р-ров и расплавов, близка к круглой, а получаемых фибриллизацией пленок — прямоугольная.

Для Ф. характерны мн. специфич. св-ва, присущие исходным фторопластам. Они химстойки и биостойки, биоинертны.

Величины коэф. трения по металлам составляют 0,02–0,1 (ниже, чем для всех др. видов волокон), уд. электрич. сопротивление 10<sup>14</sup>–10<sup>18</sup> Ом·м, ε 2–2,2, tgδ 0,0001–0,001. Ф. негорючи даже в атмосфере O<sub>2</sub>. Кислородный индекс у волокон из полностью фторир. полимеров составляет 95–100%, у волокон из фторуглеродородов — от 40 до 60%. Другие осн. св-ва Ф. приведены в табл.

Ф. используют в разл. техн. материалах и изделиях — тканях и нетканых материалах для фильтрования особо агрессивных жидкостей и газов, для армирования электроизоляционных мембран при произ-ве NaOH, в защитных материалах и спецодежде (в т. ч. эксплуатируемых в среде с высоким содержанием O<sub>2</sub> и для защиты от расплавленных щелочных металлов), в анти-

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ФТОРВОЛОКОН И НИТЕЙ

Фторволокно (метод получения)	Плотн., г/см <sup>3</sup>	Линейная плотн., текс		Прочность, сН/текс	Удлинение при разрыве, %	Усадка, % (т-ра)	Макс. т-ра эксплуатация, °С
		нитей	волокон				
ПТФЭ (из дисперсий в загустителе)	2,15–2,2	10–150	0,7–1,0	10–18	20–40	2–6 (180 °С)	260–280
ПТФЭ (экструзией со смазкой)	2,15–2,2	40–100	—	20–35	10–30	2–5 (180 °С)	260–280
ПТФЭ (строганием)	2,15–2,2	1000–2000	—	6–12	20–40	—	260–280
СП-ТФЭ-ГФП (из расплава)	2,1–2,15	30–300	3–5	6–12	20–50	2–7 (160 °С)	200–210
СП-ТФЭ-ВДФ (из р-ра)	2,05–2,15	15–20	—	30–60	8–25	3–5 (100 °С)	110–120

В небольших кол-вах выпускаются также волокна на основе поливинилиденфторида, политрифторхлорэтилена (кайнар), поливинилфторида, сополимера трифторхлорэтилена с этиленом (хайлар), сополимера тетрафторэтилена с этиленом (афлон).

Наиб. сложности представляет формование волокон из ПТФЭ вследствие его полной нерастворимости и невозможности получения волокнообразующего расплава. Осн. метод получения волокон и нитей из ПТФЭ — формование мокрым методом из его дисперсий в полимере-загустителе (напр., вискозе, поливинилово-м спирте и др.). Условия формования близки к применяемым в произ-ве *вискозных волокон*. После промывки и сушки волокна подвергают термич. обработке с вытяжкой. На этой стадии, проводимой при т-ре 350–400 °С, происходят термодеструкция загустителя и одновременно спекание частиц ПТФЭ с образованием фторволокон, имеющих темно-коричневый цвет вследствие карбонизации полимера-загустителя. При обработке окислителями или длит. прогреве на воздухе м. б. получены волокна белого цвета.

Другой метод получения нитей из ПТФЭ — экструзия смеси его дисперсии со смазкой (напр., углеводородами) или вальцевание ленты. После удаления смазки (напр., испарением), вытягивания и термообработки полученные ленты в процессе вытягивания подвергаются фибриллизации. Аналогично методом экструзии лент получают мононити.

Ф. получают также из дисковых блоков, состоящих из ПТФЭ. Из них прецизионным строганием получают тонкую

фрикц. материалах в узлах трения, не требующих смазки, в высокохемостойких уплотнениях и сальниках, для изготовления биологически инертных изделий мед. назначения (шовных материалов, устройств для фильтрации биол. сред и др.), в произ-ве термостойких негорючих электроизоляционных материалов.

Мировое произ-во Ф. превышает ориентировочно 2000 т в год (1990).

*Лит.: Сягал М.Б., Кознорова Т.Н., Синтетические волокна из дисперсий полимеров, М., 1972; Варшавский В.Я., в кн.: Карбоцепные синтетические волокна, под ред. К.Е. Перелешкина, М., 1973, с. 445–90; Волокна на основе фторсодержащих полимеров, М., 1980; Дрейзе и штук Г.С., Иоффе А.З., Глаз М.Д., Нити на основе политетрафторэтилена, М., 1989; [Moukrieff R.W.], Man-made fibres, L., 1975. К.Е. Перелешкин.*

**ФТОРИДЫ**, хим. соединения фтора с др. элементами. Известны для всех элементов, кроме He и Ne. Выделяют простые, или бинарные, Ф. (в частности, соли *фтористоводородной кислоты*, ковалентные Ф. металлов и неметаллов, *галогенфториды*), оксифториды (напр., POF<sub>3</sub>), *гидрофториды металлов*, фторсодержащие к-ты (напр., фтористоводородная к-та), комплексные фториды, или фторометаллаты, напр. Na<sub>2</sub>NiF<sub>4</sub> (см. также *Фторобораты*, *Фторосиликаты*) и др. К Ф. относятся также фториды графита CF<sub>x</sub> (1 ≥ x > 0), C(MF<sub>x</sub>)<sub>x</sub> и др., фторидные и оксифторидные бронзы, смешанные галогениды.

В кристаллич. структуре простых Ф. переходных металлов атомы металла, как правило, имеют октаэдрич. окружение из 390

атомов F, причем, октаэдры м. б. изолированными ( $MF_6$ ) либо сочлененными.

Наиб. типичные координац. полиэдры фторометаллатов – также октаэдры, к-рые м. б. изолированными (структура криолита, альпасолита), иметь только мостиковые атомы F (структура перовскита, пироклора), соединяться вершинами (структура тетрагон. и гексагон. бронз, слоистых перовскитов), ребрами (структура рутила,  $Na_2SiF_6$  и др.), гранями (структура «гексагонального» перовскита). Образование фторометаллатов стабилизирует высш. степени окисления мн. элементов, благодаря чему существуют соед. с катионами  $NF_4^+$ ,  $KrF^+$ ,  $XeF_3^+$  и др. и анионами  $MnF_6^-$ ,  $NiF_6^-$  и др.

Наиб. тугоплавки и труднолетучи трифториды PЗЭ,  $CaF_2$  (т. кип. 2530 °C), наименьшие т-ры плавления и кипения у  $OF_2$  (соотв. -224 и -145 °C) и  $NF_3$  (-206,8 и -129,0 °C). Наиб. р-римость в воде имеет  $SbF_3$  (492,4 г в 100 г  $H_2O$  при 25 °C),  $BeF_2$ , TlF, наименьшую –  $PbClF$ ,  $CaF_2$ ,  $LaF_3$  и  $ThF_4$  (0,17 мг/л при 20 °C).

Многие Ф. гидролизуются водой, причем склонность к гидролизу повышается в ряду от трифторидов до гексафторидов металлов и с уменьшением ат. н. металла одной подгруппы. Все Ф. подвергаются пирогидролитическому разложению.

Окислит. св-ва наиб. сильно выражены у Ф. неметаллов:  $KrF_2$ ,  $XeF_6$ , галогенфториды,  $OF_2$ ,  $O_2F_2$ ,  $NF_3$ ,  $N_2F_4$ ,  $NOF_3$ , их р-ры в HF. Очень сильные окислители среди Ф. металлов:  $OsF_7$ ,  $ReF_7$ ,  $PtF_6$ ,  $PuF_6$ ,  $AuF_3$ ,  $CrF_5$ ,  $MnF_4$ ,  $CrF_4$ ,  $AuF_3$ ,  $NiF_3$  и др. См. также Галогениды, Фтор и др. Э.Г. Раков.

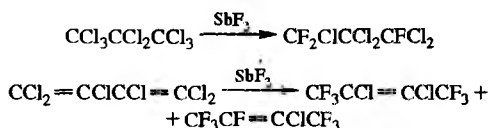
**ФТОРИРОВАНИЕ.** 1) Введение атома фтора в молекулу хим. соединений. Ф. орг. соединений осуществляют прямым (заместительным) фторированием либо присоединением  $F_2$ , HF или др. неорг. фторидов по кратным связям.

Прямое Ф. – сильно экзотермич. процесс, поэтому проведение его требует особых приемов для отвода тепла, чтобы предотвратить деструкцию связей C–C. Один из таких приемов – проведение р-ции при низких т-рах в условиях сильного разбавления: фтор разбавляют инертными газами, а фторир. соед. – инертными по отношению к фтору орг. р-рителями. Кроме  $F_2$  используют фториды металлов, напр.:



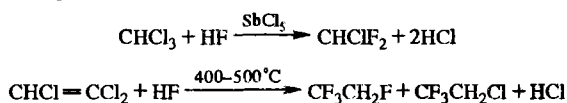
Для синтеза хладонов применяют жидко- и газофазное Ф. хлор- или бромпарафинов фтором в присут. неорг. фторидов.

В качестве агента Ф. в р-циях обмена галогена на фтор, а также в р-циях окислит. Ф. кратных связей в полигалогенир. алкенах используют  $SbF_3$  (р-ция Свартса). Иод и бром обмениваются легче, чем хлор. В случае полигалогенпроизводных полное перегалогенирование невозможно, т.к. по мере увеличения числа атомов F в молекуле дальнейшее Ф. затруднено из-за стерич. факторов, напр.:

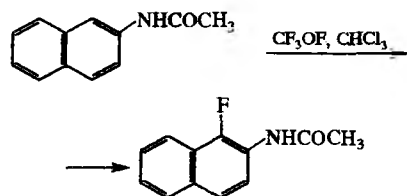


Особенно легко замещается атом Cl, сопряженный с кратной связью, а также Cl в хлорангидридах к-г. Р-ция Свартса – прим. способ получения фторир. соед.

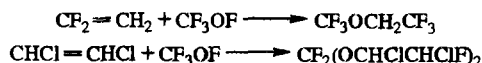
Часто для заместительного Ф. используют газообразный безводный HF в присут. галогенидов Sb, Sn и др. при 70–150 °C и 0,6–2,5 МПа либо в присут. катализатора ( $AlF_3$ ,  $CrF_3$  и др.) при нагревании, напр.:



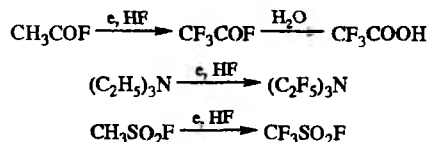
Эффективными реагентами для замещения водорода на фтор в ароматич. системах служат гипофториты  $R_pOF$  ( $R_p$  – перфторир. орг. радикал):



Гипофториты присоединяются также по двойной связи олефинов, образуя фторалкоксипроизводные и фтортеломеры, напр.:

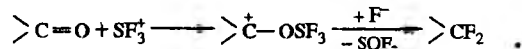


В пром. орг. синтезе широко применяют электрохим. Ф. Процесс осуществляют в электролитич. ванне, содержащей безводный HF, на Ni-аноде при 5–6 В (р-ция Саймонса). Метод наиб. удобен для Ф. низкомолекулярных соед. вследствие меньшей деструкции фторир. молекулы, а также для Ф. соед., содержащих функциональные группы (амины, карбоновые к-ты и др.), напр.:

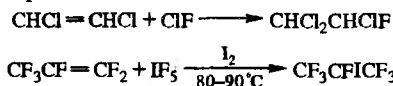


Преимущество электрохим. Ф. – простота аппаратуры и дешевый источник фтора.

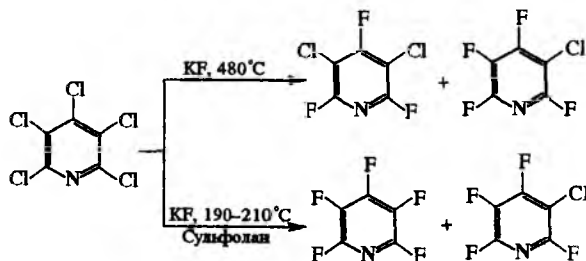
Соед., содержащие карбонильную группу, фторируются  $SF_4$  в присут. HF,  $BF_3$ ; р-ция происходит через промежуточное образование реакционноспособного иона  $SF_3^+$ , напр.:



Для Ф. галогенсодержащих орг. соед. применяют галогенфториды, напр.:



Ф. ароматич. соед. осуществляют чаще всего через диазониновые соли по Шимана реакции. Для получения перфторир. ароматич. соед. можно использовать действие KF в апротонном р-рителе или без него при повышенной т-ре на другие галогенароматич. соединения; этим методом можно получить целую гамму полифторир. производных, напр.:



Ф. орг. соед. используют для синтеза хладонов, заменителей крови, фторолефинов – мономеров для получения термостойких и химически стойких полимеров и др.

Лит.: Фтор и его соединения, под ред. Дж. Саймонса, пер. с англ., т. 1–2, М., 1953–56; Шепард У., Шартс К., Органическая химия фтора, пер. с англ., М., 1972; Исканова Н., Кобаяси Е., Фтор. Химия и применение, пер. с япон., М., 1982; Новые фторирующие реагенты в органическом синтезе, Новосибир., 1987; Промышленные фторорганические продукты. Справочник, Л., 1990.

Б.Н. Максимов.

Фторирование неорг. соед. может осуществляться водными («мокрыми») и неводными (термич., «сухими») методами. Реагентами для Ф. водными методами служат фтористоводородная к-та, кремнефтористоводородная к-та, р-ры NH<sub>4</sub>F, NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub>, реже – р-ры других фторидов металлов либо смеси CaF<sub>2</sub>, NaF, NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub> с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> или др. к-тами. Таким путем получают чаще всего малорастворимые фториды (AlF<sub>3</sub>, UF<sub>6</sub>, ZrF<sub>4</sub>, CaF<sub>2</sub>, NaF) или фторометаллаты (Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, K<sub>2</sub>TaF<sub>6</sub>). Из-за необходимости фильтрования, сушки, а для хорошо раств. фторидов и фторометаллатов – выпаривания выход продуктов низкий. Фториды, получаемые из водных р-ров, как правило, имеют меньший размер частиц, меньшую насыпную плотность и более высокую степень чистоты, чем получаемые неводными методами. Водными методами не м. б. получены фториды, склонные к гидролизу и обладающие сильными окислит. св-вами.

Ф. неводными методами осуществляют с помощью газообразных (F<sub>2</sub>, HF, галогенфториды, NF<sub>3</sub>, CF<sub>4</sub>, хладоны, SF<sub>6</sub>), жидких (HF, HSO<sub>3</sub>F, галогенфториды, р-ры NOF, NO<sub>2</sub>F и др. фторидов в HF, расплавы KNH<sub>2</sub>, KNH<sub>2</sub>F<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub>) или твердых (NaF, CoF<sub>3</sub>, MnF<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, K<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>) в-в.

Газообразные фторирующие агенты активируют с помощью УФ или ИК облучения (напр., лазерохим. активация SF<sub>6</sub>), катализа (введение в зону р-ции твердых, реже газообразных катализаторов либо термокаталитич. генерирование атомного F) или разл. видов электрич. разряда (напр., разложение и ионизация CF<sub>4</sub> или хладонов в плазме). Нек-рые р-ции проводят под давлением, р-ции с участием ионизир. и атомизир. газов – в вакууме, отдельные процессы с участием F<sub>2</sub> – в режиме горения, напр. при получении UF<sub>6</sub>, SF<sub>6</sub>, XeF<sub>6</sub> и др.

При газофазном Ф. фторируемые соед. м. б. в виде р-ра в нелетучих инертных р-рителях (жидкий HF при низких т-рах, фторир. углеводороды) либо расплава (эвтектич. смесь LiF – NaF – KF).

Жидкие среды используют для электрохим. Ф., напр. электролиз расплава NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub> получают NF<sub>3</sub>.

Неводные методы позволяют получать любые фториды и гидроксифториды, в т. ч. летучие, легко гидролизующиеся и обладающие окислит. действием.

Ф. происходит, как правило, поэтапно с образованием сначала низших, затем высших фторидов. На промежут. стадии Ф. оксидов могут образовываться оксифториды, а при Ф. смесей в-в – фторометаллаты.

Ф. применяют в металлургии для получения фторидов редких и нек-рых цветных металлов; для получения компонентов керамики, стекол, ситаллов и др. Ф. вместе с процессами пирогидролиза фторидов входит в прир. цикл фтора.

2) Искусственное обогащение питьевой воды, а также зубных паст и пищ. продуктов соед. фтора с целью регулирования его содержания в организме человека. Суточная доза фторид-иона для человека составляет 0,5–1,0 мг. Дефицит его ухудшает кроветворение, ослабляет защитные функции организма, вызывает заболевание кариесом. Избыток фторид-иона приводит к патологич. изменениям зубов и костей скелета, органов кроветворения, нервной и др. систем.

Ф. – одна из операций, применяемых при подготовке питьевой воды. Проводят на станциях водоочистки (при условии, что исходная концентрация фторид-иона менее 0,5 мг/л) путем р-рения небольших кол-в Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> или NaF. Природные воды, напротив, подвергают обесфториванию. Для предотвращения кариеса фториды (SnF<sub>2</sub>, NaF и др.) вводят в качестве добавки в зубные пасты. В последнее время целесообразность Ф. воды ставится под сомнение.

Лит.: Руководство по неорганическому синтезу, под ред. Г. Бриггера, пер. с нем., т. 1, М., 1985; Рахов Э.Г., Химия и технология неорганических фторидов, М., 1990.

Э.Г. Рахов.

**ФТОРИРОВАННЫЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА** (фторированные ПАВ, ФПАВ, фторгензиды), *поверхностно-активные вещества*, неполярная часть молекул к-рых содержит фторуглеродный радикал. На ФПАВ распространяется классификация ПАВ, а также номенклатура и классификация *фторорганических соединений*.

Различают полностью (перфторированные) и неполностью фторированные (полифторированные) ФПАВ. В отдельную группу можно выделить «гибридные» ФПАВ – соед. с перфторированными (R<sub>F</sub>) и углеводородными радикалами.

Наиб. значение имеют след. группы ФПАВ, содержащие во фторированном радикале 6–12 атомов С: R<sub>F</sub>COOM (M – Na, K, NH<sub>4</sub>), R<sub>F</sub>CON(R)CH<sub>2</sub>COOH, R<sub>F</sub>CON(R)C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(OC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sub>m</sub>OH, R<sub>F</sub>SO<sub>2</sub>NH, R<sub>F</sub>SO<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>, R<sub>F</sub>SO<sub>2</sub>N(R)CH<sub>2</sub>COOH, R<sub>F</sub>SO<sub>2</sub>N(R)CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH, R<sub>F</sub>SO<sub>2</sub>N(R)C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(OC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)<sub>m</sub>OH, [R<sub>F</sub>SO<sub>2</sub>NH(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>NR<sub>3</sub>]<sup>+</sup>X<sup>-</sup>, R<sub>F</sub>SO<sub>2</sub>N(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>N(R)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>COO<sup>-</sup>, C<sub>3</sub>F<sub>7</sub>O[CF(CF<sub>3</sub>)CF<sub>2</sub>O]<sub>n</sub>CF(CF<sub>3</sub>)COOM (n = 0–2), R<sub>F</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOM, R<sub>F</sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(OCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>m</sub>OH, R<sub>F</sub>OC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>3</sub>M, R<sub>F</sub>OC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub>NH(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>NR<sub>3</sub>Cl.

ФПАВ синтезируют пл. обр. из фторангидридов перфторалканкарбоновых к-т и перфторалкансульфокислот, а также из перфторполиэфиркарбоновых к-т, получаемых анионной олигомеризацией гексафторпропиленоксида. Для нек-рых ФПАВ исходными продуктами м. б. перфторолефины.

Св-ва ФПАВ по мн. параметрам существенно отличаются от св-в нефторир. ПАВ, что обусловлено особенностями природы фторуглеродного радикала. Атомы F образуют вокруг углеродной цепи более плотную и одновременно более объемную оболочку, чем атомы H. Высокая энергия связи С–F, а также защитный «экран» из атомов F, «изолирующий» углеродную цепь от внеш. хим. воздействий, определяют высокую термич. и хим. стойкость и чрезвычайно низкую когезию ФПАВ. Последнее обусловлено слабым межмолекулярным взаимодействием, проявляющимся, напр., в низком поверхностном натяжении (σ) р-ров ФПАВ и низком поверхностном натяжении смачивания (σ<sub>с</sub>) твердых пов-стей, покрытых адсорбционным слоем ФПАВ. Наиб. активные ФПАВ (производные перфтороктановой к-ты и перфторолигоэфиркарбоксилат амония) снижают поверхностное натяжение воды с 72,7 до 12–15 мН/м при концентрации порядка 10<sup>-3</sup> моль/л, тогда как углеводородные ПАВ – лишь до 25–28 мН/м. Для пов-стей, покрытых монослоем перфтордекановой к-ты, σ<sub>с</sub> составляет 6 мН/м, покрытых монослоем ω-гидроперфтордекановой к-ты – 15 мН/м.

Благодаря тому, что взаимодей. гидрофобных радикалов между собой и с молекулами растворяющей среды в случае ФПАВ слабее, чем для нефторир. ПАВ, первые проявляют более высокую поверхностную активность на границе водных р-ров с газовой средой; причем более высокая поверхностная активность согласуется с более низкими значениями критич. концентраций мицеллообразования (ККМ, см. табл.).

**КРИТИЧЕСКИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ ПЕРФТОРИРОВАННЫХ И АНАЛОГИЧНЫХ НЕФТОРИРОВАННЫХ ПАВ**

ФПАВ	ККМ, моль/л (т-ра, °С)	ПАВ	ККМ, моль/л (т-ра, °С)
C <sub>8</sub> F <sub>17</sub> COOK	2,70 · 10 <sup>-2</sup> (30)	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> COOK	39,5 · 10 <sup>-2</sup> (25)
C <sub>8</sub> F <sub>17</sub> COONa	0,91 · 10 <sup>-2</sup> (30)	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> COONa	16,0 · 10 <sup>-2</sup> (20)
C <sub>8</sub> F <sub>17</sub> SO <sub>3</sub> Na	0,85 · 10 <sup>-2</sup> (75)	C <sub>8</sub> H <sub>17</sub> SO <sub>3</sub> Na	17,7 · 10 <sup>-2</sup> (50)

ФПАВ проявляют не только исключительно высокую гидрофобность, но и не свойственную другим ПАВ олеофобность. В отличие от ПАВ, они поверхностно-активны в углеводородных маслах и р-рителях, существенно понижая и без того невысокое поверхностное натяжение последних. Наличие полярной группы ФПАВ при этом не играет существенной роли; лиофобной и лиофильной частями дифильной молекулы в этом случае являются соотв. перфторуглеродный и углеводородный радикалы. Так, N-замещенные амиды перфторалкановых к-т, представляющие собой «гибридные» фторуглерод-углеводородные ПАВ, снижают поверхностное натяжение минерального масла с 30 до 18–19 мН/м (при 25 °С), а жидкого парафина с 24 до 12–15 мН/м (100 °С).

При высокой поверхностной активности на границе водного р-ра с газовой фазой ФПАВ из-за олеофобности перфторуглеродной цепи проявляют весьма низкую поверхностную активность на межфазной границе вода – углеводородная



жидкость. При необходимости одновременного снижения поверхностного (межфазного) натяжения на границе водной фазы с воздухом и углеводородом используют смесь ФПАВ и ПАВ; первое более активно на пов-сти раздела вода – воздух, второе – на пов-сти раздела вода – углеводород. Такое применение смеси в-в необходимо для соблюдения условий полного смачивания и растекания воды тонкой пленкой по пов-сти тел с низкой поверхностной энергией.\*

В пром-сти ФПАВ используют в технол. процессах и в составе ряда материалов и продуктов пл. обр. техн. назначения, где нефторир. ПАВ не эффективны или не выдерживают действия высоких т-р или агрессивной среды. Аммониевые соли перфторнонановой и перфторполиэфиркарбонных к-т – эмульгаторы при получении политетрафторэтилена и поливинилиденфторида методом эмульсионной полимеризации; соли перфторсульфокислот – добавки в гальванич. ванны при электролитич. травлении или электроосаждении металлов для повышения качества гальванич. покрытия и сокращения потерь р-ра электролита. Препараты «Хромин» (таблетированная смесь перфторэтилциклогексансульфоната  $4-C_2F_5C_6F_{11}SO_3Na$  и  $Na_2CO_3$ ) и «Хромоскан» [основа – перфторолигоэфирсульфонат  $CF_3CF_2OCF_2CF(CF_3)OCF_2CF_2SO_3Na$ ] применяют при электролитич. хромировании металлов. ФПАВ – компоненты наиб. эффективных пленкообразующих ср-в пожаротушения, напр. типа «легкой воды» (активные компоненты – четвертичные аммониевые соли аминсальциламидов перфторкарбонных к-т и перфторалкансульфокислот); благодаря способности вызывать растекание воды по пов-сти моторных топлив, мазута, битумов, спиртов, орг. к-т и др. незаменимы при тушении горящих нефтепродуктов и орг. материалов; применяют в виде воздушно-мех. пены, часто в сочетании с др. компонентами, напр. ПАВ. Многие ФПАВ – ср-ва гидро- и олеофобизации разл. материалов (текстиля, кожи, пластмасс), придающие им незагрязняемость, влагостойкость, коррозионную стойкость, а также ср-ва (напр., «Эпилам»), предотвращающие растекание масел по пов-сти металла, увеличивающие износостойкость металлорежущего инструмента, улучшающие смазочное действие машинного масла.

ФПАВ не подвержены разложению микроорганизмами; поэтому их пром. применение требует соблюдения строгих мер экологич. защиты.

Лит.: Шид Л.А., в кн.: Поверхностно-активные вещества, Справочник, под ред. А.А. Абрамзона, Г.М. Гасова, Л., 1979, с. 232–39, 241–66; Промышленные фторорганические продукты, Справочник, Л., 1990, с. 367–403; Мандуо М., Отоси С., в кн.: Соединения фтора: синтез и применение, под ред. Н. Исканова, пер. с япон., М., 1990, с. 157–82. Л.А. Шид.

**ФТОРИСТОВОДОРОДНАЯ КИСЛОТА** (фтороводородная к-та), р-р фтористого водорода в воде. Устар. назв. – плавиковая к-та. В системе HF – H<sub>2</sub>O могут существовать 3 соед.: H<sub>2</sub>O · HF (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>F<sup>-</sup>), H<sub>2</sub>O · 2HF (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>HF<sub>2</sub><sup>-</sup>) и H<sub>2</sub>O · 4HF, т. пл. к-рых соотв. –36, –78 (с разл.) и –100 °С; т. пл. эвтектич. смеси H<sub>2</sub>O – H<sub>2</sub>O · HF –72 °С; для азеотропной смеси (38,2% по массе HF) т. кип. 114,5 °С. При всех составах, отличных от азеотропного, Ф. к. испаряется инконгруэнтно. Равновесное давление паров HF и H<sub>2</sub>O над Ф. к. описывается ур-нием  $\lg p(\text{Па}) = A - B/T$ , значения коэф. см. в табл.

Концентрация HF, % по массе	$P_{\text{HF}}$		$P_{\text{H}_2\text{O}}$	
	A	B	A	B
10	10,168	2610	10,919	2225
20	10,621	2605	10,867	2235
30	10,759	2500	10,768	2247
50	10,449	2120	10,738	2386
70	10,437	1830	—	—

Для р-ров HF + nH<sub>2</sub>O  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  –317,74 кДж/моль (n = 1), –322,03 кДж/моль (n = 10), –322,36 кДж/моль (n = 100) и –335,65 кДж/моль (n = ∞). Ф. к. содержит ионы H<sup>+</sup>, F<sup>-</sup>, HF<sub>2</sub><sup>-</sup>, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, (HF)<sub>n</sub>F<sup>-</sup> и молекулы H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>(HF)<sub>n</sub>F<sup>-</sup> с n = 1–4. Плотность Ф. к. при 25 °С меняется от 1,00132 г/см<sup>3</sup> (0,20 моль/дм<sup>3</sup>) до 1,07099 г/см<sup>3</sup> (11,40 моль/дм<sup>3</sup>); электр. проводимость при 395

–6 °С – от 1,90 мкСм/см (0,0472 моль/дм<sup>3</sup>) до 54,36 мкСм/см (2,82 моль/дм<sup>3</sup>). Ф. к. – сильная к-та,  $pK_a$  3,14; образует соли – фториды; реагирует со мн. в-вами, в т. ч. с такими оксидами, как SiO<sub>2</sub>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MoO<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub>, и силикатами.

Ф. к. получают р-рением HF в воде, водной абсорбцией газообразных продуктов серноокислотного разложения CaF<sub>2</sub>, пиролизом CaF<sub>2</sub>, UF<sub>6</sub>, фторидов др. металлов, флюоритовых руд и фторсодержащих отходов произ-в. Ф. к. – реагент в произ-ве AlF<sub>3</sub>, UF<sub>6</sub> и др. неорг. фторидов, компонент р-ров для травления стекол, кварца, материалов микроэлектроники, металлов и неж-рых сплавов.

Ф. к. при попадании на кожу вызывает болезненные ожоги, причем действие разб. Ф. к. проявляется через неск. часов после поражения.

Хранят Ф. к. в гумир. или полиэтиленовых емкостях.

Э.Г. Раков.

**ФТОРИСТЫЙ ВОДОРОД** HF, бесцв. газ или подвижная жидкость, дымящая на воздухе; т. пл. –83,36 °С, т. кип. 19,52 °С;  $t_{\text{крист}}^0$  230 °С,  $d_{4}^{\text{крист}}$  0,29 г/см<sup>3</sup>,  $p_{\text{крист}}^0$  6,49 МПа;  $C_p^0$  29,14 Дж/(моль · К);  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  –273,3 кДж/моль;  $S_{298}^0$  173,675 Дж/(моль · К);  $\Delta H_{\text{исп}}^0 = 7,489 - 43,9(T - 292,69)$  кДж/моль (250 ≤ T ≤ 390 К); ур-ние температурной зависимости давления пара над Ф. в.  $\lg p(\text{Па}) = 0,21317 - 918,24/T + 3,21542 \lg T$ , где 193 ≤ T ≤ 378 К. Плотн. жидкого HF близка к плотн. воды:  $d = 1,0020 - 2,2625 \cdot 10^{-3}t + 3,125 \cdot 10^{-6}t^2$  г/см<sup>3</sup>, где –74 ≤ t ≤ 42 °С;  $d_4^0$  0,98. Чистый жидкий HF почти не ионизирован,  $\rho$  10<sup>–6</sup> Ом · см (0 °С); следовые кол-ва примесей, в т. ч. воды, резко понижают  $\rho$ .

Характерное св-во HF – склонность к ассоциации. Средняя степень ассоциации в жидкости n = 6. В газовой фазе могут присутствовать линейные и циклич. олигомеры с n = 4, 6–12. Наиб. устойчив циклич. (HF)<sub>6</sub>.

Ф. в. реагирует со мн. простыми в-вами с образованием фторидов, с оксидами – оксифторидов или фторидов, замещает галоген в галогенидах металлов, с фторидами щелочных и др. одновалентных металлов образует гидрофториды металлов, с фторидами и оксифторидами мн. элементов в присут. воды – фторсодержащие к-ты, напр. H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>, HBF<sub>4</sub>.

Ф. в. неограниченно раств. в воде с образованием фтористоводородной кислоты. Сам HF – хороший р-ритель для мн. в-в. Наиб. р-римость характерна для SbF<sub>5</sub> (смешивается неограниченно), TlF (580 г в 100 г HF при 12 °С) и CsF (199 г в 100 г HF при 10 °С). Р-римость фторидов щелочных металлов (кроме LiF) в HF в 2–4 раза ниже, чем в воде, BaF<sub>2</sub>, PbF<sub>2</sub> и CoF<sub>2</sub> – в сотни, BeF<sub>2</sub> – в тысячи, а AgF – в сотни тысяч раз больше, чем в воде, что связано с сильной сольватацией фторид-иона в HF.

Ф. в. – сильная к-та, ф-ция кислотности Гаммета –15,05, однако даже небольшой избыток фторид-ионов резко ее снижает.

Осн. способ получения HF – р-ция флюорита CaF<sub>2</sub> с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, к-рую проводят в трубчатых вращающихся и шнековых печах при 120–180 °С. Реакционные газы очищают от пыли, конденсируют из них HF и подвергают его двухступенчатой ректификации. Менее распространены серноокислотное разложение NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub> и термич. разложение NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub>. В лаборатории HF удобно получать термич. разложением гидрофторидов.

Ф. в. – катализатор гидрирования, дегидрирования, алкилирования в орг. химии, реагент в произ-ве хладонных и фторопластов, UF<sub>6</sub>, AlF<sub>3</sub> и др., исходное в-во для получения F<sub>2</sub>, фторсульфоновой к-ты. Мировое произ-во (вместе с фтористоводородной к-той) св. 1 млн. т в год (1980-е гг.).

Ф. в. раздражает дыхательные пути, является сильнейшим водоотнимающим в-вом и при попадании на кожу вызывает образование долго не заживающих язв, а при длительной экспозиции – обугливание. ПДК в атм. воздухе 0,005 мг/м<sup>3</sup>, в воде 0,05 мг/л.

Жидкий Ф. в. хранят в стальных герметичных танках и цистернах, а также в баллонах аммиачного типа, имеющих защитную окраску с красной полосой.

Лит.: Западская М.А., Зенкевич Н.Г., Комарова Е.Г., Физико-химические свойства фтористого водорода, М., 1977; Раков Э.Г., Химия и технология неорганических фторидов, М., 1990. Э.Г. Раков.

**ФТОРКАУЧУКИ** (фторорг. каучуки, фторэластомеры), синтетич. каучуки, получаемые сополимеризацией фторсодержащих мономеров. Отличит. особенностью Ф.— сочетание высокой теплостойкости с хим. стойкостью к разл. агрессивным средам в широком интервале Т-р; характеризуются также хорошими физ.-мех. св-вами, в т. ч. сопротивлением истиранию, газонепроницаемостью, невоспламеняемостью, удоллетворит. диэлектрич. св-вами, умеренной радиационной стойкостью. Раств. в гексафторбензоле, кетонах, сложных эфирах, не раств. в углеводородах, спиртах, не набухают в воде.

Различают карбо- и гетероцепные Ф. Наиб. пром. применение получили карбоцепные Ф. на основе винилиденфторида (ВФ) — гл. обр. сополимеры с трифторхлорэтиленом (ТФХЭ), гексафторпропиленом (ГФП) и перфторметилвиниловым эфиром (ПФМВЭ), а также тройные сополимеры (терполимеры) ВФ, ГФП и тетрафторэтилена (ТФЭ) (табл.).

ды и гидроксиды металлов. Вулканизацию проводят в 2 стадии: формование в прессе (150–200 °С, 5–6 мин) или автоклаве с острым паром (120–155 °С, от 20 мин до 4 ч); довулканизация в термостате (200–250 °С, 24 ч).

В зависимости от типа вулканизирующей системы и наполнения вулканизаты имеют  $\sigma_{\text{разр.}}$  10–30 МПа, относит. удлинение 100–300%, твердость по Шору А 40–90, сопротивление раздиру 25–70 кН/м, т-ру хрупкости от –25 до 50 °С; остаточная деформация при сжатии (150–200 °С, 72 ч) — до 70%.

Осн. направления модификации Ф.— повышение вулканизационной активности, улучшение технол. св-в, синтез морозостойких каучуков. Для повышения вулканизационной активности в состав Ф. вводят мономеры с функцион. группами (бром- или иодолефины). Для улучшения технол. св-в применяют смеси Ф. с этиленпропиленовым, фторсилоксановым и др. каучуками. Получены также гомополимеры фторак-

**НЕКОТОРЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ КАРБОЦЕПНЫЕ ФТОРКАУЧУКИ**

Наименование (марка)	Формула	Соотношение мономеров	Плотн., г/см <sup>3</sup>	Т. стекл., °С	Т-ра длит. эксплуатации (кратковременной), °С	Содержание F, % по массе
Сополимеры ВФ и ТФХЭ (СКФ-32, кель F)*	$\text{-(CH}_2\text{CF}_2)_n\text{-(CF}_2\text{CFCl)}_m\text{-}$	(1:1)–(7:3)	1,83–1,85	–18	150 (200)	54–56
Сополимеры ВФ и ГФП (СКФ-26, СКФ-26 НМ, СКФ-26 ОНМ, вайтон А, флуорел FC, текнофлон NH, дей-Л)	$\text{-(CH}_2\text{CF}_2)_n\text{-(CF}_2\text{CF)}_m\text{-}$ $\text{CF}_3$	7:3	1,80–1,86	–22	200 (250)	65
Терполимеры ВФ, ГФП и ТФЭ (вайтон В, флуорел FT, текнофлон TN, TN 50)	$\text{-(CH}_2\text{CF}_2)_n\text{-(CF}_2\text{CF)}_m\text{-(CF}_2\text{CF}_2)_p\text{-}$ $\text{CF}_3$	—	1,85	–17	250 (280)	67
Сополимеры ВФ и ПФМВЭ (СКФ-260, вайтон GLT)	$\text{-(CH}_2\text{CF}_2)_n\text{-(CF}_2\text{CF)}_m\text{-}$ $\text{OOCF}_3$	—	1,80–1,85	–(40–42)	200(250)	65
Сополимеры ТФЭ и ФМВЭ (СКФ-460, калрес)**	$\text{-(CF}_2\text{CF}_2)_n\text{-(CF}_2\text{CF)}_m\text{-}$ $\text{OOCF}_3$	2:1	1,90–2,00	–10	260–280 (315)	70
Сополимеры ТФЭ и пропилена (афласы 100, 50 и 200)***	$\text{-(CF}_2\text{CF}_2)_n\text{-(CHCH}_2)_m\text{-}$ $\text{CH}_3$	—	1,55–1,82	От –2 до –35	210–230 (300)	57–59

\* Повышенная стойкость к сильным к-там. \*\* По теплостойкости и хим. стойкости близки к тефлону. \*\*\* Повышенная стойкость к окислит. агрессивным средам.

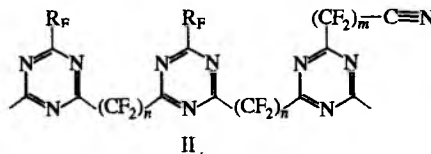
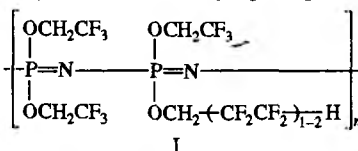
Карбоцепные Ф.— аморфные полимеры с линейным и (или) глобулярным расположением слаборазветвленных макромолекул; мол. м. (1–5)·10<sup>5</sup>. В нек-рых типах Ф. содержится значит. кол-во (до 80% по массе) глобулярного микрогеля с размером глобул 40–150 нм. Св-ва Ф. во многом зависят от их мол. структуры (тип каучука, соотношение мономеров, ММР). При нагр. выше 200 °С, а также при взаимодей. с щелочами, аминами и т. п. Ф. отщепляют галогеноводороды (HF, HCl); при этом в молекуле образуются изолированные или сопряженные двойные связи, участвующие в вулканизации.

Получают Ф. эмульсионной сополимеризацией фторолефинов в присут. инициаторов (обычно персульфата аммония), эмульгаторы — соли щелочных металлов перфторкарбонových и перфторалкилсульфокислот, регуляторы сополимеризации — спирты, углеводороды, бром- и иодперфторалканы.

Резиновые смеси на основе Ф. изготовляют и перерабатывают на обычном оборудовании. Вследствие повышенной жесткости нек-рых Ф. и резиновых смесей, а также их сильного разогрева при обработке загрузка валцов должна быть меньше обычной, а охлаждение более интенсивным. Экструзию и шприцевание обычно осуществляют на двухчервячных машинах. Типичная рецептура резиновых смесей включает (мас. ч. на 100 г Ф.): вулканизирующие агенты (1–6), акцепторы галогеноводородов (3–15), наполнители (10–30), технол. (воски) и др. добавки (до 15). Осн. вулканизирующие агенты: диамины и их производные, дифенолы (в сочетании с четвертичными аммониевыми и фосфониевыми солями), пероксиды, хелаты типа салицилалдимида меди, используют также  $\gamma$ -излучение; осн. наполнители: техн. углерод, графит, тонкодисперсный SiO<sub>2</sub>, мел, BaSO<sub>4</sub>; акцепторы HHal — окси-

рилатных каучуков с длинными боковыми кислородсодержащими цепями (т. стекл. –55 °С): исходный мономер  $\text{CH}_2 = \text{CHCOOCH}_2(\text{CF}_2)_n\text{OCF}_3$ .

Гетероцепные Ф., содержащие в цепи макромолекулы гетероатомы (Р, О, N), по нек-рым эксплуат. св-вам во многом превосходят карбоцепные. Однако вследствие сложности синтеза они не получили широкого пром. применения. Наиб. изучены перфторполиэфирные каучуки на основе дикарбонových к-т типа  $\text{HOOC-C}_6\text{H}_4(\text{CF}_2)_n\text{-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}$ , нитрозоперфторкаучуки  $\text{-(N(CF}_3)_2\text{-O-CF}_2\text{CF}_2)_n\text{-}$ , фторсилоксановые каучуки (см. Кремнийорганические каучуки), фторалкоксифосфазеновые каучуки ф-лы I и перфторалкилнитризиновые каучуки ф-лы II ( $R_f$  — перфторуглеродный радикал)



Резины на основе этих Ф. морозостойки и негорючи (каучуки ф-лы I), способны длительно работать при высоких т-рах (II), стойки к действию углеводородных сред.

Ф. используют в произ-ве уплотнителей, рукавов шлангов, мембран, резинотканевых материалов, гуммировочных покрытий и др. изделий, работающих при высоких т-рах и в контакте с агрессивными средами.

Объем мирового произ-ва ок. 8 тыс. т в год (1989).

Лит.: Серушкин И. Л. [и др.], «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1980, т. 25, № 5, с. 552-72; Сантестический каучук, 2 изд., Л., 1983; Новыцкая С.П., Нудельман З.Н., Донцов А.А., Фторалкаты, М., 1988.

С.П. Новицкая

**ФТОРЛОНЫ**, то же, что *фторопласты*.

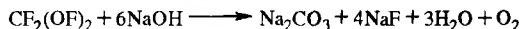
**ФТОРНОВАТИСТОЙ КИСЛОТЫ ЭФИРЫ** (орг. гипофториты), соед. общей ф-лы  $ROF$  ( $R$  – орг. остаток), производные не существующей в своб. состоянии фторноватистой к-ты  $HO\dot{F}$ . Наиб. устойчивы Ф. к. э., содержащие перфторир. ( $R_F$ ) или полифторир. радикал, у к-рого отсутствуют  $\alpha$ -H-атомы.  $\alpha$ -Водородсодержащие эфиры (напр.,  $CH_3OF$ ) образуются и существуют только при низких т-рах. Известны эфиры, имеющие две вицинальные или геминальные группы  $OF$ .

Низшие полифторир. эфиры – газы (табл.) с резким запахом фтора, плохо раств. в воде, хорошо – в полигалогеналканах, перфторир. жидкостях.

#### СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЭФИРОВ ФТОРНОВАТИСТОЙ КИСЛОТЫ

Соединение	Мол. м.	Т. кип., °С	Т. разложения, °С
Трифторметилгипофторит $CF_3OF$	104	-95	> 400
Пентафторэтилгипофторит $C_2F_5OF$	154,02	-50	> 110
Дифторхлорметилгипофторит $CF_2ClOF$	120,46	-25	> 150
Дифторметилден-бис-гипофторит $CF_2(O\dot{F})_2$	120,01	-64	> 200
Фтордихлорметилгипофторит $CFCl_2OF$	136,92	0	—

Низшие Ф. к. э. термически более стабильны, чем их высшие гомологи. В нейтральных и кислых средах медленно гидролизуются (скорость гидролиза меньше, чем у соответствующих ацилфторидов), под действием щелочей быстро разлагаются, напр.:



При взаимодействии с галогенидами металлов Ф. к. э. вытесняют своб. галогены; в р-циях с орг. соед. благодаря легкости гомолиза связи  $O-F$  выступают как источники своб. радикалов; в мягких условиях присоединяются по кратным связям ненасыщ. соед., образуя, в зависимости от условий р-ции, продукты фторирования или фторалкоксилирования; фторируют алканы, галогеналканы, амины и их N-ацильные или N-сульфонильные производные.

Получают Ф. к. э. фторированием карбонильных соед. (кетон, карбоновых к-т, их солей, ангидридов, галогенангидридов) мол. фтором в присут. фторидов металлов; они образуются также при действии  $CoF_2$  на углеводороды или полигалогенсодержащие углеводороды.

Применяют Ф. к. э. для произ-ва фтормономеров (напр., перфторметилвинилового эфира), в качестве инициаторов полимеризации, селективных фторирующих агентов, в синтезе лек. препаратов (фторафур и др.).

Все Ф. к. э. – токсичные соед., по характеру действия на организм подобны фтору. Работа с ними требует осторожности из-за возможности взрыва.

Лит.: Новые фторирующие реагенты в органическом синтезе, Новосибир., 1987, с. 140-96.

И. И. Крылов

**ФТОРОБОРАТЫ**, соли фтороборных к-т. Важнейшие из них – тетрафторобораты ( $T$ ) – производные тетрафтороборной к-ты  $HF_4$ , известной в виде водных р-ров, обладающих сильнокислой р-цией; их получают взаимодействием фтористоводородной к-ты с  $H_3BO_3$  или  $BF_3$ . Т. металлов синтезируют действием  $HF_4$  на металлы, оксиды или карбонаты

металлов, а также взаимодействием  $BF_3$  с фторидами металлов,  $H_2BO_3$  – с гидрофторидами металлов и т. п.

Т. – кристаллы, обычно изоморфные с перхлоратами. При нагревании диссоциируют с отщеплением  $BF_3$ . Т. щелочных и мн. тяжелых металлов раств. в воде. Свежеприготовленные водные р-ры Т. щелочных металлов имеют нейтральную р-цию. В этих р-рах происходит медленный гидролиз с образованием в первую очередь ионов гидроксифторобората  $[BF_2OH]^-$ . Только в очень разб. р-рах наблюдается дальнейший гидролиз с образованием ионов  $[BF_2(OH)_2]^-$ .

Т. щелочных металлов,  $NH_4^+$  и  $Tl(I)$  кристаллизуются из водных р-ров в безводном состоянии (только для  $LiBF_4$  известны моно- и тригидраты). Т. магния и мн. двухвалентных металлов ( $Fe$ ,  $Cu$ ,  $Co$ ,  $Ni$ ,  $Mn$ ,  $Zn$ ,  $Pb$  и др.) образуют гексагидраты,  $Ag$  – моногидрат. В их молекулах вода входит во внутр. сферу катиона, напр.  $[Cd(H_2O)_6]BF_4$ . Гидраты Т. тяжелых металлов нестойки и при нагревании разлагаются с выделением паров воды и  $BF_3$ . Более устойчивы соед.  $MF_2 \cdot BF_3$ , образующиеся при действии паров  $BF_3$  на фториды металлов. Предполагают, что их строение  $[MF]BF_4$ .

Т. многих металлов легко образуют аммиакаты, напр.  $[Ni(NH_3)_6](BF_4)_2$ ,  $[Ag(NH_3)_2]BF_4$ . Эти соед. при нагревании разлагаются с образованием гл. обр. фторида металла и  $BF_3 \cdot NH_3$ ; аммиакаты Т. кадмия,  $Ni$ ,  $Co(III)$ ,  $Cr(III)$  мало раств. в воде. Описаны многочисленные аминокмоплексы Т. с орг. основаниями.

Известны Т. азотсодержащих оснований – нитрозила  $NOBF_4$ , нитрозония  $NO_2BF_4$ , гидразония  $N_2H_5BF_4$ , малоустойчивых сложных катионов –  $Cl_2OBF_4$ ,  $NSBF_4$ ,  $IOBF_4$  и др. В большинстве они разрушаются при действии воды.

Существует большое число Т. орг. оснований, напр.  $[(C_4H_9)_4N]BF_4$ ,  $C_6H_5N_2BF_4$ ,  $(C_6H_5)_3CHBF_4$ , оксониевых соед., напр.  $(C_2H_5)_3OBF_4$ .

Т. калия  $KBF_4$  – бесцв. кристаллы с ромбич. решеткой ( $a = 0,785$  нм,  $b = 0,568$  нм,  $c = 0,737$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа  $Pnma$ ); при 283 °С переходит в кубич. модификацию ( $a = 0,726$  нм),  $\Delta H$  перехода 13,8 кДж/моль; т. пл. 570 °С, т. разл. 930 °С; плотн. 2,55 г/см<sup>3</sup>;  $C_p^0$  115 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{обр}^0$  –1884 кДж/моль,  $\Delta H_{пл}$  18,0 кДж/моль;  $S_{298}^0$  130 Дж/(моль·К); плохо раств. в воде (0,44% по массе при 20 °С, 6,27% при 100 °С), этаноле, диэтиловом эфире.

Т. натрия  $NaBF_4$  – бесцв. кристаллы с ромбич. решеткой ( $a = 0,625$  нм,  $b = 0,677$  нм,  $c = 0,682$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа  $Stct$ ); при 243 °С переходит в моноклинную (по др. данным, в кубическую) модификацию,  $\Delta H$  перехода 6,7 кДж/моль; т. пл. 406 °С (с частичным разл.); плотн. 2,47 г/см<sup>3</sup>;  $C_p^0$  120,2 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{обр}^0$  –1845 кДж/моль,  $\Delta H_{пл}$  13,6 кДж/моль;  $S_{298}^0$  145,3 Дж/(моль·К); раств. в воде (50,7% по массе при 25 °С), плохо – в этаноле (0,47% при 25 °С), метаноле (4,17% при 25 °С), ацетоне (~ 1%), не раств. в диэтиловом эфире.

Т. аммония  $NH_4BF_4$  – бесцв. кристаллы с ромбич. решеткой ( $a = 0,906$  нм,  $b = 0,564$  нм,  $c = 0,723$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа  $Pnma$ ); плотн. 1,88 г/см<sup>3</sup>; при 199,5 °С переходит в кубич. модификацию ( $a = 0,755$  нм); т. пл. 487 °С (под давлением); т. возг. 350 °С; раств. в воде (20,5% по массе при 25 °С), плохо – в этаноле (0,7%), не раств. в ацетоне, бензоле, хлороформе, пиридине.

Т. натрия, калия и аммония – компоненты электролитов при рафинировании и получении покрытий цветных металлов, флюсов для сварки и пайки, формовочных составов при литье  $Al$  и  $Mg$  и их сплавов, добавки к смазочно-охлаждающим жидкостям при обработке металлов давлением, фторирующие агенты, гербициды. Т. лития и натрия – исходные в-ва для получения тетрагидридоборатов, Т. аммония – консервант для древесины, антипирен для полимеров. Т. тяжелых металлов ( $Fe$ ,  $Zn$ ,  $Hg$  и др.) – катализаторы р-ций полимеризации, гидролиза, формилирования и др. в орг. синтезе. Такие Т., как  $NF_4BF_4$ ,  $N_2F_5BF_4$ , используются в хим. лазерах. Т. нитрозила и нитрозония – реагенты для нитрозирования и нитрования в орг. синтезе. Т. орг. осно-

ваний используют в орг. синтезе, в частности для фторирования.

Известны соли и др. фтороборных, а также оксо- и гидроксофтороборных к-т, в частности гидроксогидрофтороборной и дигидроксогидрофтороборной к-т (эти к-ты иногда рассматривают как гидраты BF<sub>3</sub>), напр. K<sub>2</sub>B<sub>2</sub>F<sub>9</sub>, NaHBF<sub>3</sub>, BaVOF<sub>3</sub>, KBF<sub>3</sub>(OH).

Лит. см. при ст. Бора трифторид.

П. И. Федоров.

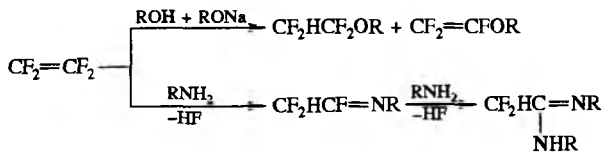
**ФТОРОЛЕФИНЫ**, олефины, в к-рых один или неск. атомов H замещены атомами F. Наиб. значение имеют перфторолефины (все атомы H замещены на F). Ф.- газы либо жидкости с низкой т-рой кипения (табл.), не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях.

**СВОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ФТОРОЛЕФИНОВ**

Соединение	Моля. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	Т. само-воспл.	КПВ (% по объему)	ПДК* (мг/м <sup>3</sup> )
Фторэтилен CFH=CH <sub>2</sub>	46,04	-160,5	-72,2	460	2,9-28,9	—
1,1-Дифторэтилен CF <sub>2</sub> =CH <sub>2</sub>	64,03	-144	-83,7	480	5,5-21,3	500
Трифторэтилен** CF <sub>2</sub> =CFH	82,02	—	-60,4	317	15,3-27	~ 1
Тетрафторэтилен CF <sub>2</sub> =CF <sub>2</sub>	100,02	-131,15	-76,3	780	13,4-46,4	30
Гексафторпропилен CF <sub>3</sub> CF=CF <sub>2</sub>	150,02	-156,2	-29,4	510	15-20	5
1,1,3,3,3-Пентафторпропилен CF <sub>3</sub> CF=CF <sub>2</sub>	132,03	-153	-20,7	—	—	—
3,3,3-Трифторпропилен CF <sub>3</sub> CH=CH <sub>2</sub>	96,05	-145	-25,5	499	4,7-13,5	3000
Трифторхлорэтилен CF <sub>2</sub> =CFCl	116,47	-154,9	-27,8	600	28,5-35,2	5
Октафторизобутилен (CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> C=CF <sub>2</sub>	200,03	-130	6,1	—	—	0,1

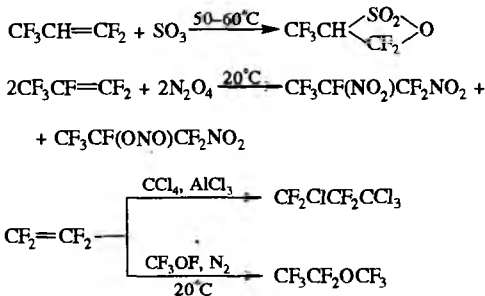
\* В воздухе рабочей зоны. \*\* n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,3011.

В отличие от нефторир. олефинов, Ф. легко реагируют с нуклеофилами, образуя продукты присоединения и замещения, напр.:

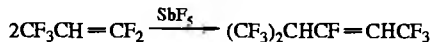


Р-ции с электрофилами, напротив, протекают труднее. Галогены и галогеноводороды присоединяются к Ф. при УФ облучении или при повышенной т-ре в присут. катализаторов (напр., Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Ф. присоединяют по двойной связи неорг. оксиды, галогеналканы и галогеналкены, гипохлориты и др., напр.:

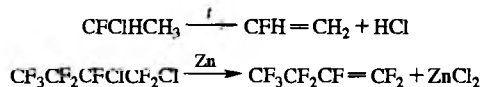


При УФ облучении или в присут. катализаторов Ф. димеризуются, напр.:

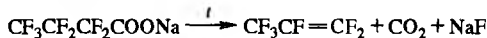


Полимеризация Ф. протекает, как правило, в водной среде в присут. инициаторов при повышенных т-ре и давлении с образованием фторопластов.

Осн. пром. метод получения Ф.- пиролиз фторхлоруглеводородов при 750-850 °С либо дегалогенирование вицинальных полигалогеналканов металлами в метилформамиде, воде, спиртах, ТГФ и др., напр.:



Ф. образуются также при декарбоксилровании солей фторир. карбоновых к-т:



Ф.- сырье для получения термостойких и химически стойких полимеров.

Лит.: Фтор и его соединения, под ред. Дж. Саймонса, пер. с англ., т. 1-2, М., 1953-56; Ловлейс А., Роуч Д., Постельнек Ч., Альфатические фторсодержащие соединения, пер. с англ., М., 1961; Шеплард У., Шартс К., Органическая химия фтора, пер. с англ., М., 1972; Исикава Н., Кобаяси Е., Фтор. Химия и применение, пер. с япон., М., 1982; Промышленные фторорганические продукты. Справочник, Л., 1990. Б. Н. Максимов.

**ФТОРОПЛАСТОВЫЕ ЛАКИ**, лаки на основе растворимых сополимеров фторолефинов с др. виниловыми мономерами. Наиб. часто используют низкомоля. сополимер трихлорфторэтилена с винилиденфторидом. Р-рители - смеси сложных эфиров и(или) кетонов, разбавители - ароматич. углеводороды.

Ф. л. наносят на очищенную и обезжиренную пов-сть пневматич. распылением или окунаем. Сушат при т-рах от комнатной до 270 °С. Толщина одного слоя Ф. л. обычно 5-10 мкм. На металл и стеклопластики наносят, как правило, 3-5 слоев, на ткани и пленки - 2-3 слоя с предварит. сушкой каждого предыдущего слоя.

Св-ва фторопластовых покрытий в значит. степени определяются т-рой сушки. Для покрытий холодной сушки, к-рые образуются в результате улетучивания р-рителя, характерна низкая адгезия к защищаемым пов-стям; в таких случаях на пов-сть, напр. металла, предварительно наносят грунтовки (эпоксидную, полиакриловую, фосфатирующую, поливинилбутиральную и др.), а затем покрывают Ф. л. Покрытия горячей сушки, образующиеся в результате улетучивания р-рителя с послед. плавлением пленкообразователя, отличаются хорошей адгезией к металлич. пов-стям. Такие покрытия характеризуются низкой влагонепроницаемостью, высокими водо-, атмосферно- и морозостойкостью, устойчивостью к действию H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, водных р-ров HCl и HF, морской воды, бензина, минер. масел.

Т-ра эксплуатации покрытий из Ф. л. от -60 до 150 °С (кратковременно - до 250 °С).

Для произ-ва пигментированных эмалей и грунтовок в Ф. л. добавляют неорг. или орг. пигменты (TiO<sub>2</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, пигмент голубой фталоцианиновый и др.) и наполнители (гальк, молотая слюда, MoS<sub>2</sub> и др.); содержание сухого остатка в эмалях 15-30%, в грунтовках - до 45%.

Применяют Ф. л., а также эмали и грунтовки на их основе для защиты деталей и изделий, эксплуатируемых в любых климатич. зонах в условиях воздействия агрессивных сред, солнечной и ионизирующей радиации. С целью гидрофобизации и повышения атмосферостойкости Ф. л. часто наносят поверх покрытий на основе др. пленкообразователей, напр. полиакрилатов.

Лит.: Санников С. Г. [и др.], в сб.: Полимеризационные пластмассы, Л., 1992. См. также лит. при ст. Фторопласты. В. В. Коноваленко.

**ФТОРОПЛАСТЫ** (фторлоны), техн. назв. полимеров фторолефинов. Наиб. распространены политетрафторэтилен, политрифторхлорэтилен, поливинилиденфторид, а также сополимеры тетрафторэтилена (ТФЭ) с этиленом, винилиденфто-

Наименование (марка)	Формула	Мол. м., тыс.	Плотн., г/см <sup>3</sup>	Т. пл., °С	Т. стекл., °С	Т. разл., °С	σ <sub>раст.</sub> , МПа	ρ <sub>v</sub> , Ом·м	Т-ра эксплуатац., °С
Политетрафторэтилен (фторопласт-4, тефлон, полифлон, алыгофлон, флюон)	$\text{-(CF}_2\text{CF}_2\text{)}_n$	50–10000	2,15–2,24	270–327	127	425	13–35	10 <sup>17</sup> –10 <sup>18</sup>	От –260 до 260
Политрифторхлорэтилен (фторопласт-3, дайфлон, кель F)	$\text{-(CF}_2\text{CFCl)}_n$	50–200	2,09–2,16	210–215	50	320	27–35	10 <sup>15</sup> –10 <sup>17</sup>	От –195 до 190
Поливинилиденфторид (фторопласт-2, кайнар, КФ полимер)	$\text{-(CH}_2\text{CF}_2\text{)}_n$	50–200	1,78	150–175	От –20 до –30	400	44–55	10 <sup>10</sup> –10 <sup>13</sup>	От –45 до 150
Сополимер ТФЭ с этиленом (фторопласт-40, тефзел, исофлон ЕТФЕ, хостафлон ЕТ)	$\text{-(CF}_2\text{CF}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{)}_n$	50–100	1,7	265–275	–90	400	35–50	10 <sup>16</sup>	От –200 до 200
Сополимер ТФЭ с винилиденфторидом (фторопласт-42)	$\text{-(CF}_2\text{CF}_2\text{)}_n\text{-(CH}_2\text{CF}_2\text{)}_m$	50–100	1,9	150–160	–45	360	35	—	От –60 до 120
Сополимер ТФЭ с гексафторпропиленом (фторопласт-4МБ, тефлон FEP, хостафлон FEP)	$\text{-(CF}_2\text{CF}_2\text{)}_n\text{CF}_2\text{CF}_2\text{CF}_3$	50–200	2,16	270–290	–90	380	22–32	10 <sup>18</sup>	От –180 до 250
Сополимер ТФЭ с перфторвинилпропиловым эфиром (фторопласт-50, тефлон PFA)	$\text{-(CF}_2\text{CF}_2\text{)}_n\text{CF}_2\text{CF}_2\text{OC}_3\text{F}_7$	До 100	2,15–2,18	300–310	–90	450–480	15–32	10 <sup>18</sup>	От –200 до 260

\* n<sup>20</sup> 1,43.

ридом, гексафторпропиленом, перфторалкилвиниловыми эфирами и сополимеры хлортрифторэтилена с этиленом.

Ф. характеризуются широким диапазоном мех. св-в, хорошими диэлектрич. св-вами (табл.), высокой электрич. прочностью, низким коэф. трения; стойки к действию разл. агрессивных сред при комнатной и повышенной т-ре, атмосферо-, коррозионно- и радиационностойки, слабо газопроницаемы, негорючи или самозатухают при возгорании. Плохо раств. или не раств. во мн. орг. р-рителях, не раств. в воде. Так, политрифторхлорэтилен раств. только в мезитиле и 2,5-дихлорбензотрифториде, поливинилиденфторид – в ДМСО, ДМФА, кетонах, сополимеры ТФЭ с винилиденфторидом – в кетонах и сложных эфирах.

Получают Ф. пл. обр. радикальной полимеризацией (или сополимеризацией) мономеров в массе, суспензии или эмульсии в орг. или водной среде в присут. разл. инициаторов, реже – в газовой фазе под действием ионизирующего или УФ излучения. Выпускают Ф. в виде паст, порошков, гранул, суспензий и дисперсий в водной среде, реже – р-ров. Перерабатывают многие Ф. по обычной технологии (см. *Полимерных материалов переработка*); для политетрафторэтилена используют технологию порошковой металлургии или получения керамики.

Из Ф. изготавливают листы, пленки, волокна, трубы, шланги, изоляцию для проводов и кабелей, радио- и электротехн. детали, коррозионностойкие контейнеры, хим. реакторы, теплообменники и лаб. посуду, конструкц. детали, протезы органов человека, мембраны, металлопласты, лакокрасочные материалы; низкомол. Ф. (мол. м. до 20 тыс.) – сухие смазки, компоненты антифрикц. материалов, наполнители пластмасс и каучуков; р-ры Ф. – пропиточный материал для тканей, работающих в агрессивных средах. Объем мирового произ-ва ок. 75 тыс. т в год (1989).

Лит.: Паншин Ю. А., Малкевич С. Г., Дунаевская В. С., Фторопласты, Л., 1978; Фторопласты. Каталог, Черкассы, 1983; Пугачев А. К., Росляков О. А., Переработка фторопластов в изделия. Технология и оборудование, Л., 1987; Соединения фтора. Синтез и применение, под ред. Н. Искьяви, пер. с япон., М., 1990. В. В. Коноваленко.

**ФТОРОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**, содержат в молекуле связи С–F. В зависимости от числа атомов F в молекуле Ф. с. условно разделяют на монофторированные, полифторированные и перфторированные (все атомы H замещены на F).

Первые Ф. с. были синтезированы в 19 в., интенсивное развитие химии этих соед. приходится на 40-е гг. 19 в. Среди Ф. с. представлены аналоги почти всех типов орг. соед.

Введение атома F часто резко изменяет св-ва орг. соед. Это обусловлено природой атома фтора: его высокой электроотрицательностью, малым размером атома (ван-дер-ваальсовский радиус всего на 10% больше, чем у H), способностью электронов к разл. типам сопряжения. Связь С–F характеризуется малым межатомным расстоянием, энергия связи превышает энергию связей С–H и С–Cl. Общее св-во Ф. с. – уменьшение межатомного расстояния с увеличением числа атомов F в молекуле.

При замещении атомов H на F мол. масса орг. соед. значительно увеличивается, а т-ры кипения и плавления почти не изменяются (напр., у гексафторбензола т. кип. 80 °С). Перфторалканы (часто наз. *фторуглероды*), начиная с C<sub>5</sub>, кипят при более низкой т-ре, чем соответствующие алканы. Плотность и вязкость у них выше, а показатель преломления и диэлектрич. проницаемость ниже, чем у соответствующих углеводородов. Атомы F изменяют электронную плотность в молекуле Ф. с., что приводит к изменению кислотных св-в и даже к обращению полярности двойной связи (CH<sub>3</sub>–CH=CH<sub>2</sub> и CF<sub>3</sub>–CH=CH<sub>2</sub>). Высокая энергия связи С–F, а также плотная и объемная оболочка из атомов F, изолирующая углеродную цепь от внеш. хим. воздействий, способствуют высокой термо- и хим. стойкости Ф. с.

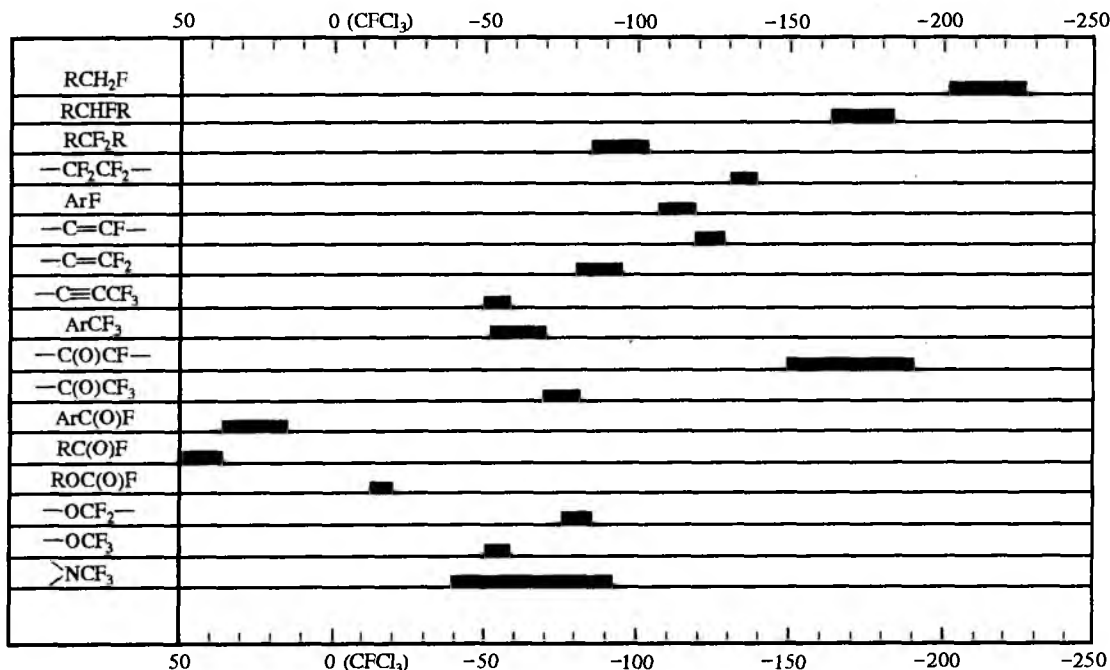
В ИК спектрах Ф. с. присутствует характеристич. полоса при 1300–1000 см<sup>–1</sup>, соответствующая валентным колебаниям связи С–F, диапазоны хим. сдвигов Ф. с. в спектрах ЯМР <sup>19</sup>F представлены на рис. В масс-спектрах перфторалкилсодержащих соед., прежде всего перфторалканов, фторир. эфиров, перфтор-1,3-дикетонов и др., наблюдается пик иона CF<sub>2</sub><sup>+</sup> с мол. м. 69. Другие ионы-гомологи, как правило, не дают интенсивных пиков.

Хим. св-ва Ф. с. определяются природой углеродного скелета и наличием атома F. Фторуглероды химически инертны и термически устойчивы. При обычной т-ре они подвергаются только действию Na в NH<sub>3</sub>, разлагаются щелочными металлами, и SiO<sub>2</sub> при 400–500 °С, термич. разложение начинается при 700–800 °С. Также инертны простые фторир. эфиры и фторир. третичные амины. Ненасыщ. фторир. системы (*фторолефины, гексафторбензол*) высокореакционноспособны, причем по характеру взаимод. с другими соед. они резко отличаются от олефинов и ароматич. соед. Они легко реаги-

руют с нуклеоф. соед. (спиртами, аминами, NH<sub>3</sub>), вступают в р-ции циклодимеризации и циклоприсоединения, что не типично для олефинов. По отношению к сильным электрофилам фторолефины ведут себя как нуклеофилы. Реагируют с в-вами, образующими своб. радикалы (напр., N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, FNO, N<sub>2</sub>F<sub>4</sub>, CF<sub>3</sub>I). Нек-рые фторолефины (напр., тетрафторэтилен) легко полимеризуются (см. Фторопласты); гексафторпропилен не образует гомополимеров, но сополимеризуется с рядом фторолефинов, перфторизобутилен не полимеризуется и не сополимеризуется.

инертны и термически стабильны. Они не образуют солей или комплексов с сильными к-тами и не подвергаются действию большинства окислителей. В перфторир. трет-аминках [напр., N(C<sub>4</sub>F<sub>9</sub>)<sub>3</sub>] хорошо раств. O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub>, что позволяет использовать их как газопереносящие среды в рецептурах «искусственной крови».

В ароматич. ядре атом F направляет заместитель в пара-положение, перфторалкильные группы – в мета-положение. При р-ции фторсодержащих ароматич. соед. с нуклеофилами сначала замещается один атом F, а затем второй – в пара-по-



Химические сдвиги в спектрах ЯМР <sup>19</sup>F.

Атом F в молекуле сильно влияет на св-ва расположенных рядом с ним функц. групп. Карбонильная группа в частично и полностью фторир. альдегидах и кетонах является электронодефицитной, поэтому эти соед. более реакционноспособны по отношению к нуклеофилам и более пассивны по отношению к электрофилам, чем их углеводородные аналоги (см., напр., Гексафторацетон). Для частично фторир. альдегидов и кетонов характерны высокие содержание енольных форм и склонность к образованию внутрикомплексных соед. (см. Полифтор-β-дикетоны).

Первичные и вторичные спирты, содержащие группу OH непосредственно у фторир. атома C, как правило, нестабильны; теряя HF, они превращаются во фторкарбонильные соед. Спирты ф-лы R<sub>F</sub>CH<sub>2</sub>OH (R<sub>F</sub> – перфторир. радикал) стабильны. Фторир. спирты обладают более сильными св-вами, чем их углеводородные аналоги. Благодаря склонности к образованию водородной связи фторир. спирты образуют прочные комплексы с акцепторами протона и служат р-рителями для полярных полимеров (см. Спирты полифторированные).

Гетероатомы (N, O, S), связанные с фторалкильной группой, теряют большую часть своей основности. Насыщенные алифатич. и циклич. перфторэфиры, за исключением перфторэпоксидов, химически и термически стабильны; перфторэпоксиды высокорекционноспособны (см. Перфторолефиновые окиси).

Присутствие атома F в карбоновых к-тах повышает их кислотность. Так, для CF<sub>3</sub>COOH pK<sub>a</sub> 0,23 (для CH<sub>3</sub>COOH pK<sub>a</sub> 4,74). Введение атома F в амины уменьшает их основность. Перфторир. трет-амины, подобно перфторир. эфирам,

ложение к первому. Пентафторбензол образует магнийорг. соед., вступающее обычным образом в р-ции Гриньяра. Из ароматич. соед., содержащих F в боковой цепи, наиб. значе-ние имеют бензотрифториды, применяемые для синтеза стойких красителей, фармацевтич. препаратов и пестицидов.

О способах введения атома F в орг. соед. см. Фторирование.

Атом F благодаря близости по размеру атому H может имитировать последний в живом организме. Вследствие этого многие частично фторир. орг. соед. обладают физиол. активностью и используются при создании новых лек. препаратов и пестицидов. Так, гексафторбензол исследован как ингаляционный анестетик в ветеринарии; фторбензол, дифторбензол, полициклич. фторароматич. соед.– полупродукты в синтезе фармацевтич. и пестицидных препаратов; 5-фторурацил используется в химиотерапии рака.

Ф. с. применяют во мн. областях пром-сти: на основе фторопластов получают промышленно важные фторолаки и фторокаучуки, из фторангидридов карбоновых и сульфокислот и олигомеров гексафторэтилена – фторированные поверхностно-активные вещества. Ф. с. используют как стойкие смазочные, антифрикционные, изолирующие, водо- и маслоотталкивающие материалы; насыщ. алифатич. Ф. с.– хлад-агенты (см. Хладоны).

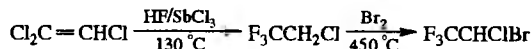
Ф. с. служат для изучения фундам. теоретич. вопросов химии: природы кратной и водородной связи, механизма р-ций, природы межмолекул. сил и др.

Лит.: Шеппарт У., Шартс К., Органическая химия фтора, пер. с англ., М., 1972.

А. В. Фокин.



**ФТОРОСИЛИКАТЫ**, соединения, содержащие анионы  $\text{SiF}_6^{2-}$  (гексафторосиликаты) или  $\text{SiF}_5^-$  (пентафторосиликаты;  $L = \text{H}_2\text{O}, \text{NH}_3, \text{RNH}_2, \text{R}_2\text{NH}$  и др.). К Ф. (табл.) относятся также соед., содержащие одновременно анионы  $\text{SiF}_6^{2-}$  и  $\text{F}^-$  (гептафторосиликаты),  $\text{SiF}_6^{2-}$  и  $\text{SiF}_5^-$  (ундекафтородисиликаты и



Ф. применяют как ср-во для ингаляционного наркоза. Он легко всасывается и быстро выводится из организма. Негорюч, невзрывоопасен, не раздражает слизистые оболочки и слабо

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ФТОРОСИЛИКАТОВ

Соединение	Синонимы	Параметры элементарной ячейки				Число формальных единиц в ячейке	Т. пл., °C	Т-ра полимерного перехода, °C	$C_p^0$ , Дж/(моль·К)	$\Delta H_{\text{обр}}^0$ , кДж/моль	$S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)
		a, нм	b, нм	c, нм	угол, град						
$\text{Na}_2\text{SiF}_6$	Гексагон.	—	—	—	—	—	846	646	—	-2913	—
$\text{K}_2\text{SiF}_6$	Кубич.	0,8184	—	—	—	4	873	—	219,0	-2946	—
$\text{K}_2\text{SiF}_6$	Тетрагон.	0,7721	—	0,5565	—	—	Разлагается	—	—	—	—
$\text{MgSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Моноклиная	0,646	0,9524	0,846	99,04	2	»	25	431	-4579	415,0
$\text{BaSiF}_6$	Гексагон.	0,7168	—	0,6995	—	3	»	—	—	-2937	—
$\text{CuSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	»	1,813	—	0,9787	—	12	»	23	—	—	—
$\text{MnSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	»	0,970	—	0,980	—	3	»	-37	455,3	—	453,2
$\text{FeSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Тригон.	0,642	—	—	96,98	1	»	-49	447,9	—	—
$\text{CoSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	»	0,627	—	—	96,02	1	»	-8,3	446,6	—	—
$\text{NiSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Гексагон.	0,8298	—	0,8523	—	3	»	—	428,1	—	415,2

гексадекафторотрисиликаты). Наиб. значение имеют гексафторосиликаты — соли кремнефтористоводородной кислоты, к-рые известны для одно- и двухзарядных ионов металлов, однозарядных ионов типа  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{N}_2\text{H}_5^+$ ,  $\text{NF}_4^+$ , а также нек-рых трехзарядных ионов. Могут содержать смешанные катионы, напр.  $\text{NaKSiF}_6$ ,  $\text{KRbSiF}_6$ . Твердая кремнефтористоводородная к-та — гексафторосиликат оксония  $(\text{H}_3\text{O})_2\text{SiF}_6$ . Гексафторосиликаты двухзарядных металлов образуют ди-, тетра- или гексагидраты.

Общее св-во безводных Ф. — способность к термич. разложению до простых фторидов при сравнительно невысоких т-рах. В р-рах Ф. подвергаются щелочному гидролизу с образованием гидратированного  $\text{SiO}_2$  или силикатов и фторидов металлов. При взаимод. с сильными конц. к-тами Ф. разлагаются с выделением  $\text{HF}$  и  $\text{SiF}_4$ . Выше 500–600 °C Ф. подвергаются пирогидролитизу. Осн. способы получения Ф. — осаждение из р-ров кремнефтористоводородной к-ты действием солей металлов или обменными р-циями в р-рах.

Гексафторосиликат натрия  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  разлагается ок. 570 °C, хорошо раств. в воде (7,62 г/л при 25 °C); в природе — редкий минерал маллордит; применяют для получения  $\text{NaF}$ ,  $\text{Na}_2\text{AlF}_6$ ,  $\text{K}_2\text{SiF}_6$ ,  $\text{NH}_4\text{F}$  и  $\text{CaF}_2$ , как компонент флюсов для сварки и пайки металлов, эмалей, р-ров для травления стекла, фторореагент, реагент для фторирования воды и концентратов  $\text{Be}$ , для получения  $\text{Si}$  электроосаждением из фторидных расплавов или алюминотермией.

Гексафторосиликат калия  $\text{K}_2\text{SiF}_6$  разлагается ок. 700 °C с образованием на промежут. стадии  $\text{K}_3\text{SiF}_7$ , плохо раств. в воде (0,12% по массе при 20 °C); в природе — редкий минерал гиератит; применяют как реагент для фторирования цирконовых концентратов и электроосаждения  $\text{Si}$  из фторидных расплавов, компонент смесей для получения синтетич. слюд, эмалей и кислотостойких замазков.

Разл. Ф. используют как консерванты древесины (Ф. натрия, К, Mg, Ba, Zn, Cu), компоненты бетона (Ф. натрия, К, Mg, Ba, Zn), р-ров для рафинирования цветных металлов (Ф. меди, Pb, Co и др.).

См. также Аммония гексафторосиликат.

Э. Г. Раков.

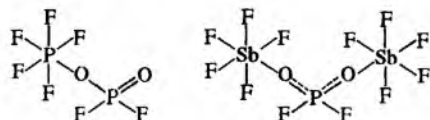
**ФТОРОТАН** (2-бром-1,1,1-трифтор-2-хлорэтан)  $\text{F}_3\text{CCHClBr}$ , мол. м. 197,39; бесцв. прозрачная подвижная легко летучая жидкость со жгучим сладковатым запахом и вкусом; т. кип. 50,2 °C, плотн. 1,872 г/см<sup>3</sup> (для фармакопейного препарата соотв. 49–51 °C и 1,865–1,870 г/см<sup>3</sup>),  $n_D^{20}$  1,3691, давление пара при 20 °C  $3,22 \cdot 10^4$  Па; плохо раств. в воде (0,345%), смешивается с орг. р-рителями и маслами. Растворяет резину, в присут. воды реагирует со мн. металлами. Для предотвращения разложения под действием света к Ф. добавляют 0,01% тимола и хранят препарат в сосудах из оранжевого стекла. Получают Ф. по схеме:

влияет на функцию почек (т. к. гидролитически устойчив: метаболиты — трифторуксусная к-та,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ). Л. Н. Койко.

**ФТОРОФОСФАТЫ**, соединения, содержащие анионы гексафторофосфорной  $\text{PF}_6^-$ , дифторофосфорной  $\text{HPO}_2\text{F}_2^-$  и монофторофосфорной  $\text{H}_2\text{PO}_2\text{F}^-$  к-т. Ф. щелочных, щел.-зем. и др. двухвалентных металлов — типичные соли. Гексафторофосфаты Li, Na и  $\text{NH}_4^+$  хорошо раств. в воде, К — умеренно, Rb и Cs — плохо. Дифторофосфаты и монофторофосфаты щелочных металлов и аммония хорошо раств. в воде, Ф. щел.-зем. и др. двухвалентных металлов — плохо. Дифторофосфаты щелочных металлов плавятся при 200–300 °C, а монофторофосфаты — при 600–800 °C.

Гексафторофосфат-ион  $\text{PF}_6^-$  в р-рах солей представляет собой правильный октаэдр. В кристаллич. солях атомы фтора в  $\text{PF}_6^-$  неэквивалентны. По данным рентгеноструктурного анализа, длины связей 2 аксиальных атомов F с атомом P неск. увеличены по сравнению со связями 4 экваториальных.

Анионы  $\text{PO}_2\text{F}_2^-$  и  $\text{PO}_2\text{F}^-$ , в отличие от  $\text{PF}_6^-$ , могут не только входить в состав солей, но и образовывать с к-тами Льюиса комплексные соед., устойчивые в орг. р-рителях. Напр., в р-циях с  $\text{PF}_3$  и  $\text{AsF}_3$  анион  $\text{PO}_2\text{F}_2^-$  выступает в роли монодентатного лиганда, а с более сильной к-той, напр.,  $\text{SbF}_5$ , — в качестве мостиковой группы:



Ф. получают взаимод.  $\text{PF}_3$  или  $\text{PCl}_5$  с фторидами металлов во фтористоводородной к-те или в орг. р-рителях, а также сплавлением  $\text{P}_2\text{O}_5$  или фосфатов с соответствующими фторидами. Практич. значение имеют монофторофосфаты как компоненты спец. стекл. и зубных паст и гексафторофосфаты как компоненты электролитов хим. источников тока.

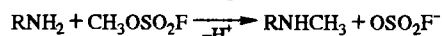
Лит.: Буслаев Ю. А., Ильин Е. Г., в кн.: Итоги науки и техники, сер. Неорганическая химия, т. 16, М., 1987.

Е. Г. Ильин.

**ФТОРСИЛОКСАНОВЫЕ КАУЧУКИ**, см. Кремнийорганические каучуки.

**ФТОРСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ ЭФИРЫ** (орг. фторсульфаты), соед. общей ф-лы  $\text{ROSO}_2\text{F}$  (R — орг. остаток). Нищие перфторир. эфиры — газы, остальные — жидкости или твердые в-ва (табл.), плохо раств. в воде, хорошо — в орг. р-рителях. Соединения, где R — вторичный алкил, неустойчивы.

Р-ции  $\text{ROSO}_2\text{F}$  с аминами, амидами, простыми эфирами и  $\text{SH}$ -кислотами в присут. оснований приводят к соответствующим алкилпроизводным, напр.:



СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЭФИРОВ  
ФТОРСУЛЬФОНИОВОЙ КИСЛОТЫ

Соединение	Мол. м.	Т. кип., °С	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
Метилфторсульфат CH <sub>3</sub> OSO <sub>2</sub> F	114,10	92–94	1,4256	1,3435
Этилфторсульфат C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OSO <sub>2</sub> F	128,12	111–113	1,2678	1,3512
Пропилфторсульфат C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OSO <sub>2</sub> F	142,15	49–50*	1,1890	1,3612
Трифторметилфторсульфат CF <sub>3</sub> OSO <sub>2</sub> F	168,07	От –4 до –3	—	—
1,1-Дифторэтилфторсульфат CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> OSO <sub>2</sub> F	164,11	77–78	1,4790	1,3129
Трифторвинилфторсульфат CF <sub>3</sub> =CFOSO <sub>2</sub> F	180,08	20,5–21	1,7000	< 1,3000

\* При 35 мм рт. ст.

При действии на енольные формы кетонов образуются продукты их О-алкилирования (арилрования).

Получают ROSO<sub>2</sub>F обработкой фторсульфоново к-той простых эфиров, диалкилсульфатов, олефинов или углеводородов, содержащих подвижные атомы водорода; взаимодей. HSO<sub>3</sub>F или HalOSO<sub>2</sub>F (Hal = F, Cl, Br) с фторолефинами или полифторалкилгалогенидами; р-циями SO<sub>3</sub> с перфторолефинами или их оксидами в присут. BF<sub>3</sub> либо SbF<sub>5</sub>.

Ф. к. э. – алкилирующие агенты, полупродукты при получении нек-рых полимерных ионообменных смол и мембран.

Ф. к. э. высокотоксичны для теплокровных при любых путях поступления в организм; вызывают поражения кожных покровов.

Лит.: Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, пер. с англ., т. 6–7, М., 1975–78; Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd E 11/2, Stuttgart, 1985. И. И. Крылов.

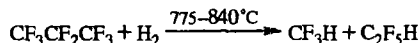
**ФТОРТЕНЗИДЫ**, то же, что фторированные поверхностно-активные вещества.

**ФТОРУГЛЕРОДЫ** (перфторуглеводороды), углеводороды, в к-рых все атомы H замещены на атомы F. В названиях Ф. часто используют приставку «перфтор» или символ «F», напр. (CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>CF – перфторизобутан, или F-изобутан. Низшие Ф. – бесцв. газы (до C<sub>5</sub>) или жидкости (табл.), не раств. в воде, раств. в углеводородах, плохо – в полярных орг. р-рителях. Ф. отличаются от соответствующих углеводородов большей плотностью и, как правило, более низкими значениями t-ры кипения,  $\mu_r$ ,  $\gamma$ ,  $\epsilon$ . Вышние и особенно полициклич. Ф. обладают аномально высокой способностью растворять газы, напр. O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ФТОРУГЛЕРОДОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	$d_4^{20}$ (°С)	$n_D^{20}$ (°С)
Перфторметан CF <sub>4</sub>	88,01	–183,6	–128,0	1,317 (–80)	1,151 (–73,3)
Перфторэтан CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub>	138,01	–100,0	–78,2	1,587 (–73)	1,206 (–73,3)
Перфторпропан CF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	188,02	–148,3	–36,8	1,350 (20)	—
Перфторбутан CF <sub>2</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	238,03	–128,0	–2,0	1,543	—
Перфторпентан CF <sub>2</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>	288,04	–125,0	29,3	1,620 (20)	1,2411 (20)
Перфторгексан CF <sub>2</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CF <sub>3</sub>	338,04	–82,3	57,2	1,680 (25)	1,2515 (22)
Перфторгептан CF <sub>2</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CF <sub>3</sub>	388,05	–78,0	82,5	1,733 (20)	1,262 (20)
Перфтороктан CF <sub>2</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CF <sub>3</sub>	438,06	–25	104,0	1,783 (20)	—

Насыщ. Ф. устойчивы к действию к-т, щелочей, окислителям; при нагр. выше 600–800 °С или в условиях радиолитического разлагаются с образованием смеси низших и высших Ф. С щелочными металлами реагируют только при нагр. выше 200 °С или при 20 °С в жидком NH<sub>3</sub>. Гидрогенолиз Ф. при 700–950 °С приводит к расщеплению связи C—C и образованию смеси низших моногидрополифторалканов, напр.:



Получают Ф. электрохим. фторированием углеводородов, фторированием углеводородов в газовой фазе в присут. CoF<sub>3</sub> либо хлорфторалканов фторидами разл. переходных металлов.

Ф. могут быть получены также пиролизом полифторалканов при 500–1000 °С или полифторолефинов при 900–1700 °С либо действием Zn на перфториодалканы в среде апротонного полярного р-рителя.

Ф. – диэлектрики, теплоносители, гидравлич. жидкости, смазочные масла, низкотемпературные хладагенты (см. Хладагенты), мономеры в произ-ве фторполимеров, эффективные газопереносящие среды, что позволяет использовать их в качестве искусств. крови.

Многие Ф. труднотгорючи, невзрывоопасны, малотоксичны. См. также Перфтордекалин, Перфторизобутилен, Перфторциклобутан, Перфторциклобутен.

Лит.: Новое в технологии соединений фтора, пер. с япон., М., 1984; Соединения фтора. Синтез и применение, под ред. Н. И. Исикавы, пер. с япон., М., 1990; Промышленные фторорганические продукты, Справочник, Л., 1990. И. И. Крылов.

**ФТОРУКСУСНАЯ КИСЛОТА** (монофторуксусная к-та) FCH<sub>2</sub>COOH, мол. м. 78,05; бесцв. кристаллы с резким запахом; т. пл. 33,0 °С, т. кип. 165,1 °С;  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  83,89 кДж/моль;  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  –715,8 кДж/моль;  $rK_a$  2,20 (вода, 25 °С); раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире и др. орг. р-рителях. Эфиры и соли Ф. к. наз. фторацетагами. Соли Ф. к. (K, Na, Ba) хорошо раств. в воде.

В природе Ф. к. (в виде К-соли) содержится в листьях южноафриканского растения Dichapetalum sputosum.

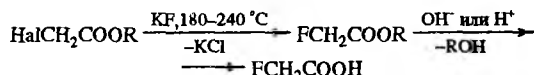
По хим. св-вам Ф. к. – типичный представитель алифатич. карбоновых кислот; образует эфиры, галогенангидриды, амиды, ангидрид и др. (табл.). Атом F в молекуле Ф. к. малоподвижен; при длительном кипячении Ф. к. и ее производных в воде отщепляется незначит. кол-во ионов F, а обработка 10%-ным р-ром NaOH приводит лишь к частичному омылению до гликолевой к-ты.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФТОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
Метилфторацетат FCH <sub>2</sub> COOCH <sub>3</sub>	92,073	–35,0	104,5	1,1744	1,3679
Этилфторацетат FCH <sub>2</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	106,10	—	119,3	1,0980	1,3750
2-Фторэтилфторацетат FCH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> F	124,092	—	79–80*	1,2862	1,3900
Фторацетилхлорид FCH <sub>2</sub> COCl	96,538	—	71,5–72	1,3530	1,3831
Ангидрид фторуксусной к-ты (FCH <sub>2</sub> CO) <sub>2</sub> O	138,076	—	88–89*	—	—
Фторацетамид FCH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub>	77,054	107,5–108	—	—	—
Фторацетонитрил FCH <sub>2</sub> CN	59,038	—	79,5–80	1,0730*	—

\* При 35 мм рт. ст. ° При 12 мм рт. ст. ° При 16 мм рт. ст.

Получают Ф. к. замещением атомов галогенов в эфирах хлор- и бромуксусных к-т на F с послед. гидролизом образующихся эфиров:



Фторацетамид, щелочные и щел.-зем. соли Ф. к. используются в качестве родентицидов (см. Зооциды).

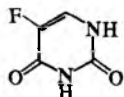
Ф. к. – биологически активное соед., действие к-рого связано с блокированием цикла трикарбоновых к-т; в виде фторацетил-КоА (КоА – кофермент А) включается в процесс синтеза монофторлимонной к-ты (вместо лимонной), что приводит к ингибированию аконитазы – фермента, обеспечивающего следующий процесс цикла – превращение лимонной к-ты в изолимонную.

Ф. к. и ее производные высокотоксичны, применение их в качестве ролентицидов в жилых и общественных помещениях запрещено; ЛД<sub>50</sub> от 0,22 до 4 мг/кг (мышь), смертельная доза Na-соли Ф. к. при попадании в организм человека до 50 мг.

Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 10, N. Y., 1980, p. 829-962.

И. И. Крылов.

**ФТОРУРАЦИЛ** (2,4-диоксо-5-фторпиримидин, 5-фторурацил), мол. м. 130,08; бесцв. кристаллы; т. пл. 282–284 °С (с разл.); плохо раств. в воде и этаноле, хорошо – в 0,1 н. р-ре щелочи и горячей воде. Получают в неск. стадий из этилфтороацетата; прямым фторированием (с помощью F<sub>2</sub> или CF<sub>3</sub>OF) урацила.

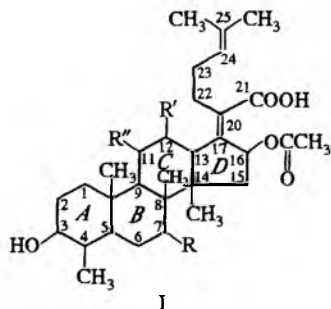


Ф. относится к противоопухолевым препаратам – антиметаболитам пиримидинового обмена. В организме метаболизирует с образованием ингибитора тимидилатсинтетазы – 5-фтор-2-деоксиуридин-5-монофосфата, подавляющего метилирование уридилловой к-ты (до тимидиловой к-ты), что нарушает синтез нуклеиновых к-т. Препарат угнетает дыхание и процесс гликолиза опухолевых клеток, снижает активность деполимераз нуклеиновых к-т. Дезоксирибонуклеотид, содержащий в качестве основания Ф., включается в РНК, вызывая в ней необратимые нарушения, повреждает структуры мембран.

Лит.: Проценко Л. Д., Булкина З. П., Химия и фармакология спитических противоопухолевых препаратов, К., 1985, с. 179. А. С. Соколова.

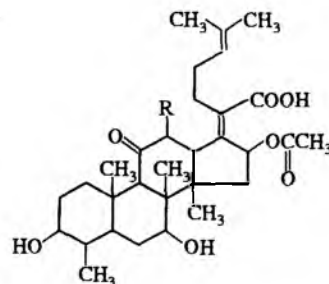
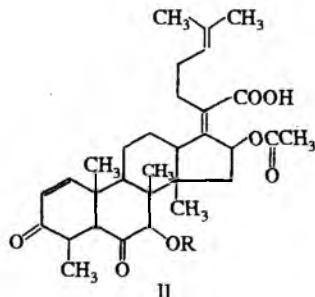
**ФУГИТИВНОСТЬ**, то же, что летучесть.

**ФУЗИДИЕВАЯ КИСЛОТА** (ф-ла I; R = R' = H, R'' = OH), мол. м. 516,72; бесцв. кристаллы; плохо раств. в воде, лучше в этаноле; рK<sub>a</sub> 7,25 и 5,8 соотв. в 80%-ном этаноле и воде. В УФ спектре Ф. к. имеет максимум поглощения при 220 нм (ε<sub>220</sub> 8 · 10<sup>3</sup>, этанол); в ИК спектрах полосы поглощения при 3420, 3510, 1697, 1725, 1260 см<sup>-1</sup>.



Ф. к. – антибиотик, выделяемый из культуральной жидкости гриба *Fusidium coccineum*. В пром-сти Ф. к. экстрагируют из фильтрата культуральной жидкости орг. р-рителем, рекстрагируют водным щелочным р-ром и кристаллизуют из концентрат. рекстракта.

Ф. к. близка по строению к стероидам. 4 кольца циклич. системы Ф. к. находятся в *транс-син-транс-анти*-положении, что придает кольцу B конформацию «ванны», в то время как кольца A и C имеют конформацию «кресла». Наиб. близки по строению к Ф. к. такие антибиотики, как гельволевая [II; R = C(O)CH<sub>3</sub>] и гельволиновая (II; R = H) к-ты, а



III

также виридоминовые к-ты A (III; R = H), B (III; R = OH) и C (I; R = OH, R' = R'' = H).

В мед. практике применяют Ф. к. и ее натриевую (фузидин-натрий, фузидат натрия, фузидин, рамицин) и диэтанол-аммониевую соли, к-рые представляют собой бесцв. кристаллы, хорошо растворимые в воде и этаноле.

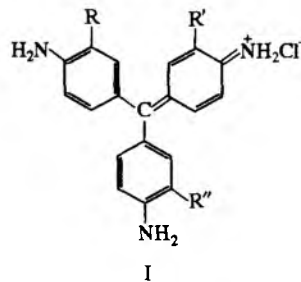
Ф. к. активна гл. обр. в отношении грамположит. микроорганизмов (стафилококки, менингококки, гонококки). Она подавляет гидролиз гуанозинтрифосфата, препятствуя диссоциации образующегося при этом комплекса, включающего рибосомы, G-фактор и гуанозиндифосфат. Ф. к. может оказывать противовирусное действие. Важная особенность Ф. к. и ее солей – способность проникать в костную ткань, что позволяет лечить воспалит. процессы в областях организма, малодоступных для др. лек. ср-в.

Ф. к. используют при заболеваниях, вызываемых микроорганизмами, устойчивыми к др. антибиотикам. Она малотоксична, практически не оказывает побочного действия.

Лит.: Навашин С. М., Фомина И. П., Рациональная антибиотикотерапия, 4 изд., М., 1982; Godfredsen W. O., Fusidic acid and some related antibiotics, Cph., 1967; Bodley J. W., Godfredsen W. O., «Biochem. Biophys. Res. Comm.», 1972, v. 46, № 2, p. 871-77. Г. С. Сучкова.

**ФУКОЗА**, см. Дезоксисахара.

**ФУКСИНЫ** (назв. по окраске цветов растения *Fuchsia*), ярко-красные триарилметановые красители общей ф-лы I (R, R', R'' = H или CH<sub>3</sub>). Кристаллы, раств. в воде. Окраски Ф. отличаются яркостью, но невысокой устойчивостью, особенно к действию света.



I

Наиб. известны собственно фуксин и фуксин новый. Собственно Ф. представляет собой смесь незамещенного I (парарозанилин) и его моно- (I; R = CH<sub>3</sub>, R' = R'' = H, розанилин) и диметилзамещенных (I; R = R' = CH<sub>3</sub>, R'' = H); получают его совместным окислением анилина, *o*- и *p*-толуидинов нитробензолом (или нитротолуолом) в присут. FeCl<sub>3</sub> при 100–175 °С в течение ~ 20 ч.

Ф. новый (I; R = R' = R'' = CH<sub>3</sub>) получают конденсацией *o*-толуидина с CH<sub>2</sub>O с послед. окислением образующегося продукта нитробензолом и FeCl<sub>3</sub> в присут. *o*-толуидина до соответствующего бензидрола и дальнейшей конденсацией с *o*-толуидином в краситель.

При сульфировании парарозанилина и фуксина олеумом образуются ди- и трисульфокислоты (по одной сульфогруппе в каждом бензольном кольце).

Осн. область применения Ф. – окрашивание нетекстильных материалов (бумаги, кожи, дерева и др.), приготовление

чернил, цветных карандашей, лаков для полиграфии. Водный р-р фуксинсернистой к-ты (см. *Шиффа реактив*) – аналит. реагент на альдегидную группу.

Лит. см. при ст. *Арилметановые красители*.

В. Н. Лисицин.

**ФУЛЛЕРЕНЫ**, одна из форм существования в природе углерода (кроме известных графита, алмаза, карбина, лондейлита; см. *Углерод*). Обнаружены в 80-х гг. 20 в. Ф. обычно представляют собой шарообразные молекулы C<sub>60</sub> или молекулы C<sub>70</sub>, по форме близкие к дынеобразному мячу для регби. Пов-сть молекул Ф. состоит из 5- и 6-угольников, образованных атомами С (в молекуле C<sub>60</sub> двадцать 6-угольников, в молекуле C<sub>70</sub> – тридцать), внутри молекулы полые. Известны Ф., молекулы к-рых имеют более сложную форму (напр., полых трубок, – тубулены) и состоят из неск. сотен атомов С. Назв. Ф. дано по имени амер. архитектора и инженера Ричарда Бакминстера Фуллера, к-рый разработал конструкцию куполообразной крыши, составленной из 5- и 6-угольников, наподобие футбольного мяча («геодезич. купол»); иногда Ф. наз. также бакминстерфуллеренами или просто баки-болами.

Диаметр молекулы C<sub>60</sub> близок к 1 нм. Энергия связи атомов С велика и составляет 6,99 эВ/атом. При растворении C<sub>60</sub> в бензоле образуется малиновый р-р, после испарения к-рого в вакууме получают желтые кристаллы C<sub>60</sub>. Кристаллич. решетка C<sub>60</sub> гранецентрир. кубическая. По пластичности кристаллы C<sub>60</sub> близки к графиту.

В Ф. все связи между атомами С насыщены за счет их взаимод. друг с другом, поэтому Ф. – единственная стабильная «чистая» форма углерода, т. к. в алмазе, графите и др. формах атомы С, расположенные на пов-сти тела, насыщают свои связи, направленные наружу из объема, за счет взаимод. с атомами Н, О и др.

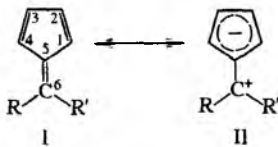
В первых опытах Ф. получали испарением графита в атмосфере Не под действием мощного импульсного лазера. Позднее было установлено, что Ф. образуются при пропускании тока чистого Не между двумя графитовыми электродами при возбуждении электрич. дуги. Возможно, C<sub>60</sub> присутствует в коптящем пламени (напр., пламени свечи), в продуктах сжигания ацетилена.

При взаимод. C<sub>60</sub> с щелочными металлами получены фуллериды типа K<sub>3</sub>C<sub>60</sub>, к-рый при 18 К переходит в сверхпроводящее состояние. Т-ра перехода в сверхпроводящее состояние фуллеридов тяжелых щелочных металлов – Rb и Cs – может достигать 43 К. Получены также продукты присоединения к Ф. галогенов, фосфора, NO<sub>2</sub> и др. При гидрировании Ф. C<sub>60</sub> последовательно образуются C<sub>60</sub>H<sub>36</sub> и C<sub>60</sub>H<sub>60</sub> – т. наз. фаззибол.

Лит.: Керл Р. Ф., Смоллн Р. Э., «В мире науки», 1991, № 12, с. 14–24; Соколов В. И., Станкевич И. В., «Успехи химии», 1993, в. 5, с. 455–70.

С. С. Бердоносоев.

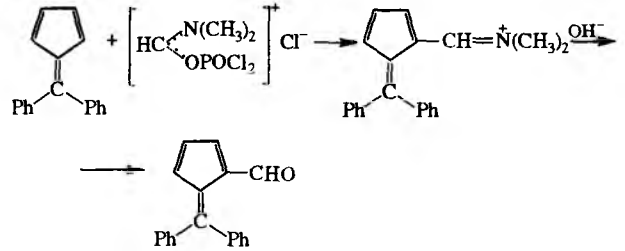
**ФУЛЬВЕНЫ**, непредельные углеводороды, содержащие циклопентадиенильную группировку с экзоциклич. двойной связью. Могут быть представлены двумя резонансными структурами:



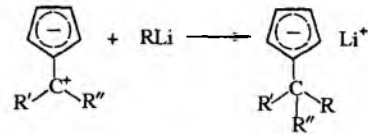
О вкладе структуры II свидетельствует наличие у Ф. дипольного момента (для диалкил- и диарил-Ф.  $\mu = 4,7 \cdot 10^{-30}$  Кл·м); вклад этой структуры возрастает при наличии у атома С-6 электронодонорных заместителей.

Ф. – жидкие или твердые в-ва, глубоко окрашенные в цвета от желтого до пурпурного. Термически неустойчивы. По хим. св-вам близки к полиенам; они склонны к автоокислению, вступают в р-цию Дильса–Альдера (как диены и как диенофилы), присоединяют галогены, с O<sub>2</sub> образуют пероксиды, легко полимеризуются.

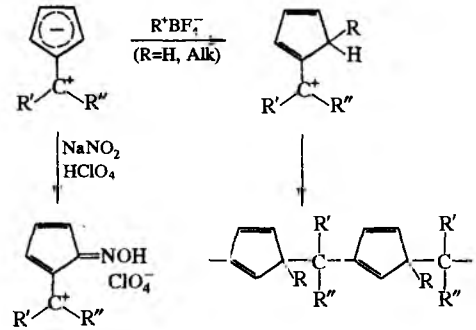
Ф. способны к электроф. замещению, напр. 6,6-дифенил-Ф. формилируется в циклопентадиеновый цикл комплексом Вильсмейера (хлороксид фосфора в ДМФА):



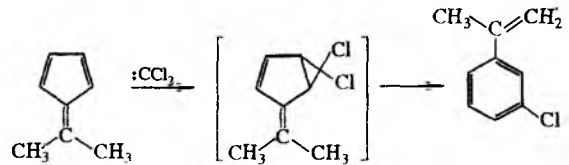
Нуклеоф. атака на Ф. идет по экзоциклич. атому углерода (напр., присоединение литийорг. соед., гидридов металлов и др.):



Ф. протонируются, алкилируются, нитрозируются; образующиеся фульвениевые соли устойчивы лишь при –80 °С и легко полимеризуются:

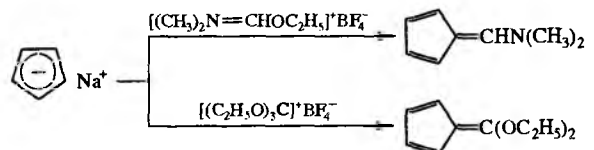


С дихлоркарбеном Ф. образуют 1,2-аддукты, к-рые перегруппировываются в производные бензола:

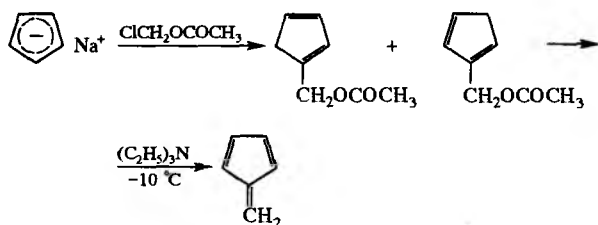


При действии на Ф. LiAlH<sub>4</sub> восстанавливается экзоциклич. двойная связь. 6-Метилзамещенные Ф. вступают с альдегидами в конденсацию, подобную альдольной.

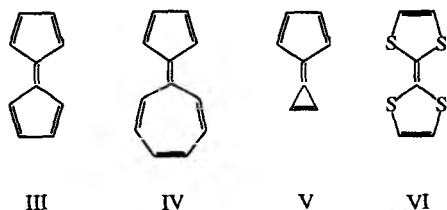
Получают Ф. конденсацией циклопентадиена с альдегидами и кетонами в присут. оснований. Для синтеза Ф., замещенных у атома С-6 на группу, содержащую гетероатом, используют иминиевые или карбоксониевые соли, напр.:



Незамещенный Ф. образуется с хорошим выходом при взаимодействии хлор- или бромметилацетата с циклопентадиенил-натрием с послед. отщеплением уксусной к-ты:



Близки к Ф. бициклич. сопряженные системы, циклы к-рых соединены экзотрициклич. двойной связью: фульвалены (III), сесквифульвалены (IV) и колицины (V); III и IV синтезированы в виде их производных.

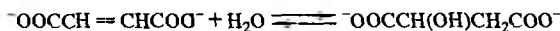


Известны также тетрагидро- и тетраселенафульвалены, напр. ф-лы VI, используемые как компоненты ион-радикальных солей (см. *Металлы органические*).

Лит.: Керн Ф., Сандберг Р., Углубленный курс органической химии, пер. с англ., кн. 1, М., 1981, с. 340-43; Lloyd D., в кн.: *Studies in organic chemistry*, v. 16, Amst., 1984, p. 46-66.

Н. Н. Магдесиева.

**ФУМАРАТ-ГИДРАТАЗА** (фумараза, L-малат-гидро-лиаза), фермент класса лиаз, катализирующий обратимое присоединение воды к дианиону фумаровой к-ты с образованием малата – дианиона яблочной к-ты:



Ф.-г. получен в кристаллич. виде из сердца свиньи. Молекула ее состоит из 4 одинаковых субъединиц мол. м. 48,5 тыс., каждая из к-рых в отдельности каталитич. активностью не обладает. Оптим. каталитич. активность при pH 7,0-9,0 не требует кофакторов и сильно зависит от природы и концентрации присутствующих анионов. Ф.-г. необратимо инактивируется модификаторами цистеиновых остатков, специфич. конкурентный ингибитор – пиромеллитовая к-та. Определены первичные структуры Ф.-г. человека, крысы, дрожжей и бактерий *V. subtilis*, гомологичные Ф.-г. свиньи. Дрожжи и млекопитающие содержат два структурно близких изофермента (митохондриальный и цитоплазматич.).

Протекание р-ции слева направо в тканях млекопитающих и др. аэробных организмах – необходимый этап *трикарбоновых кислот цикла*. У анаэробных организмов обратная р-ция служит источником фумарата – конечного акцептора электронов в окислит.-восстановит. р-циях.

В кишечной палочке (*E. coli*) найдено 3 гена, кодирующих Ф.-г., типа А, В и С. Ф.-г. С гомологична ферменту млекопитающих, Ф.-г. А – гомодимер с мол. м. 120 тыс., содержит железо-серный кластер  $\text{Fe}_4\text{S}_4$ , участвующий в катализе, Ф.-г. А быстро инактивируется кислородом и др. окислителями.

Лит.: Hill R.L., Teipel J.W., в кн.: *The enzymes*, 3 ed., v. 5, N.Y., 1971, p. 539-71; Flint D.H., Emptage M.H., Guest J.R., «*Biochemistry*», v. 31, 1992, p. 10331-337.

А. Д. Виноградов.

**ФУМАРОВАЯ КИСЛОТА**, см. *Малеиновая и фумаровая кислоты*.

**ФУМИГАНТЫ** (от лат. fumigo – дымлю), пестициды, применяемые в газо- или парообразном состоянии (или выделяющие газообразное действующее в-во во время применения). Используют для уничтожения насекомых, грызунов и др. вре-

дителей в продовольств. запасах, складских помещениях, транспортн. ср-вах, теплицах, а также для обработки семян, растений (под укрытием) и почвы.

Выбор Ф., его концентрация, продолжительность действия и способ фумигации (обработка ядовитыми газами, парами, аэрозолями) зависят от его активности, способности адсорбироваться и безвредности для обрабатываемых объектов.

Практич. применение находят: для фумигации зерна –  $\text{PH}_3$ , выделяющийся из фосфида Al при гидролизе последнего влагой воздуха (норма расхода 2-3 г/т, экспозиция 48-72 ч), метилбромид  $\text{CH}_3\text{Br}$  (20-100 г/м<sup>3</sup>), хлорпикрин  $\text{CCl}_3\text{NO}_2$  (20-120 г/т, 2-4 сут), метилхлорид  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{Cl}$  (50-100 г/м<sup>3</sup>), дихлорэтан  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$  (200-400 г/м<sup>3</sup>); для незагруженных складов, трюмов и т.п. –  $\text{SO}_2$ , HCN,  $\text{CH}_3\text{Br}$  (или его смесь с  $\text{CO}_2$  либо хлорпикрином), этиленоксид; для обработки продуктов питания (особенно в вакуумир. камерах) – этилен- и пропиленоксиды,  $\text{CH}_3\text{Br}$ . Для обработки цитрусовых деревьев и чайных кустов (под укрытием) иногда используют HCN, для обработки мхов – метилформиат. Для обеззараживания почвы (обычно с помощью машин – фумигаторов) применяют хлорпикрин,  $\text{CH}_3\text{Br}$ , дихлорпропен  $\text{ClCH}_2\text{CH}=\text{CHCl}$ , сероуглерод, 1,2-дибромэтан, в-ва, выделяющие метилизоцианат  $\text{CH}_3\text{NCS}$  (напр.,  $\text{CH}_3\text{NHCSSNa}$ ; см. *Нематоциды*).

Ф. служат нек-рые инсектициды, напр. гексахлорциклогексан, ДДВФ (см. *Инсектициды*); *пиретрины*, а также азобензол, 1,4-дихлорбензол, нафталин. Их обычно используют методом регулируемого нагревания; применяют также дымовые шашки с *гексахлорциклогексаном*, противомоскитные тлеющие спиральи с пиретринами (при этом наряду с парами образуются аэрозольные частицы).

Для снижения огне- и взрывоопасности к нек-рым Ф. иногда добавляют негорючие в-ва, напр.  $\text{CS}_2$  смешивают с  $\text{CCl}_4$ , этиленоксид – с  $\text{CO}_2$ , в таблетки с фосфидом Al или фосфидом Mg вводят  $\text{NH}_2\text{COONH}_4$ , при гидролизе к-рого выделяются  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ .

Все Ф., как правило, высокотоксичны и особенно опасны в условиях применения. В связи с возросшими требованиями к безопасности использование ряда Ф. (напр.,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{CCl}_4$ , акрилонитрила, цианидов Na и Ca, дибромэтана) в большинстве стран ограничено или запрещено.

Лит.: Mallis A., *Handbook of pest control*, 6 ed., Cleveland, 1982, p. 947; Bond E.J., *Manual of fumigation for insect control*, Rome, 1984.

Г. С. Швиндлерман.

**ФУНГИЦИДЫ** (от лат. fungi – грибы и caedo – убиваю), в-ва, уничтожающие вредоносные грибы. Главная область применения Ф.- защита с.-х. культур от болезней. Используют Ф. в соответствующей форме (см. *Пестицидные препараты*) путем опрыскивания или опыления растений, обработки почвы либо как *протравители семян*; применяют также в технике как *антисептические средства* для защиты нематаллич. материалов от биоразрушения и в медицине как *противогрибковые средства*. Каждый Ф. обладает определенным спектром действия против разных видов грибов (а иногда также бактерий) и не является универсальным.

Ф., используемые в растениеводстве, подразделяют на защитные (или контактные) и системные. Первые применяют в целях профилактики, они действуют лишь на поверхности растений или семян, убивая споры фитопатогенных грибов либо предотвращая их развитие. Системные Ф. проникают внутрь растения, способны передвигаться по его сосудистой системе, что позволяет не только предотвращать болезни, но и искоренять инфекцию, глубоко проникшую в растительную ткань. Однако применение системных Ф. часто приводит к появлению резистентности (устойчивости), для преодоления к-рой чередуют препараты с разл. механизмом действия либо используют смеси препаратов.

Из неорг. Ф. издавна применяют серу и ее соед. В тонкодисперсном виде, иногда с добавками ПАВ, серу используют для борьбы с мучнистой росой и др. грибами на многих с.-х. культурах. Применяют также полисульфиды кальция (т. наз. известково-серный отвар; ИСО) и бария, из

к-рых сера выделяется постепенно при окислении на воздухе. В качестве Ф. для фунгициции теплиц и складских помещений используют  $SO_2$  (80–160 г/м<sup>3</sup>).

Фунгицидной активностью обладают соли металлов, гл. обр. Ag, Hg, Cu, Cd. Однако на практике применяют лишь соли меди. Легкорастворимые соли  $Cu^{2+}$  из-за токсичности для растений используют ограниченно; чаще используют малорастворимые соли и препараты, напр. бордоскую жидкость [готовят смешением  $CuSO_4$ ,  $Ca(OH)_2$  и воды непосредственно перед применением], геммоксид меди  $Cu_2O$ , ее хлороксид  $[3Cu(OH)_2 \cdot CuCl_2 \cdot xH_2O, \text{ где } x = 0-3]$ , 8-гидроксихинолят и нафтенат меди и др. Бордоскую жидкость и хлороксид меди используют для борьбы с болезнями овощных, плодовых и техн. культур; нафтенат меди – также для защиты неметаллич. материалов, геммоксид – как основу необрастающих красок. Высокоактивны соли Hg, но из-за токсичности широкого применения они не нашли.

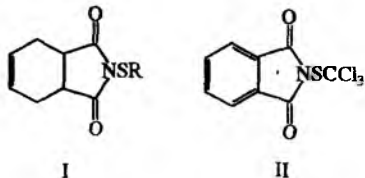
Фунгицидная и фунгистатич. активность (фунгистатики задерживают рост грибов, но не уничтожают их) обнаружена у фитоалексинов, образующихся в растениях в качестве защитной р-ции, в ответ на заражение их фитопатогенными грибами (см. Фитогормоны). Практич. применения фитоалексины не нашли.

Для защиты риса от пирикулярриоза используют нек-рые антибиотики: циклогексимид (несмотря на высокую токсичность), стрептомицин, гризеофульвин, бластицидин S (доза 10–20 г/га), полиоксин Д и касугамицин.

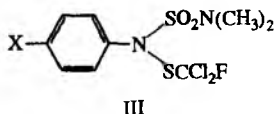
Защитными св-вами обладают соли и разл. производные дитиокарбаминных к-т, в частности тетраметилтиурамдисульфид (тирам, ТМТД)  $[(CH_3)_2NC(S)S]_2$ , используемый в многочисленных смесях для протравливания семян, иногда и для обработки почвы или растений; он известен также как ускоритель вулканизации каучука. Долгое время применялись дитиокарбаматы ф-лы  $[(CH_3)_2NC(S)S]_xM$  (M – металл, напр. Fe, Zn; x – степень окисления металла), но из-за канцерогенности их использование прекращено.

Из этилен-бис-дитиокарбаматов наиб. широко применяют цинк  $[SC(S)NHCH_2CH_2NC(S)S]_2 \cdot Zn^{2+}$  и манкоцеб – смешанную Zn, Mn-соль [подобная соль Mn (манеб) в России запрещена из-за канцерогенности]. На картофеле и др. культурах используют полимерный этилен-бис-дитиокарбамат Zn (поликарбадин)  $[(SC(S)NHCH_2CH_2NHC(S)S)_4Zn_3]_x$ .

В качестве защитных Ф. применяют нек-рые производные тиофана (ф-ла I; R =  $CCl_3$ ), каптафол (I; R =  $CCl_2CHCl_2$ ) и фоллет (II). Эти Ф. эффективны против парши яблонь и груш, серой гнили земляники, фитофтороза картофеля и др. Несмотря на весьма малую острую токсичность (5000–10000 мг/кг), их применение ограничено из-за тератогенности и канцерогенности.



К этой же группе близки замещ. анилины – дихлофлуанид (III; X = H) и толлилфлуанид (III; X =  $CH_3$ ), особенно активные против серой гнили плодовых растений.

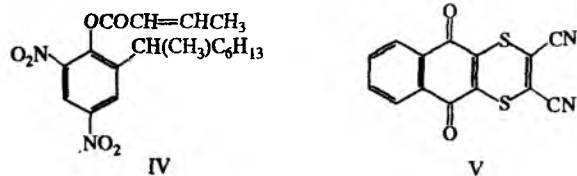


Защитным действием обладают многие хлорпроизводные ароматич. углеводородов. Известные Ф. пентахлорнитробензол (квинтоцен, ПХНБ) и гексахлорбен-

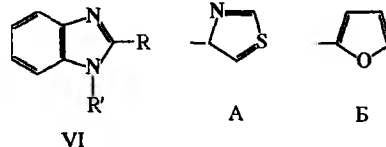
зол по экологич. соображениям в России не применяются. За рубежом используют 2,4,5,6-тетрахлоризофталонитрил (хлорталонил), несмотря на высокие дозы (6–9 кг/га для рассадных растений и до 130 кг/га при внесении в почву), а также 2,6-дихлор-4-нитроанилин (ДХНА, дихлоран) для борьбы с грибами родов Botrytis, Sclerotinia, Monilia и др.

Высокую фунгицидную и бактерицидную активность проявляют производные фенолов, но из-за фитотоксичности они непригодны для защиты растений и используются гл. обр. как антисептики. В с. х-ве против мучнистой росы на овощных культурах и винограде применяют 2,5-диметокси-1,4-дихлорбензол (хлоронерб) и динокап (IV), последний обладает акарицидным действием.

В качестве протравителя семян нек-рое время использовался тетрахлорбензохинон (хлоранил), но более эффективным Ф. для этой цели и для обработки растений оказался 2,3-дихлорнафтохинон (дихлон); для последнего характерны св-ва альгицида. Получаемый из дихлона дитианон (V) применяется для борьбы с болезнями плодовых деревьев.

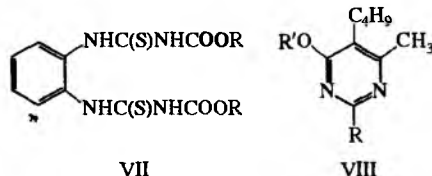


Одна из первых групп системных Ф. широкого спектра действия, выпускаемых в больших масштабах, – замещенные бензимидазолы ф-лы VI.



Главные из них – беномил (VI; R =  $NHCOOCH_3$ , R' =  $CONHC_4H_9$ ), тиабендазол (VI; R = A, R' = H), фуберидазол (VI; R = B, R' = H), а также карбендазим (VI; R =  $NHCOOCH_3$ , R' = H). Эти Ф. используются для опрыскивания растений, протравливания семян, иногда и для внесения в почву, а тиабендазол – также для обработки картофеля и свеклы при хранении (6–27 кг/т). К бензимидазолам близки по характеру действия тиофанат (VII; R =  $C_2H_5$ ) и тиофанат-метил (VII; R =  $CH_3$ ); последний в организме превращается в карбендазим.

Специфич. активностью против возбудителей мучнистой росы обладают пиримидины – Ф. системного действия (корнями поглощаются лучше, чем листьями). Среди них – диметиримол [VIII; R =  $N(CH_3)_2$ , R' = H], этиримол (VIII; R =  $NHC_2H_5$ , R' = H) и бупиримат [VIII; R =  $NHC_2H_5$ , R' =  $SO_2N(CH_3)_2$ ].

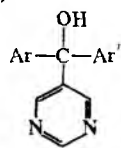


Не менее активны, но имеют более широкий спектр действия диарилпиримидилметанола – триаримол (IX; Ar =  $2,4-Cl_2C_6H_3$ , Ar' = Ph); фенаримол (IX; Ar =  $2-ClC_6H_4$ , Ar' =  $4-ClC_6H_4$ ); нуаримол (IX; Ar =  $2-ClC_6H_4$ , Ar' =  $4-FC_6H_4$ ).

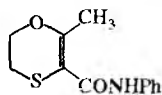
Очень высокой активностью против грибов из класса базидиомицетов (к этому классу принадлежат возбудители ржавчины и головни зерновых), а также против почвенных грибов Rhizostonia solani обладают замещенные оксатиины – карбоксин (X) и оксикарбоксин (XI), используемые в осн.



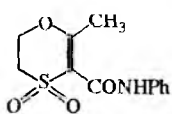
как протравители семян (уничтожают инфекцию, проникающую внутрь).



IX



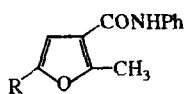
X



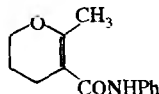
XI

Аналогичные св-ва проявляют др. соед., содержащие струк-

турный фрагмент  $CH_3C=CCONHPh$  («кротонанилиды»), в частности фенфурам (XII;  $R=H$ ), бенодил (XII;  $R=CH_3$ ) и пиракарболид (XIII).



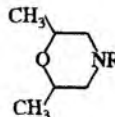
XII



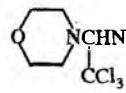
XIII

Фунгицидной активностью обладает ряд *o*-замещенных бензанилидов, напр. 2-метилбензанилид, 2-идбензанилид и салициланилид (используемый преим. как антисептик).

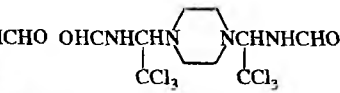
Против мучнисторосяных грибов рода *Erysiphe* весьма эффективны производные морфолина – тридеморф (XIV;  $R=C_{13}H_{27}$ ) и додеморф (XIV;  $R=$ цикло- $C_{12}H_{23}$ ), применяемые для обработки ячменя и овса. Структурно близкий Ф. триморфамид (XV) обладает защитным действием со слабыми системными св-вами. Близок к ним по активности системный Ф. трифорин (XVI), используемый гл. обр. на овощных и плодовых культурах (0,2–0,4 кг/га).



XIV

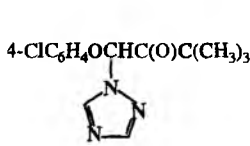


XV

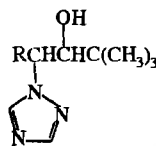


XVI

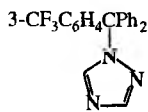
К системным Ф. относятся производные триазола. Наиб. распространение получил триадимефон (XVII) – Ф. широкого спектра действия, используемый против ржавчины пшеницы, мучнистой росы огурцов, томатов, пшеницы, дыни, серой гнили винограда и др. (0,06–0,25 кг/га). Для протравливания семян против пыльной и твердой головни, ржавчины, септориоза и др. применяется триадименол (XVIII;  $R=4-ClC_6H_4O$ ) (200–300 г/т). Широким спектром фунгицидной активности обладают: дихлобутразол (XVIII;  $R=2,4-Cl_2C_6H_3CH_2$ ); флутримазол (XIX); флутриафен (XX); этаконазол (XXI,  $R=C_2H_5$ ); пропиконазол (XXI,  $R=C_3H_7$ ). Против ржавчины пшеницы как профилактич. Ф. используют также 4-бутил-1,2,4(4H)-триазол (бутразол).



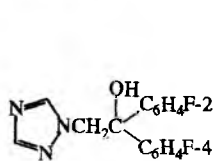
XVII



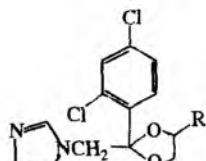
XVIII



XIX

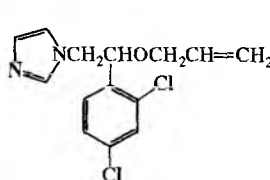


XX

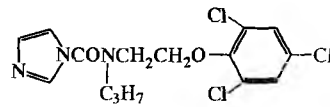


XXI

Близки к триазолам по характеру действия производные имидазола; важнейшие из них – имазалил (XXII) и пролораз (XXIII).

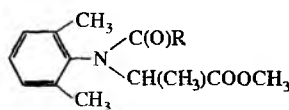


XXII

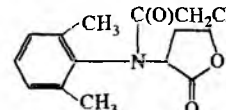


XXIII

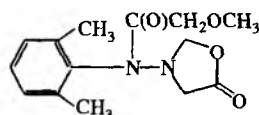
Против болезней, вызываемых низшими грибами класса оомицетов (фитофтороз, пероноспороз), применяют производные аланина общей ф-лы XXIV, в т.ч. мегалаксил ( $R=CH_2OCH_3$ ), фуралаксил ( $R=2$ -фурил) и беналаксил ( $R=CH_2C_6H_5$ ), к-рые используются для обработки картофеля, томатов, табака, хмеля, лука (0,12–0,3 кг/га). К производным аланина близки по характеру действия милфурам (XXV) и оксадиксил (XXVI), особенно активный против пероноспоровых грибов.



XXIV

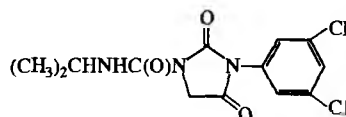


XXV

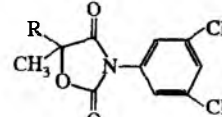


XXVI

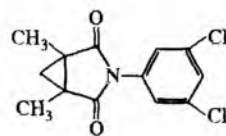
К группе системных Ф. относят производные 3,5-дихлоранилина, у к-рых радикал 3,5- $Cl_2C_6H_3$  связан с атомом N, входящим в гетероцикл. В число таких Ф. входят ипродион (XXVII), винклозолин (XXVIII;  $R=CH_2=CH$ ), дихлозолин (XXVIII;  $R=CH_3$ ) и процимидон (XXIX). Эти Ф. при норме расхода 0,5–1 кг/га особенно активны против грибов *Monilia*, *Sclerotinia* и *Botrytis*, поражающих очень мн. виды растений.



XXVII



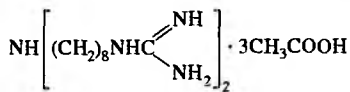
XXVIII



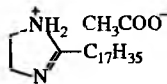
XXIX

Фунгицидным действием обладают нек-рые амины, амидины, гуанидины. Для обработки при хранении картофеля и цитрусовых используют втор-бутиламин [ $CH_3CH(NH_2)CH_2CH_3$ ], для борьбы с паршой яблони и груши – додецилгуанидинацетат (додин)  $C_{12}H_{25}NHC(=NH)N H_3^+ CH_3COO^-$ ; в качестве протравителя семян пшеницы и риса против головни, пирикулярноза и корневых гни-

лей – гуазатин (XXX) (одновременно является антифидантом), профилактич. действием обладает глиодин (XXXI).



XXX

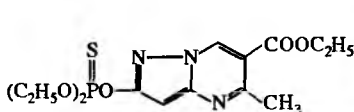


XXXI

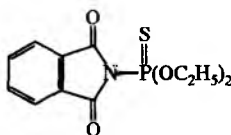
Фунгициды широкого спектра действия – металло-органические соед. Для протравливания семян, несмотря на высокую токсичность, применяют ртутьорг. соед. ф-лы  $RHgX$  ( $R$  = алкил, арил,  $X$  =  $Cl$ ,  $OCOCH_3$  и др.), напр.  $C_2H_5HgCl$ ,  $C_6H_5HgOCOCH_3$ ,  $CH_3HgNHC(=NH)NHCN$  (обычная доза 20–50 г/т).

Более безопасны для людей и окружающей среды оловоорг. соед. ф-лы  $R_3SnX$  ( $R$  = алкил, арил;  $X$  = разл. группы). Триалкильные производные, напр.  $(C_4H_9)_3SnF$ ,  $(C_4H_9)_3SnOCOCH_3$ , бис-(трибутилолово)оксид  $[(C_4H_9)_3SnOSn(C_4H_9)_3]$ , фитотоксичны и используются преим. как антисептики и компоненты необрастающих красок. Для защиты растений применяют гл. обр. производные трифенилолова, особенно  $(C_6H_5)_3SnOCOCH_3$  (0,4–0,6 кг/га), эффективный против фитофтороза картофеля и церкоспороза свеклы; обладает также св-вами антифиданта. Аналогичное использование находят  $(C_4H_9)_3SnOH$  и  $(C_6H_5)_3SnCl$ . Обнаружены соед. с фунгицидной активностью среди орг. производных  $As$  и  $Pb$ , но практич. применения они не нашли.

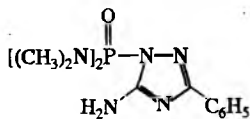
В качестве системных Ф. используют нек-рые эфиры и амиды фосфорных и тиофосфорных к-т. Среди них китазин II  $C_6H_5CH_2SP(O)[OCH(CH_3)_2]_2$  (доза 0,5–1 кг/га), О-этил-S,S-дифенилдитиофосфат (эдифенфос, хиносан)  $(C_6H_5S)_2P(O)OC_2H_5$  и О-бутил-S-этил-S-бензилдитиофосфат (хонен)  $(C_2H_5S)(C_6H_5CH_2S)P(O)OC_2H_5$  – Ф. против пирикулярноза риса; первый обладает также инсектицидным действием. Против мучнистой росы и ржавчины растений используют пирозофос (ф-ла XXXII), диталимфос (XXXIII) и вепсин (XXXIV).



XXXII



XXXIII

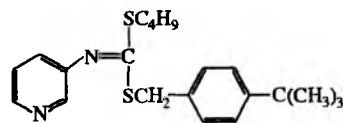


XXXIV

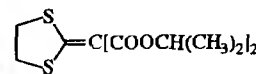
Фунгицидным действием обладают фосфонаты, напр. афос  $(C_2H_5O)_2P(O)CH(CCl_3)OCOCH_3$  (в России запрещен) и инезин  $C_6H_5P(O)(OCH_3)SCH_2C_6H_5$ .

Против грибов семейства пероноспорных эффективен трис-(этилфосфит)алюминий  $[C_2H_5ORH(O)O]_3Al$ , способный легко передвигаться как вниз, так и вверх по растению; активность проявляет только внутри растения.

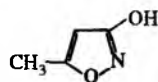
Помимо указанных выше, в с. х-ве применяют: бугиобат (XXXV), эффективный против мучнистой росы на овощных культурах; изопротиолан (XXXVI) – Ф. для обработки риса, вносимый в поливную воду; гимексазол (XXXVII) – Ф. для борьбы с корневыми гнилями, особенно на сахарной свекле; этридазол (XXXVIII), активный против фитофторы; анилазин (XXXIX), применяемый на мн. овощных культурах (0,7–1,4 кг/га), и др.



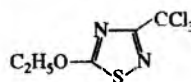
XXXV



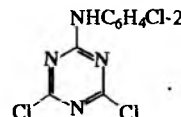
XXXVI



XXXVII



XXXVIII



XXXIX

Механизм действия большинства Ф. известен лишь в общих чертах. Чаще всего Ф. действуют на грибы непосредственно, вмешиваясь в биохим. р-ции, происходящие в грибных клетках, либо блокируя ферменты, управляющие этими р-циями. Нек-рые Ф. влияют на неск. жизненно важных процессов и поэтому нелегко выделить, какая «мишень» оказывается наиб. уязвимой. С наиб. основанием можно считать, что Ф. из групп триазолов, морфолинов, пиримидинов, имидазолов, пиперазинов ингибируют биосинтез эргостерина – одного из важнейших компонентов клеточных мембран. Фосфорорг. Ф. подавляют синтез липидов, входящих в состав этих мембран, в частности фосфатидилхолина. Гидроксипиримидины (этиримол и др.) и производные аланина ингибируют, по-видимому, синтез нуклеиновых к-т, а антибиотики (циклогексимид, бластицидин, касугамицин) – синтез белка. Антибиотик полиоксин, действуя на соответствующие ферменты, подавляет процесс образования хитина у грибов (и насекомых). Ф. из группы оксантинов нарушают процесс тканевого дыхания, производные бензимидазола и тиофанаты – нормальный ход клеточного деления.

Большинство Ф. активно как *in vivo*, так и *in vitro*. Существуют, однако, Ф. непрямого действия, не действующие на грибы *in vitro* и проявляющие активность только тогда, когда попадут в растение; такие Ф. либо при взаимодействии с растением переходят в активную форму (напр., фенилтиосемикарбазид превращается в фенилазотиоформамид,  $C_6H_5N = NCSNH_2$ ), либо усиливают защитные р-ции растения. К таким Ф. относят, напр., трис-(этилфосфит)алюминий.

Мировой рынок Ф. в 1992 достиг 4,9 млрд. долларов (20,5% от всей продажи пестицидов) при нек-рой тенденции к росту. При постоянных изменениях в мировом ассортименте Ф. ежегодно используется ок. 200 действующих в-в.

Об ограничениях, связанных с производством и применением Ф., см. Пестициды.

Лит.: Голышин Н. М., Фунгициды в сельском хозяйстве, М., 1982; Мельников Н. Н., Пестициды. Химия, технология и применение, М., 1987; Мильштейн И. М., «Ж. Всес. х-м. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1988, № 6, с. 687–97; Хаскин Б. А., там же, с. 698–707; Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Hrg. von R. Wegler, B., 1970–81; Thomas W. I., Agricultural chemicals. Book IV, Fresno, 1988; Chemistry of pesticides, ed. by K. H. Buchel, N. Y. – [a. o.], 1983. Г. С. Шейндлерман.

**ФУНКЦИИ КИСЛОТНОСТИ**, определяют протонирующую способность р-ров к-т. Если протонируется нейтральная молекула В, Ф. к. обозначают  $H_0$ , если анион или катион –  $H_-$  или  $H_+$  соотв. Ф. к. характеризуют равновесие протонирования в зависимости от концентрации к-ты и позволяют рассчитывать степени протонирования реагентов в хим. р-ции, ионизирующихся по тому же механизму, что и применяемые для измерений Ф. к. стабильные соед. (индикаторы).

Ф. к.  $H_0$  отвечает условно записанному равновесию  $VH^+ \rightleftharpoons V + H^+$ , где  $VH^+$  – протонир. форма основания В. Константа равновесия этого процесса

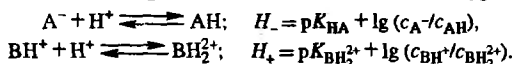
$$K_{VH^+} = \frac{a_V a_{H^+}}{a_{VH^+}} = \frac{c_V}{c_{VH^+}} \cdot \frac{f_V}{f_{VH^+}}, \quad (1)$$

где  $a_V$ ,  $a_{H^+}$  и  $a_{VH^+}$  – термодинамич. активности соотв. основания В, протона  $H^+$  и протонир. формы  $VH^+$ ;  $c$  – их равновес-

ные концентрации;  $f$  – коэф. активности.  $K_{\text{ВН}^+}$  наз. константой основности соед. В.

Соотношение  $a_{\text{H}^+}(f_{\text{В}}/f_{\text{ВН}^+}) = h_0$  наз. кислотностью среды. Ф-ция кислотности  $H_0 = -\lg h_0$ . При логарифмировании выражения (1) получим соотношение  $H_0 = pK_{\text{ВН}^+} + \lg(c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}^+})$ , где  $pK_{\text{ВН}^+} = -\lg K_{\text{ВН}^+}$ . При измерении Ф. к. исходят из предположения, что в концентр. водных р-рах сильных к-т изменение отношения  $f_{\text{В}}/f_{\text{ВН}^+}$  не зависит от хим. природы основания-индикатора В (постулат Гаммета).

Аналогично измеряют  $H_-$  и  $H_+$ , исходя из след. ур-ний:



Для определения Ф. к. обычно используют индикаторный метод, при этом необходимо знать константу основности индикатора и отношение концентраций его протонир. и протонир. форм (измеряется спектрофотометрически или др. методом). Посредством одного индикатора можно измерить  $H_0$  в пределах 2–3 единиц ее изменения, в более широких диапазонах кислотностей применяют серии индикаторов. Для установления шкалы кислотности используют в осн. производные нитроанилина.

За стандартное состояние для шкалы кислотности берут бесконечно разб. водный р-р сильной к-ты, где коэф. активности  $f_{\text{В}}$  и  $f_{\text{ВН}^+}$  принимаются равными единице, а активность протонов равной их концентрации. В таких р-рах  $H_0$  численно равна рН.

Индикаторный метод измерения  $H_0$  состоит в следующем. Сначала выбирают наиб. сильное основание В, к-рое практически полностью протонируется в очень разб. р-рах к-ты НА. Измерив отношение  $c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}^+}$ , из зависимости  $\lg(c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}^+})$  от моляльной концентрации  $M_{\text{НА}}$  к-ты определяют  $pK_{\text{ВН}^+} = -\lg M_{\text{НА}} - \lg(c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}^+})$ . В таких р-рах  $-\lg M_{\text{НА}} = \text{pH}$ , а соблюдение этой зависимости подтверждает, что в данном интервале концентраций к-ты коэф. активности не изменяются. Для определения Ф. к. более концентр. р-ров выбирают след. индикатор таким образом, чтобы, являясь более слабым основанием, он начинал протонироваться в тех р-рах к-ты, где первый индикатор еще не полностью протонирован. В этом «интервале перекрытия» определяют константу основности второго индикатора D:  $pK_{\text{ВН}^+} - pK_{\text{ДН}^+} = -\lg(c_{\text{В}}/c_{\text{ДН}^+}) - \lg(c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}^+})$ . Далее, измеряя  $c_{\text{В}}/c_{\text{ДН}^+}$  в более концентр. р-рах к-ты и зная  $pK_{\text{ДН}^+}$ , определяют  $H_0$  для этих р-ров. Затем аналогичную процедуру проводят со след. индикатором и т. д. Таким образом, для измерения  $H_0$  необходима серия индикаторов. Так, для системы HCl – H<sub>2</sub>O (до 16 М HCl) нужно 7–8 индикаторов, для водных р-ров H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> от разбавл. до 100% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 10–12 индикаторов.

Численные значения Ф. к. связаны с силой к-ты. Так, 100%-ная H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> имеет  $H_0 = -11,94$ , чистая CH<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>H –  $H_0 = -7,86$ .

Ф. к., судя по нек-рым данным, мало зависят от т-ры. Однако при повышении т-ры могут изменяться  $pK_{\text{ВН}^+}$  оснований.

Ф. к. описывают только процесс протонирования. Во мн. случаях, кроме этого процесса, ионизация основания может заключаться также в образовании ионных пар, разл. комплексов протонир. формы с молекулами р-рителя, димеров и т. д. В таких случаях для корректного использования Ф. к. при описании ионизации слабого основания необходимо знать механизм его ионизации и измерять равновесные концентрации всех образующихся форм основания В. На практике обычно измеряют равновесную концентрацию только одной формы (обычно – неионизированной), а концентрацию формы ВН<sup>+</sup> вычисляют из ур-ния баланса концентраций, тем самым постулируя простой механизм протонирования. Такая практика, а также недоказанность постулата Гаммета привели к появлению ряда Ф. к., относящихся к разл. классам хим. соед. ( $H_{\text{А}}$  – Ф. к. амидов,  $H_0$  – третичных аминов,  $H_1$  – индолов,  $H_{\text{В}}$  – бензофенонов,  $H_{\text{М}}$  – азуленов и т. д.). Нек-рые

из этих Ф. к. связаны с иным, чем протонирование, механизмом ионизации. Это м. б. образование ионных пар типа ВН<sup>+</sup>·А<sup>-</sup> (А<sup>-</sup> – анион к-ты), к-рое имеет место наряду с протонированием ( $H_0$ ,  $H_1$ ), либо образование комплекса В·НА ( $H_{\text{М}}$ ). Возможны случаи, когда действительно не соблюдается постулат Гаммета.

Развивая этот подход, Р. Кокс и К. Эйтс (1978) ввели понятие «избыточная кислотность» X, к-рая отражает разность между наблюдаемой (формально измеренной) Ф. к. для данного класса соед. и «идеальной» Ф. к., строго подчиняющейся постулату Гаммета ( $H_0$ ,  $H_-$ ). Отклонения от соблюдения постулата Гаммета выражаются ур-нием:

$$\lg(f_{\text{В}} \cdot f_{\text{ВН}^+}/f_{\text{ВН}^+}) = m^* \lg(f_{\text{В}} \cdot f_{\text{ВН}^+}/f_{\text{ВН}^+}) = m^* X,$$

где В<sup>\*</sup> – «идеальное» основание; В – основание из данного ряда;  $m^*$  – параметр, характерный для данного класса соед. Практическое применение избыточной кислотности X основано на линейном соотношении:

$$\lg(c_{\text{ВН}^+}/c_{\text{В}}) - \lg c_{\text{H}^+} = m^* X + pK_{\text{ВН}^+},$$

где  $c_{\text{H}^+}$  – равновесная концентрация протонов в р-ре.

Схема протонирования слабого основания ( $\text{В} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{ВН}^+$ ) не есть реальное хим. равновесие в р-рах к-т. Протон в таких р-рах существует в виде простейшего устойчивого гидрата H<sub>3</sub>O<sub>2</sub><sup>+</sup>, а протонирование основания В есть р-ция замещения:  $\text{В} + \text{H}_3\text{O}_2^+ \rightleftharpoons \text{ВНОН}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$ . Индикаторные отношения  $c_{\text{В}}/c_{\text{ВН}^+}$  и константы основности вычисляют так же, как и при формальной схеме протонирования:

$$K_{\text{ВН}^+} = \frac{c_{\text{В}}}{c_{\text{ВНОН}_2^+}} \cdot a_{\text{H}^+} \frac{f_{\text{ВНОН}_2^+}}{f_{\text{ВНОН}_2^+}} = \frac{c_{\text{В}}}{c_{\text{ВНОН}_2^+}} \cdot h_0,$$

где  $a_{\text{H}_2\text{O}}$  – активность воды. Присутствие  $a_{\text{H}_2\text{O}}$  в ф-ле для кислотности объясняет известный факт независимости отношения  $h_0/a_{\text{H}_2\text{O}}$  от природы сильной к-ты (для других Ф. к. это не соблюдается).

Дигидрат протона H<sub>3</sub>O<sub>2</sub><sup>+</sup> и протонир. форма ВНОН<sub>2</sub><sup>+</sup> образуются сильной симметричной водородной связью центр. протона: (H<sub>2</sub>O...H...OH<sub>2</sub>)<sup>+</sup> и (В...H...OH<sub>2</sub>)<sup>+</sup>. Геом. и энергетич. параметры этой связи не зависят от структуры участвующих в ней частиц, а ее энергия разрыва достаточно велика (134,1–142,5 кДж/моль). Этим можно объяснить соблюдение постулата Гаммета. Отклонения от соблюдения постулата, в частности, м. б. объяснено образованием другой протонир. формы по схеме:  $\text{В} + \text{H}_3\text{O}_2^+ \rightleftharpoons \text{ВН}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ . Такие случаи имеют место, если разность сродства к протону молекул В и H<sub>2</sub>O превышает 113 кДж/моль.

Корректное использование Ф. к. для расчетов степеней протонирования и констант основности хим. соед. в р-рах к-т должно быть основано, во-первых, на установлении механизма ионизации данного соед., во-вторых, на уверенности в том, что образующаяся протонир. форма есть ион, образованный сильной симметричной водородной связью.

Понятие Ф. к. введено Л. Гамметом в 1932.

Лит.: Гаммет Л. П., Основы физической органической химии, пер. с англ., М., 1972; Либрович Н. Б., «Изв. АН СССР. Сер. хим.», 1990, № 1, с. 32–35; Rochester C. H., Acidity functions, L.-N. Y., 1970; Cox R. A., Yates K., J. Amer. Chem. Soc., 1978, v. 100, № 12, p. 3861–67.

Н. Б. Либрович.

**ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГРУППА**, структурный фрагмент молекулы, характерный для данного класса орг. соед. и определяющий его хим. св-ва. Примеры Ф. г.: азидная, гидроксильная, карбонильная, карбоксильная, азогруппа, аминогруппа. К Ф. г. не относят такие группы, как, напр., метил, фенил, 2-пиридил. Иногда в качестве Ф. г. рассматривают одиночные атомы металлов и неметаллов, а также заместители, содержащие двойные связи алкенов, тройные связи алкинов, δ-электронные системы сопряженных диенов и ароматич. углеводородов и др. В полифункциональных соед. присутствует неск. Ф. г.

В части литературы, преим. устаревшей, различают Ф. г. (напр., COOH, OH, NH<sub>2</sub>) и нефункциональные (напр., галогены, NO<sub>2</sub>, NO, N<sub>3</sub>). В номенклатурных правилах эти понятия объединяются под назв. характеристические группы.

Для количеств. и качеств. определения Ф. г. используют хим. методы, основанные на характерных для данной группы р-циях (см. *Органических веществ анализ*), а также методы спектроскопии.

М. А. Федоровская.

**ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ПОЛИМЕРОВ**, характеризует число функц. групп в макромолекуле.

В отличие от низкомолекулярных соединений, понятие «функциональность» для высокомолекулярных соединений, как и понятие «молекулярная масса» (ММ), имеет статистический смысл и характеризуется (по аналогии со средними ММ) значениями среднечисловой функциональности  $\bar{f}_n$  (отношение суммарного числа функц. групп к общему числу молекул в системе) и среднемассовой  $\bar{f}_w$  функциональности (определяет разброс функциональности в молекулах полимера):

$$\bar{f}_n = \sum n_i f_i / \sum n_i; \quad \bar{f}_w = \sum n_i f_i^2 / \sum n_i f_i;$$

где  $n_i$  – число молекул с функциональностью  $f_i$ .

Полимерные молекулы могут содержать в цепи как специфически введенные реакционноспособные функц. группы разл. типа (напр., OH, COOH, NH<sub>2</sub>, SH, CH=CH<sub>2</sub>), так и любые др. группы (Cl, CH<sub>3</sub> и др.). Система представлений о Ф. п. наиб. полно развита для олигомеров (содержащих реакционноспособные группы на концах или в цепи молекул), находящих широкое применение при получении разл. типов полимерных материалов в результате целенаправленного превращения функц. групп.

Экспериментально  $\bar{f}_n$  для таких олигомеров может определяться из отношения  $\bar{f}_n = \bar{M}_n / \bar{M}_0$  ( $\bar{M}_n$  – среднечисловая ММ полимера,  $\bar{M}_0$  – эквивалентная ММ, или средняя ММ, приходящаяся на одну функц. группу), а  $\bar{f}_w$  – косвенными методами по точке гелеобразования при отверждении олигомеров. Для определения  $\bar{M}_n$  применяют обычно ИК и УФ спектроскопию, ЯМР, методы хим. анализа. Для олигомеров, содержащих один тип функциональности (только моно-, би- или  $f$ -функциональные), дисперсность по функц. группам  $\bar{f}_w / \bar{f}_n = 1$ , в случае набора молекул с разл. функциональностью  $\bar{f}_w / \bar{f}_n > 1$ .

Наиб. полно функциональность олигомеров и полимеров отражает распределение по типам функциональности (РТФ) – аналог ф-ции ММР, количественно характеризующее относит. содержание макромолекул с разл. числом и типом функц. групп. Наиб. универсальный метод количеств. анализа РТФ полимеров – высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) в колоночном или тонкослойном вариантах.

Одновременное использование для характеристики полимеров с функц. группами РТФ и ММР позволяет отнести все известные полимеры к 3 осн. типам: 1) полимеры (чаще олигомеры) со строго определенной функциональностью (наиб. распространены би-, реже – три- и более функциональные), для таких полимеров в идеальном случае  $\bar{f}_w / \bar{f}_n = 1$ ,  $\bar{M}_w / \bar{M}_n > 1$  ( $\bar{M}_w$  – среднемассовая мол. м.); 2) полифункционал. линейные или разветвленные полимеры с регулярным чередованием функц. групп в цепи, для таких полимеров характерна линейная зависимость  $f_i$  от  $M_i$ , а  $\bar{f}_w / \bar{f}_n > 1$  и является ф-цией  $\bar{M}_w / \bar{M}_n$ ; 3) полифункционал. линейные или разветвленные полимеры с нерегулярным чередованием функц. групп в цепи, зависимость  $f_i$  от  $M_i$  в этом случае может иметь разл. вид (в т. ч. носить экстремальный характер).

Каждый из рассмотренных типов Ф. п. требует специфич. подхода к выбору методов исследования его РТФ. Для олигомеров 1-го и 2-го типа с  $f < 5$  оптимальным является использование ВЭЖХ в критич. (на границе эксклюзионного и адсорбционного) режиме разделения, что позволяет за счет

исчезновения деления по ММ проводить разделение непосредственно по числу и типу функц. групп в макромолекуле.

Для анализа РТФ полимеров 2-го и 3-го типа обычно применяют эксклюзионную (в более редких случаях градиентную адсорбционную) хроматографию с детекторами комбинир. типа (напр., рефрактометр, УФ или ИК спектрометр), позволяющими одновременно и непрерывно измерять кол-во полимера определенного размера и концентрации в нем функц. групп.

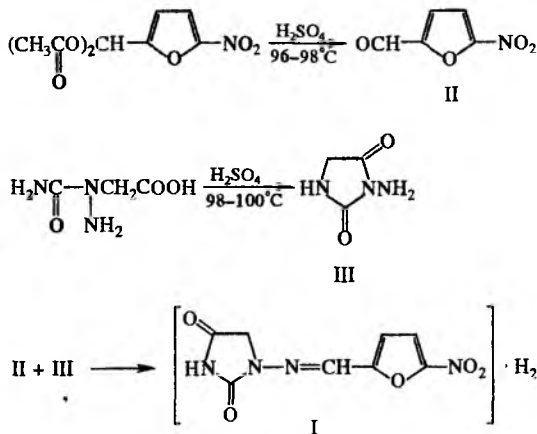
Ф. п. играет важную роль в химии высокомолекулярных соединений: характеризует реакц. способность полимеров, их способность к комплексообразованию и адсорбции, р-римость, ряд важных реологич. и др. физ.-хим. и физ.-мех. св-в. Для олигомеров параметры РТФ м. б. использованы для исследования процессов их синтеза и превращения, прогнозирования св-в полимерных продуктов на их основе. Параметры РТФ должны входить как важнейшие характеристики в техн. условия для полимеров с функц. группами.

Лит.: Эйтелдс С. Г. [и др.], в сб.: Успехи химии и физики полимеров, М., 1973, с. 201–38; Эйтелдс С. Г., Еврешинов В. В., Кузаев А. И., Реакционноспособные олигомеры, М., 1985.

В. В. Еврешинов.

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**, см. *Органических веществ анализ*.

**ФУРАДОНИН** [гидрат 1-(5-нитрофуруриданеамино)гидантоина; ф-ла I], мол. м. 256,18; желтые или оранжево-желтые кристаллы горького вкуса, т. пл. 258–263 °С (с разл.); практически не раств. в воде и этаноле, плохо раств. в ацетоне. При хранении на свету разлагается с изменением цвета. При получении Ф. сначала синтезируют 5-нитрофурурол (II) и 1-аминогидантоин (III). Неустойчивые соедин. II и III (без выделения из реакц. смеси) конденсируются при 80 °С:



Ф. – противомикробное ср-во, действует на грамположит. и грамотрицат. бактерии. Эффективен при заболеваниях мочевых путей. Способен задерживать развитие микроорганизмов, устойчивых к сульфаниламидам и антибиотикам. Иногда вызывает аллергию и др. побочные эффекты, к-рые предотвращают введением антигистаминных препаратов и витаминов.

Склонен к самовозгоранию; т. воспл. 95 °С, КПВ (нижний) 75 г/м<sup>3</sup>.

Лит.: Машковский М. Д., Лекарственные средства, 10 изд., т. 2, М., 1987, с. 268.

Л. Н. Койков.

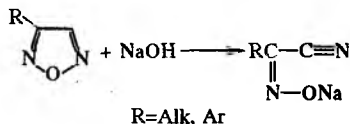
**ФУРАЗАН** (1,2,5-оксадиазол), мол. м. 70,05; бесцв. жидкость; т. кип. 98 °С;  $d_4^{20}$  1,1680;  $n_D^{20}$  1,4077; хорошо раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде; с диметилсульфатом и тетрафтороборатом триэтилоксония образует четвертичные соли.



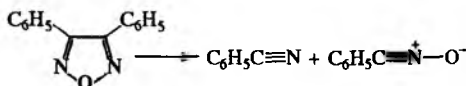
Производные Ф. – бесцв. жидкости или кристаллы; для 3-фенил-Ф. т. пл. 36–36,5 °С, для 3,4-диметил-Ф. т. пл. –7 °С, т. кип. 156 °С.

Ф. и его замещенные не вступают в р-ции с электроф. и нуклеоф. агентами по гетерокольцу, напр. нитрование или галогенирование арилзамещенных Ф. происходит лишь в

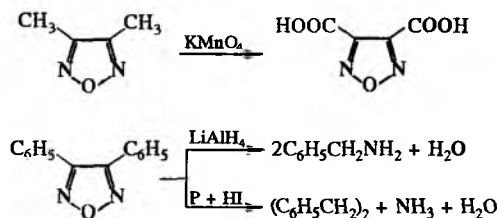
ароматич. кольцо заместителя. Под действием оснований Ф. и его монозамещенные превращаются в соли оксимов соответствующих  $\alpha$ -оксонитрилов:



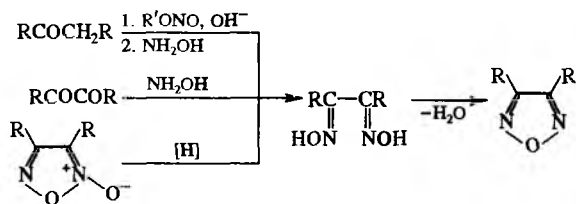
Арилзамещенные Ф. устойчивы к действию HCl при 200 °С и термич. воздействию, напр. 3,4-дифенил-Ф. начинает разлагаться лишь при 250 °С с расщеплением связей N—O и C-3—C-4 по р-ции:



Окисление 3,4-диметил-Ф.  $\text{KMnO}_4$  приводит к фуранан-3,4-дикарбоновой к-те, восстановление моно- и дизамещенных Ф. действием  $\text{LiAlH}_4$ , P + HI, Sn + HCl и др. агентами — к раскрытию цикла, напр.:

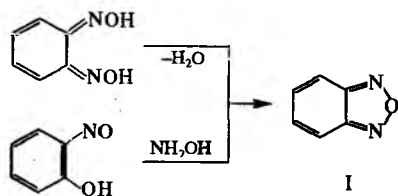


Общий метод синтеза Ф. и его производных — дегидратация  $\alpha$ -диоксимов под действием  $\text{CuSO}_4$ , уксусного ангидрида,  $\text{SOCl}_2$ ,  $\text{POCl}_3$ ;  $\alpha$ -диоксимы, в свою очередь, м. б. получены из кетонов, содержащих  $\alpha$ -метиленовые группы,  $\alpha$ -дикетонов или фуруксанов:



Незамещенный Ф. получают нагреванием глиоксима с ангидридом янтарной к-ты при 150–170 °С.

Наиб. изученное конденсированное производное Ф. — бензофуранан (ф-ла I) — синтезируют из диоксима  $\alpha$ -хинона или из орто-дизамещенных производных бензола по р-циям:

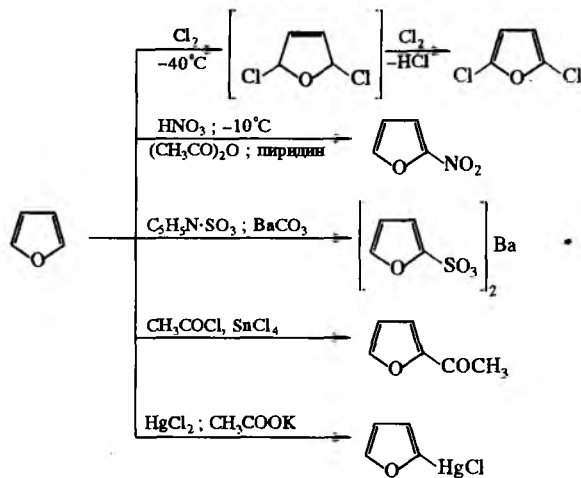


Производные Ф. обладают противомикробным действием.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 7, М., 1965, с. 357–88; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 527–30; The chemistry of heterocyclic compounds, ed. by A. Weissberger, v. 17, 1962, p. 283–95; Comprehensive heterocyclic chemistry, ed. A. P. Kartzitzky, v. 6, Oxf., 1984, p. 393–426. Г. А. Швахгеймер, В. И. Келарев.

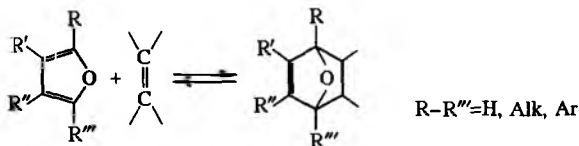
**ФУРАН**, мол. м. 68,075; бесцв. жидкость с запахом, напоминающим хлороформ; т. пл.  $-85,6$  °С; т. кип.  $31,83$  °С;  $d_4^{20}$  0,937;  $n_D^{20}$  1,4214; ур-ния температурной зависимости давления пара:  $\lg p = 8,4768 - 1671,4/T$  (198–259 K);  $\lg p = 7,6506 - 1457,7/T$  (276–366 K);  $p_{\text{пар}} = 5,15$  МПа;  $t_{\text{пл}} = 214$  °С;  $d_{\text{жид}} = 0,312$  г/см<sup>3</sup>;  $\eta = 3,8$  МПа·с (20 °С);  $\gamma = 24,1$  мН/м (20 °С);  $C_p^0 = 59,44$  Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{жид}}^0 = -62,37$  кДж/моль;  $\Delta H_{\text{гор}}^0 = -2,08$  МДж/моль;  $\Delta H_{\text{пл}}^0 = 3,8$  кДж/моль;  $\Delta H_{\text{исп}}^0 = 27,2$  кДж/моль;  $S_{298}^0 = 261,8$  Дж/(моль·К);  $\mu = 0,2397 \cdot 10^{-30}$  Кл·м;  $\epsilon = 2,95$  (20 °С). Смешивается во всех отношениях с ацетоном, бензолом,  $\text{CHCl}_3$  и др. орг. р-рителями, слабо раств. в воде (при 25 °С в 100 г воды раств. 1 г Ф.); в 100 г Ф. раств. 0,3 г воды. Образует азеотропные смеси с водой (98,8% Ф. по массе, т. кип. 30,5 °С) и 2-метилбутаном (92% Ф., т. кип. 27,95 °С). Устойчив к действию щелочей, разлагается к-тами.

Ф. — гетероароматич. соед., св-ва к-рого определяются наличием кольцевого секстета  $\pi$ -электронов, образованных 4  $\pi$ -электронами двух связей C=C и неподеленной электронной пары гетероатома; другая неподеленная пара электронов атома кислорода остается свободной и может участвовать в образовании оксониевых соединений. Для Ф. характерны р-ции электроф. замещения: галогенирование, нитрование, сульфирование, ацилирование, меркурирование и др.; причем низкая устойчивость цикла требует проведения этих р-ций в «мягких» условиях, напр.:

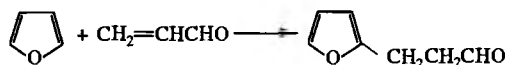


Введение электроакцепторных заместителей повышает устойчивость ядра Ф.; так, напр., 2-фуранкарбоновая (пироксизевая) к-та (т. пл. 133 °С, т. кип. 230 °С, 141–144/20 мм рт. ст.) легко нитруется конц.  $\text{HNO}_3$  в соответствующее 5-нитропроизводное, в то время как Ф. в этих условиях разрушается. Р-ция Ф. с бромцианом приводит к смеси 2-бром- и 2-цианофуранов, формилирование — к фурфуролу, озонирование — к смеси глиоксала и формальдегида, окисление  $\text{H}_2\text{O}_2$  в присут. катализатора  $\text{Os}_2\text{O}_8$  — к малеиновому ангидриду.

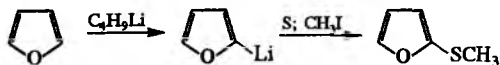
Ф. проявляет также св-ва диена и может участвовать в диеновом синтезе, напр.:



В случае менее активных диенофилов, напр. акролеина, имеет место заместительное присоединение:



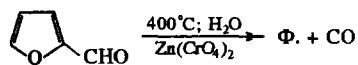
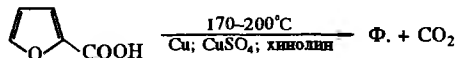
Ф. и многие его замещенные легко вступают в р-ции металлизирования, что используют в препаративных целях, напр. для синтеза сульфидов:



Гидрирование Ф. над Ni-Ренея (100–160 °С, 16 МПа) приводит к тетрагидрофурану. При более высоких т-рах происходит гидрогенолиз фуранового кольца. При действии H<sub>2</sub>S или NH<sub>3</sub> (450–500 °С, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Ф. превращается в тиофен или пиррол (р-ция Юрьева).

Ф. вместе с 2-метилфураном (сильваном) содержится в продуктах сухой перегонки нек-рых пород древесины.

В лаборатории Ф. обычно получают декарбонилированием пирослизевой к-ты, в пром-сти – декарбонилированием фурфурола:



Ф. применяют для получения ТГФ, тиофена, пиррола, селенофена и малеинового ангидрида, а также в качестве р-рителя и экстрагента масел и жиров. Производные Ф. используют как лек. средства (см. Фурадонин, Фуросемид) и средства защиты растений.

Ф. проникает через неповрежденную кожу, поражает центр. нервную систему, печень. ЛД<sub>50</sub> при ингаляции ок. 3000 мг/м<sup>3</sup> (мыши, 2 ч), ПДК 0,5 мг/м<sup>3</sup>; ПДК в воде 0,2 мг/л. Т. исп. –50 °С; т. самовоспл. 510 °С; КПВ 1,2–8,0% по объему; ниж. температурный предел взрываемости –50 °С, верхний –14 °С.

Лит.: Иванский В.И., Химия гетероциклических соединений, М., 1978; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 117–78; Dunlop A.P., Peters F.N., The Furans, N. Y., 1953.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

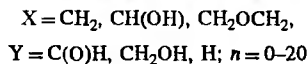
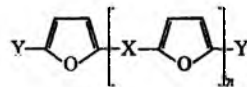
**ФУРАНОВЫЕ СМОЛЫ**, термореактивные олигомерные или полимерные продукты конденсации и ионной полимеризации фурфурола, фурфурилового спирта и их смесей друг с другом или с разл. соединениями. Представляют собой твердые аморфные или жидкие темноокрашенные в-ва. Механизм и глубина протекания р-ций, приводящих к образованию и отверждению смол, а следовательно, структура и св-ва последних на разл. стадиях получения зависят не только от типа и соотношения исходных компонентов, но и от природы и кол-ва катализатора, условий проведения р-ций.

Многообразие и сложность этих р-ций обусловлены высокой реакционной способностью альдегидной (в фурфуроле) и метилольной (в фурфуриловом спирте) групп, атомов водорода в α-положении к циклич. атому О, а также наличием способных к ионной полимеризации двойных связей. Кроме того, фурановые циклы способны к конденсации, а после нарушения сопряжения – к раскрытию. Фурфурол и фурфуриловый спирт могут конденсироваться между собой, с др. альдегидами, кетонами, спиртами, а также с фенолами. Эти р-ции ускоряются кислотными и, в меньшей степени, щелочными катализаторами. Ионная полимеризация по двойным связям и раскрытие цикла катализируются сильными протонными к-тами (соляной, серной, фосфорной и др.) или к-тами Льюиса (галогенидами металлов).

Наиб. значение имеют Ф. с., получаемые из фурфурола, фурфурилового спирта (его олигомеры называют также фурфуриловыми смолами) или их смесей в заданном соотношении, напр. смолы из фурфурилфурфураля – продукта взаимод. фурфурола с фурфуриловым спиртом в молярном соотношении 1:2. Жидкие Ф. с. этого типа синтезируют в присут. небольшого кол-ва сильной к-ты при повышенной

т-ре с послед. нейтрализацией получаемых продуктов водным р-ром аммиака или щелочи.

Твердые Ф. с. на основе фурфурола или фурфурилового спирта получают в присут. гексаметилентетрамина или небольшого кол-ва воды и малеинового ангидрида в качестве катализатора. Такие Ф. с. в исходном состоянии представляют собой сложные смеси линейных и разветвленных олигомеров, фурановые циклы к-рых соединены в α-положениях разл. мостиковыми группами и содержат свободные функц. группы в концевых звеньях:



При образовании олигомеров возможно возникновение мостиковых связей между циклами в результате частичной полимеризации по двойным связям. Такие смолы раств. в спиртах, сложных эфирах, кетонах, ароматич. углеводородах. В нейтральной среде при комнатной т-ре они сохраняют хим. активность в течение года и более.

При введении кислотного катализатора, напр. бензол- или п-толуолсульфокислот, их хлорангидридов или аммониевых солей, и(или) при нагревании Ф. с. отверждаются благодаря поликонденсации функц. групп (с выделением воды в качестве побочного продукта) и ионной полимеризации по двойным связям, инициируемой термически или кислотными катализаторами (без выщелачивания низкомол. в-в).

В отвержденном состоянии Ф. с. представляют собой жесткие и хрупкие, стойкие к термич. (до 300 °С), радиационным и хим. воздействиям густосетчатые полимеры темного цвета. При карбонизации они дают высокий выход кокса (60–80%) с образованием неграфитизируемых углеродных материалов.

Широко применяют также Ф. с.– продукты альдольной конденсации фурфурола с ацетоном в щелочной среде. Р-ция сопровождается отщеплением воды и образованием фурфуриденацетона и дифурфуриденацетона.

Смолы этого типа способны отверждаться по механизму ионной полимеризации по ненасыщенным связям в присут. кислотных катализаторов и при повышенной т-ре с образованием густосетчатых жестких и хрупких полимеров, близких по структуре и св-вам к отвержденным Ф. с. на основе фурфурола и фурфурилового спирта. Фурфурол-ацетоновые мономеры используют непосредственно для создания отверждающихся композиций или их предварительно подвергают форполимеризации с образованием жидких и твердых р-римых олигомеров (формополимеров), отверждаемых на дальнейших стадиях переработки.

Неотвержденные Ф. с. на основе фурфурола, фурфурилового спирта и фурфурол-ацетоновых мономеров хорошо совмещаются с пластификаторами, термопластичными полимерами, реакционноспособными олигомерами и термореактивными смолами, каучуками, асфальтами и пеками. Их сочетание с мономерными, олигомерными и полимерными добавками (как правило, реакционноспособными), а также синтез в присут. этих добавок широко используют для модификации Ф. с. Наиб. часто модификацию проводят конденсацией фурфурола с фенолами и формальдегидом, фурфурилового спирта или фурфурол-ацетоновых мономеров с метилольными производными фенолов и меламина, фурфурилового спирта с ксилитом, тетраэтоксисиланом и др. полифункц. мономерами. Твердые Ф. с. сплавляют с новолачными феноло-формальдегидными смолами. Жидкие мономеры – фурфурол, фурфуриловый спирт, продукты их конденсации с ацетоном – вводят в феноло-формальдегидные, эпоксицидные, бисмалеинимидные смолы в качестве реакционноспособных (активных) р-рителей для регулирования вязкости и скорости отверждения исходных композиций и повышения их хим. и термич. стойкости в отвержденном состоянии.

Ф. с. и их модификации используют гл. обр. в качестве отверждающихся связующих полимербетонов, коррозионно-



или огнестойких замазок (мастик), волокнистых слоистых стекло-, угле- и асбопластиков, древесно-стружечных и древесно-волоконистых плит, а также как клеи, лаки, пропиточные составы и др. Используют также их в произ-ве стекло-углерода, углерод-углеродных композиционных материалов и как вулканизующие агенты для каучуков.

Ф. с. токсичны и при работе с ними требуется соблюдение мер предосторожности.

Лит.: Маматов Ю. М., Фурановые смолы. Производство и применение, М., 1974; его же, Полимерные материалы на основе фурановых смол и их применение, М., 1975; Кузнецова И. Б., Кроль М. С., в кн.: Справочник по пластическим массам, т. 2, М., 1975, с. 331-334. П. Г. Бабаевский.

**ФУРИЛДИОКСИМ** (2,2'-фурилдиоксим), мол. м. 220,2; кристаллы желтоватого цвета; т. пл. 166-168 °С; хорошо раств. в этаноле, сероуглероде, диэтиловом эфире, хуже - в бензоле, раств. в воде (0,22 г в 100 мл);  $pK_a$  9,8 и 11,25.

Получают Ф. нагреванием разб. р-ра 1,2-ди(2-фурил)этандиона (фурила) в этаноле с  $NH_2OH \cdot HCl$ .

Ф.- реагент для экстракционно-фотометрич. определения металлов - Ni(II), Pd(II), Cu(II), Co(II), Re(IV) и др., с к-рыми образует окрашенные внутримолекулярные соединения.

Так, напр., определение Ni проводят при pH 7,8-8,5 ( $\lambda$  438 нм,  $\epsilon$   $1,9 \cdot 10^4$ ; предел обнаружения 0,001 мкг/мл); метод более чувствителен, чем при использовании *диметилглиоксима*. Для маскировки ионов Al, Bi, Cr, Fe, Sb, Sn и Ti применяют тартраты щелочных металлов. Pd определяют при pH 3-4 ( $\lambda$  380 нм,  $\epsilon$   $2,5 \cdot 10^4$ ; предел обнаружения 0,008 мг/мл). С помощью Ф. возможно также гравиметрич. определение Pt.

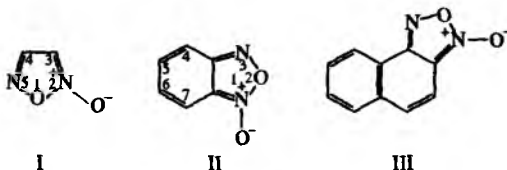
Ф. можно использовать также для определения косвенным методом  $NO_3^-$  (мешает образованию комплексов металлов с Ф.) и  $CN^-$  (вытесняет металлы из комплексов).

Лит.: Марченко З., Фотометрическое определение элементов, пер. с польск., М., 1971, с. 271-74, 323-24.

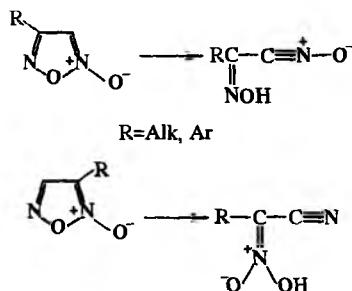
**ФУРИЛОВЫЕ СМОЛЫ**, см. Фурановые смолы.

**ФУРОКСАН** (1,2,5-оксадиазол-N-оксид, N-оксид фуразана), мол. м. 86,03. Незамещенный Ф. (ф-ла I) не выделен; производные Ф.- бесцв. жидкости или кристаллы; не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях.

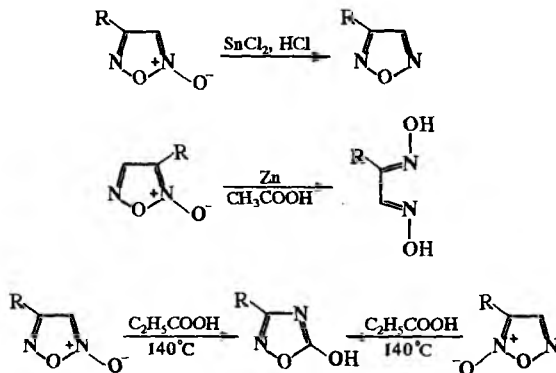
Наиб. изучены моно- и дивалентные производные Ф., а также конденсированные Ф.- бензофуроксан (II) и нафто[1,2-c]фуроксан (III). Т. пл. 3-, 4-фенилфуроксанов, 3,4-диметилфуроксана, бензофуроксана и нафто[1,2-c]фуроксана соотв. 108-109, 111-112, 114, 72 и 127 °С.



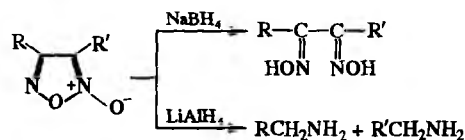
При действии оснований 4-замещенные Ф. превращаются в N-оксиды замещенных  $\alpha$ -гидроксииминоацетонитрилов, 3-замещенные - в ациформы замещенных  $\alpha$ -нитроацетонитрилов:



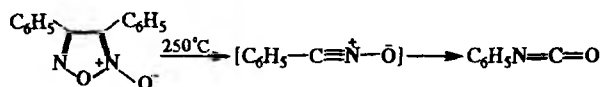
При восстановлении  $SnCl_2$  4-замещенные Ф. превращаются в соответствующие 1,2,5-оксадиазолы (3-замещенные в этих условиях не восстанавливаются), при действии Zn в  $CH_3COOH$  - в производные глиоксима, при нагрев. в протонных к-тах - в производные 1,2,4-оксадиазола, напр.:



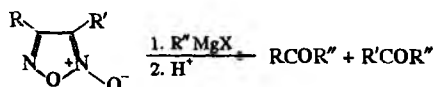
Дивалентные производные Ф. под действием Zn в  $CH_3COOH$ ,  $SnCl_2$  в  $HCl$  или  $CH_3COOH$ , триалкилфосфинов и триалкилфосфатов восстанавливаются до 3,4-дивалентных 1,2,5-оксадиазола. Электрохим. восстановление, действие  $NH_2OH$  в щелочной среде,  $NaBH_4$  или каталитич. гидрирование приводят к соответствующим замещенным глиоксима, действие  $LiAlH_4$  - к аминам, напр.:



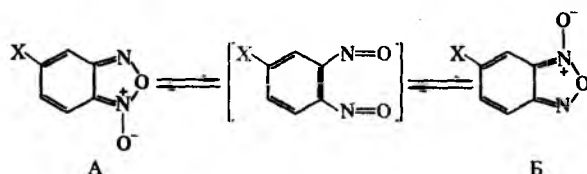
Термолиз производных Ф. протекает с образованием N-оксидов нитрилов, к-рые при высокой т-ре изомеризуются в изоцианаты, напр.:



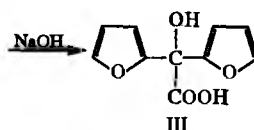
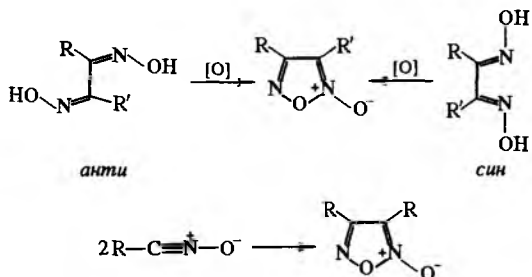
Взаимод. дивалентных производных Ф. с реактивами Гриньяра приводит к смеси кетонов:



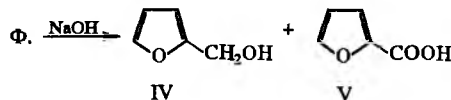
Для 5(6)-замещенных бензофуроксана характерно таутомерное превращение, протекающее через стадию образования o-динитропропроизводных бензола; если X - электронодонорная группа, то равновесие смещено в сторону формы А, если электроноакцепторная - то в сторону формы Б:



Общий метод получения производных Ф.- окисление стереоизомеров глиоксима под действием  $K_2Fe(CN)_6$ ,  $NaXO$  ( $X = Cl, Br$ ),  $Br_2 + H_2O$ ,  $I_2$ ,  $N_2O_4$ ,  $HNO_3$  или  $Pb(OCOCH_3)_4$  и димеризация N-оксидов нитрилов:



Нагревание с р-рами щелочей приводит по р-ции Канницаро к смеси фурфурилового спирта (Ф-ла IV; т. пл. -14,6 °С, т. кип. 171 °С,  $d_4^{20}$  1,1285;  $n_D^{20}$  1,4868) и пиррослизевой к-ты (V):

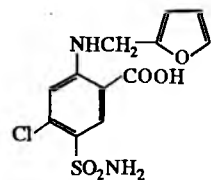


Бензофуроксан синтезируют из диосима о-бензохинона. Производные Ф.- ингибиторы полимеризации и коррозии, сенсibilизаторы фотоматериалов, пластификаторы полимерных композиций, компоненты ВВ и твердых ракетных топлив, многие производные Ф. проявляют физиол. активность, регулируют рост растений.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерида, пер. с англ., т. 7, М., 1965, с. 357-415; Хмельницкий Л.И., Новиков С.С., Годовикова Т.И., Химия фуроксанов. Строение и синтез, М., 1981; он же, Химия фуроксанов. Реакции и применение, М., 1983; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, М., 1985, с. 530-35; Stuart K.L., Heterocycles, v. 3, 1975, p. 651; Paton R.M., в кн.: Comprehensive heterocyclic chemistry, ed. by A.P. Katritzky, v. 6, pt 4B, N.Y., 1984, p. 394.

Г. А. Шехтгеймер, В. И. Келарев.

**ФУРОСЕМИД** [N-(2-фурилметил)-4-хлор-5-сульфамойланта-раниловая к-та, лазикс, фурантрин], мол. м. 330,75; бесцв. кристаллы, т. пл. 204-209 °С (с разл.); не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях. Светочувствителен. Получают взаимодей. 2,4-дихлор-5-сульфамойлбензойной к-ты с фурфуриламином при 115-120 °С.



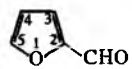
Ф.- диуретик. (салуретич.) ср-во. В организме угнетает реабсорбцию ионов  $Na^+$  и  $Cl^-$  в проксимальных и дистальных участках извитых канальцев почек и в области восходящего отдела петли

Генле. В меньшей степени угнетает реабсорбцию ионов  $K^+$ , не влияет на угольную ангидразу; эффективен в условиях ацидоза и алкалоза. Увеличивает отделение мочи, снижает артериальное давление, уменьшает отеки, расширяет периферич. сосуды. Ф. применяют при сердечно-сосудистых заболеваниях, циррозе печени, отеках легких и мозга, болезнях почек, гипертонич. болезн.

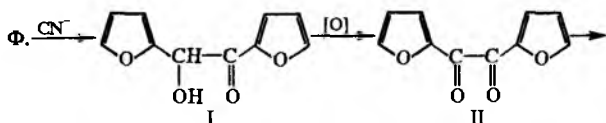
Г. Я. Шарч.

**ФУРФУРИЛОВЫЙ СПИРТ**, см. Фурфурол.

**ФУРФУРОЛ** (фурфураль, 2-фуранкарбальдегид), мол. м. 96,09; быстро темнеющая на воздухе жидкость с запахом ржаного хлеба; т. пл. -38,7 °С, т. кип. 161,5 °С, 39,9/8 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  1,1594;  $n_D^{20}$  1,5255;  $\eta$  1,49 мПа·с (25 °С);  $\gamma$  40,7 мН/м (29,9 °С);  $\mu$  12,04·10<sup>-30</sup> Кл·м; ур-ние температурной зависимости давления пара (313,05-443,75 К):  $\lg p$  (мм рт. ст.) = 8,0564 - 2251/T;  $P_{крит}$  5,502 МПа,  $t_{крит}$  397 °С;  $C_p$  1,75 кДж/(кг·К);  $\Delta H_{обр}^{жид}$  -200 кДж/моль;  $\Delta H_{обр}^{газ}$  -2,34 МДж/моль;  $\epsilon$  38 (бензол, 25 °С). Смешивается со мн. орг. р-рителями, раств. в воде (8,3% по массе при 20 °С и 19,9% при 90 °С); перегоняется с водяным паром. Образует азеотропные смеси с водой (т. кип. 97,85 °С, 35% Ф. по массе), пентахлорэтаном (т. кип. 156,75 °С, 40% Ф.) и бромбензолом (т. кип. 153,3 °С, 23% Ф.).



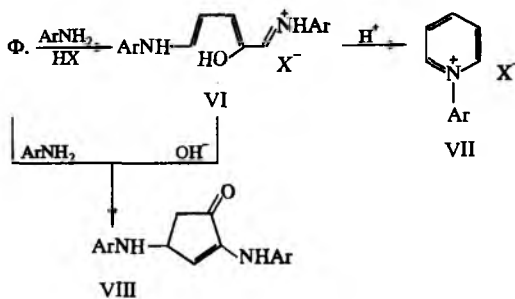
По хим. св-вам Ф.- ароматич. альдегид. В присут. солей синильной к-ты вступает в бензоиновую конденсацию, образуя фуруин (Ф-ла I), к-рый при окислении превращается в фурил (II); последний при нагр. с едкими щелочами перегруппировывается в фуриловую к-ту (III):



Ф. легко конденсируется с соед., имеющими активные метильные или метиленовые группы по р-ции Перкина; так, нагревание с диацетамидом и ацетатом Na при 180 °С дает смесь амида 3-(2-фурил)акриловой к-ты и пиррослизевой к-ты. Конденсация Ф. с фурфуриловым спиртом и др. спиртами, а также с фенолами, кетонами и альдегидами приводит к **фурановым смолам**.

Электроф. замещение Ф. идет в положение 5. При хлорировании в присут. бензоилпероксида и нитровании дымящей  $HNO_3$  Ф. превращается соотв. в 5-хлор- и 5-нитропроизводные; взаимодей. с  $HgCl_2$  приводит к 5-меркурхлориду Ф. При действии  $NH_3$  в присут.  $CH_3OH$  (150-250 °С, 20,8 МПа, кат. Со) Ф. превращается в пиперидин.

При действии на Ф. первичных ариламинов в кислой среде происходит раскрытие цикла с образованием соли VI, к-рая под влиянием к-ты циклизуется в пиридиновую соль VII, а при действии оснований - в замещенный циклопентенон VIII; последний м. б. получен непосредственно при взаимодей. Ф. с ариламином в отсутствие к-ты:



Одна из особенностей Ф.- автоокисление с образованием муравьиной и 2-формилакриловой к-ты. Окисление Ф. в разл. условиях приводит к расщеплению цикла Ф. с образованием смеси малеиновой к-ты и малеинового ангидрида (200-400 °С, кат.  $V_2O_5$ ), пиррослизевой к-ты (50 °С, кат.  $Ag_2O$ , щелочная среда), смеси 3-гидроксипиррослизевой к-ты и 3-гидроксифурфуrolа ( $H_2O_2$ , 40 °С), фумаровой к-ты (нагревание с  $NaClO_3$ , кат.  $V_2O_5$ ). При гидрировании на  $SuO/Cr_2O_3$  (5-10 МПа, 200-250 °С) Ф. превращается в сивлан (2-метилфуран), при 150-170 °С - в фурфуриловый спирт, дальнейшее гидрирование к-рого над Ni-Ренея при 230-250 °С и 5-10 МПа ведет к тетрагидрофурфуриловому спирту. В присут.  $Zn(CrO_2)_2$  Ф. декарбонилируется в фуран.

Ф. получают гидролизом растит. пентозансодержащего сырья (кукурузные початки, овсяная и рисовая шелуха, хлопковые коробочки и др.) разбавленными минер. к-тами с непрерывной отгонкой продукта с паром.

Ф.- сырье для синтеза фурана, сивлана, фурфурилового спирта, ТФ, фурановых смол, лек. средств (напр., фурацилина) и пестицидов, экстрагент при очистке нефти и растит. масла от углеводородов.

Т. всп. 64 °С, т. самовоспл. 290 °С, КПВ 2,1-19%. Ф.- нервный яд, обладает раздражающим действием; ЛД<sub>50</sub>

126 мг/кг (крысы, перорально); ПДК в атм. воздухе 0,05 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов 1 мг/л.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 9, 1985, с. 163; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 10, N. Y., 1980. См. также лит. при ст. Фуран.  
С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

**ФУРЬЕ-СПЕКТРОСКОПИЯ** (фурье-спектрометрия, ФС), метод оптич. спектроскопии, в к-ром спектр получают в результате фурье-преобразования т. наз. интерферограммы исследуемого излучения. Интерферограмма зависит от оптич. разности хода двух лучей и представляет собой Фурье-образ спектра, т. е. ф-ция распределения энергии излучения по частотам.

Прибором для ФС служит фурье-спектрометр (рис.), основная часть к-рого – интерферометр Майкельсона (изобретен А. Майкельсоном в 1880). Интерферометр содержит два взаимно перпендикулярных зеркала – неподвижное 1 и подвижное 2 и полупрозрачную светоделительную пластину 3, расположенную в месте пересечения падающих пучков излучения и пучков, отраженных от обоих зеркал. Пучок излучения от источника 4, попадая на пластину 3, разделяется на два пучка. Один из них направляется на неподвижное зеркало 1, второй – на подвижное зеркало 2; затем оба пучка, отразившись от зеркал, выходят через светоделитель из интерферометра в одном и том же направлении. Далее излучение фокусируется на образце 5 и поступает на детектор излучения 6. Два пучка отличаются друг от друга оптич. разностью хода, величина к-рой меняется в зависимости от положения подвижного зеркала. В результате интерференции пучков интенсивность результирующего потока  $I(x)$  периодически меняется (модулируется). Частота модуляции зависит от частоты падающего излучения  $\nu$  и смещения подвижного зеркала  $x$ . В результирующей интерферограмме выделяется т. наз. точка нулевой разности хода, или точка белого света. В этой точке для всех частот наблюдается максимум; от нее ведут отсчет смещения подвижного зеркала. Для градуировки перемещений последнего часто используют интерферограмму монохроматич. излучения от лазера (обычно на основе He – Ne), введенного в фурье-спектрометр.

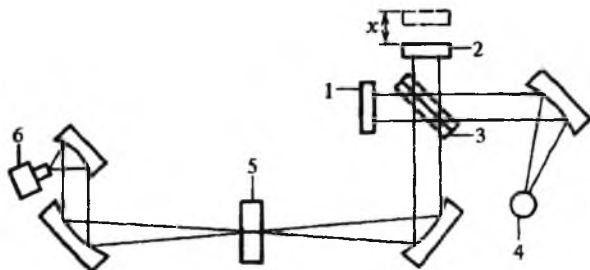


Рис. Оптич. схема фурье-спектрометра: 1 – неподвижное зеркало интерферометра; 2 – подвижное зеркало; 3 – светоделительная пластинка; 4 – источник излучения; 5 – исследуемый образец; 6 – детектор излучения.

При поглощении образцом излучения с к.-л. частотой наблюдается уменьшение интенсивности интерферограммы, соответствующей этой частоте. После проведения фурье-преобразования

$$I(\nu) = \int_{-\infty}^{+\infty} I(x) \cos(2\pi\nu x) dx$$

наблюдается полоса поглощения образца. Преобразование Фурье осуществляют на ЭВМ.

Быстрое развитие и широкое применение ФС обусловлены рядом преимуществ фурье-спектрометра по сравнению с дисперсионными приборами. Т. наз. выигрыш Фелжета, или мультиплекс-фактор, связан с тем, что любая точка интерферограммы содержит информацию о всей исследуемой спектральной области. На детектор в каждый момент поступают сигналы, соответствующие всем частотам. За одно сканирование (за время  $t_1$ ) регистрируется спектр с таким же отно-

шением сигнал/шум  $(S/N)t_1$ , как и для дисперсионного спектрометра (но за время  $t_2$  на неск. порядков большее, чем  $t_1$ ). Если для получения спектра на фурье-спектрометре затратить время  $t_2$ , то отношение сигнал/шум возрастает во много раз в соответствии с ур-нием  $(S/N)t_2/(S/N)t_1 = \sqrt{t_2/t_1}$ . Другое важное преимущество фурье-спектрометра – выигрыш Жакино, или геом. фактор, определяется отсутствием в нем щелей (задерживающих в дисперсионных спектрометрах до 99,9% излучения), что дает значит. выигрыш в светосиле (~ в 100–200 раз). Это позволяет уменьшить время регистрации спектров и отношение сигнал/шум, повысить разрешение и уменьшить габариты прибора. Вследствие того что интерферометр модулирует каждую частоту излучения разл. образом, отсутствует влияние рассеянного излучения, это обеспечивает высокую точность измерений даже высокой оптич. плотности. Любое излучение, исходящее из образца, не модулируется и не детектируется, так что в спектре отсутствуют ложные сигналы.

Наличие ЭВМ позволяет кроме вычисления спектра производить и др. операции по обработке полученных эксперим. данных, осуществлять управление и контроль за работой самого прибора.

Имеются фурье-спектрометры для получения спектров в разл. областях – от неск. см<sup>-1</sup> до десятков тыс. см<sup>-1</sup>, в т. ч. спектров комбинац. рассеяния. На ИК фурье-спектрометрах достигнуто разрешение до  $1,3 \cdot 10^{-4}$  см<sup>-1</sup>, точность определения волнового числа до  $10^{-4}$  см<sup>-1</sup>. Созданы приборы для видимой и УФ областей, на к-рых получают, в частности, эмиссионные спектры ряда элементов (U, Np, Pd, Ho и др.) с воспроизводимостью волновых чисел  $\pm 2 \cdot 10^{-6}$  см<sup>-1</sup> при  $(S/N) > 10^3$ . Чувствительность анализ. определений на фурье-спектрометре обычно в 100–1000 раз выше, производительность в сотни раз больше, погрешности измерений на порядок меньше, чем в случае использования дисперсионных приборов. Пределы обнаружения ряда в-в достигают долей нг, а использование микроскопа позволяет анализировать включения в образцах размерами  $10 \times 10$  мкм<sup>2</sup>. С помощью ФС можно изучать кинетику р-ций, протекающих за время ок. 1 мс.

Лит.: Инфракрасная спектроскопия высокого разрешения, пер. с англ., М., 1972; Белл Р. Дж., Введение в Фурье-спектроскопию, пер. с англ., М., 1975; Смит А., Прикладная ИК-спектроскопия, пер. с англ., М., 1982.

Э. Г. Тетерин.

BOOKS.PROEKTANT.ORG

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОННЫХ  
КОПИЙ КНИГ

для проектировщиков  
и технических специалистов

# X

**ХАЛЬКОГЕНИДЫ**, см. *Халькогены*.

**ХАЛЬКОГЕНЫ**, хим. элементы VIa гр. периодич. системы: *кислород O, сера S, селен Se, теллур Te, полоний Po*. Внеш. электронная оболочка атомов X. имеет конфигурацию  $s^2p^4$ . С увеличением ат. н. возрастают ковалентные и ионные радиусы X, уменьшаются энергия ионизации атома и энергия диссоциации молекулы  $X_2$ , где X – халькоген, падает электроотрицательность, усиливаются металлич. св-ва (табл.). Характерные степени окисления X: -2, -1, +1, +2, а также +4 и +6 для всех, кроме кислорода.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ХАЛЬКОГЕНОВ**

Показатель	O	S	Se	Te	Po
Ат. номер	8	16	34	52	84
Ат. масса	15,9994	32,066	78,96	127,60	208,9824
Ковалентный ат. радиус, нм	0,066	0,104	0,16	0,17	0,153
Ионный радиус для $X^{6-}$ , нм	0,009	0,034	0,035	0,056	0,056
Первый потенциал ионизации, эВ	13,61819	10,360	9,752	9,010	8,43
Сродство к электрону, эВ	1,465	2,07	2,02	1,96	1,87
Электроотрицательность по Полингу	3,50	2,50	2,40	2,10	1,76
Энергия диссоциации $X_2 \rightarrow 2X$ , кДж/моль	493,57	426	309	263	186
Содержание в земной коре, % по массе	47	0,05	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-14}$

Наличие в атоме двух неспаренных  $p$ -электронов обуславливает возможность образования молекулы  $X_2$  с двойной связью ( $O_2, S_2, Se_2$ ) либо молекул, катионов, анионов цепочечного ( $O_3, S_3, Se_3, O_2^+, S_2^+$  и др.) или кольцевого строения (напр.,  $S_6, S_7, S_8, S_9, S_{12}, Se_8, S_{16}^{2+}, Te_4^+$ ) с простой связью. Способность X. к образованию связей  $X-X-X...$  с ростом ат. н. падает.

Существует много аллотропных модификаций X. Для кислорода известны 2 формы –  $O_2$  и  $O_3$  (озон), для серы – более 6. Селен образует аморфную, стеклообразную и 6 кристаллич. модификаций, для теллура известны аморфная и 3 кристаллич. формы, для полония – 2 кристаллические.

Все X. – окислители. Наиб. активен кислород, образующий оксиды со всеми элементами, кроме He, Ag, Ne, Kr, с фтором дает фториды. Окислит. способность X. с ростом ат. н. уменьшается. С  $H_2$  X. дают халькогеноводороды  $H_2X$ , термич. устойчивость к-рых с ростом ат. н. снижается. Жидкие  $H_2X$  способны к автопротолизу, в водном р-ре являются слабыми двухосновными к-тами.  $H_2X$ , кроме воды, – типичные восстановители, их восстановит. способность растет в ряду от  $H_2S$  к  $H_2Po$ . X. образуют ионно-ковалентные (с элементами Ia, Pa, Ib, Pb гр.), ковалентно-металлич. (с  $d$ - и  $f$ -элементами) и ковалентно-ионные (с  $p$ -элементами) соед. (халькогениды) разнообразного состава, многие из к-рых обладают полупроводниковыми св-вами (см. *Селениды, Сульфиды неорганические, Теллуриды*).

Взаимод. X. с  $O_2$  получают кислотные оксиды  $HO_2$ , образующие с водой двухосновные к-ты средней силы  $H_2XO_3$ , где  $X = S, Se, Te$ . Сила к-т и их восстановит. св-ва убывают в ряду от S к Te. Оксидам  $HO_2$  отвечают сильные к-ты  $H_2XO_4$  и слабая к-та  $H_6TeO_6$ . Окислит. св-ва наиб. характерны для  $H_2SeO_4$ . Оксоанионы  $HO_4^-$  способны к поликонденсации с образованием цепочек  $X-O-X-O-...$  (напр.,  $Na_2S_2O_7$ ),  $O-X-X-...$  ( $Na_2S_2O_3, Na_2S_4O_6$ ),  $X-O-O-X-...$  ( $Na_2S_2O_8$ ). Соед. X. между собой (напр.,  $Se_3S_5, TeS_7$ ) – это пл. обр. продукты замещения атомов одного X. другим в циклич. молекулах  $X_8$ . Р-цией X. с галогенами получают галогениды, а также оксогалогениды ( $XNa_2O, XNa_2O_2$  и др.), к-рые при гидролизе водой дают  $HNaX$  и халькогенокислородные к-ты. Фториды более устойчивы к гидролизу и склонны к образованию комплексов.

В природе широко распространены и встречаются в свободном состоянии O и S, кроме того, S, Se и Te встречаются в виде минералов халькофильных элементов, O – в виде силикатов, прир. карбонатов, фосфатов, оксидов и др.

Лит.: Inorganic chemistry, ser. 1, v. 2, Main group elements: groups V and VI, ed. by H. Emeléus, L., 1972; Inorganic chemistry, ser. 2, v. 3, Main group elements: groups VI and VII, ed. by H. Emeléus, L., 1975; Schmidt M., Siebert W., Bagnall K., The chemistry of sulfur, selenium, tellurium and polonium, Oxf., 1975.

Л. Ю. Аликберова.

**ХАНА ПРАВИЛО**, см. *Соосаждение*.

**ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ**, см. *Термодинамические потенциалы*.

**ХАРТРИ-ФОКА МЕТОД**, см. *Молекулярных орбиталей методы*.

**ХВОЙНОЕ МАСЛО**, эфирное масло зелени хвойных пород деревьев. Бесцв. или слабоокрашенная, обычно не р-рирая в воде жидкость с характерным хвойным запахом. Многокомпонентная смесь летучих орг. соед., среди к-рых преобладают продуцируемые растениями моно-, сескви- и дитерпены (см. *Терпены*) и их кислородсодержащие производные (спирты, альдегиды, кетоны, эфиры, к-ты). Хим. состав зависит от породы деревьев, места их произрастания и способа получения X. м. Содержание масла в зелени (хвое, побегах, коре) хвойных деревьев: в сосновой 0,8–1, еловой 0,1–0,3, пихтовой 2,5–5% от массы абс. сухого сырья.

Среди разных видов X. м. особенно изучено пихтовое масло, получаемое отгонкой с водяным паром из зелени пихты сибирской (*Abies sibirica*), лучше из свежих побегов. Бесцв. или от светло-желтого до зеленоватого цвета жидкость;  $d_4^{20} \geq 0,894$ ,  $n_D^{20}$  1,469–1,472. В состав масла входит более 100 компонентов, из к-рых основные:  $\alpha$ -пинен (10–30%), камфен (10–25%), борнилацетат (30–40%), борнеол (1–6%), 3-карен (5–10%), сесквитерпеновые углеводороды и спирты (2–4%, в т.ч. до 40% кариофиллена), сантен (2,3-диметил-2-норборнен, 3–4%). Обладает биол. активностью и антимикробным действием; применяется для синтеза мед. камфоры и др. лек. ср-в, в парфюм.-косметич. произ-вах, бытовой химии (в качестве отдушек). Объем пром. выпуска в СССР 600–650 т в год (1989).

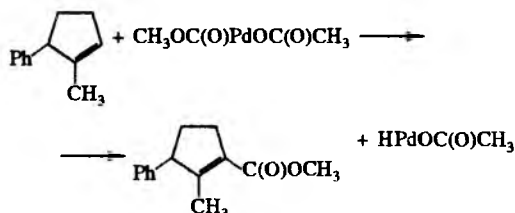
Еловое и сосновое масла выделяют отгонкой с острым паром из бензинового экстракта измельченной зелени; в результате получают фракции: легкое масло ( $d_4^{20}$  0,815–0,840), среднее масло ( $d_4^{20}$  0,845–0,875), тяжелое масло ( $d_4^{20}$  0,88–0,92). Последнее – прозрачная маслянистая жидкость желто-зеленого цвета с характерным запахом, мало р-рирая в воде, легко раств. в этаноле, эфире, бензине;  $n_D^{20}$  1,488–1,496. Содержит в осн. монотерпеновые спирты и их сложные эфиры. Используется для синтеза лек. ср-в с целью лечения почечно- и желчнокаменной болезн., холецистита.

Лит.: Рудаков Г. А., Химия и технология камфары, 2 изд., М., 1976; Ягодин В. И., Основы химии и технологии переработки древесной зелени, Л., 1981.

Б. А. Радовиль.

**ХЕКА РЕАКЦИЯ**, алкилирование, арилирование или алкоксикарбонилирование олефинов, содержащих при двойной

связи хотя бы один атом Н, действием палладийорг. реагентов, напр.:



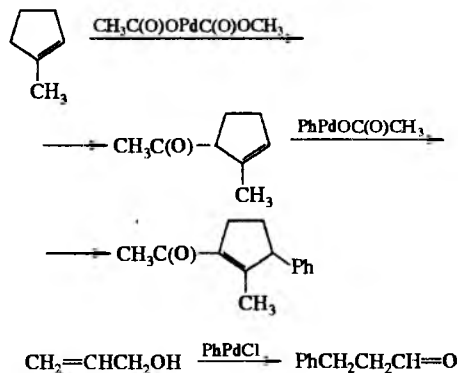
Обычно р-цию проводят в орг. р-рителе (CH<sub>3</sub>OH, CH<sub>3</sub>CN, CH<sub>3</sub>COOH, ТГФ) при 20–100 °С в течение 1–2 ч. При вовлечении в р-цию газообразных олефинов в реакторе поддерживают небольшое избыточное давление. Выходы обычно хорошие (при арилировании и алкоксикарбонилировании простейших олефинов близки к количественным).

Палладиевые реагенты готовят обменной р-цией ацетата Pd с соответствующими ртутьорг. соед., действием AgBr на комплекс Pd – трифенилфосфин, р-цией орг. производных Hg, Sn, Pd с LiPdCl<sub>4</sub> или др. солями Pd, р-цией ароматич. соед. с диацетатом Pd или металлич. Pd и ацетатом серебра в среде CH<sub>3</sub>COOH, действием AgI на диацетат Pd или металлич. Pd в присут. (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>N или CH<sub>3</sub>COOK.

В X. р. вступают олефины с открытой цепью и циклоолефины. Реакц. способность олефинов уменьшается в ряду: этилен > метилакрилат > пропилен > стирол > α-метилстирол. Вводимая орг. группа присоединяется преим. или исключительно к менее замещенному атому С при двойной связи. Монозамещенные производные этилена дают в результате р-ции олефины с *транс*-конфигурацией. Монозамещенные олефины с электроакцепторными заместителями у атома С при двойной связи или в близлежащем положении обычно испытывают терминальное замещение (заменяется атом Н групп CH<sub>2</sub>).

Как правило, алкилирование олефинов удается осуществить только в тех случаях, когда вводимая алкильная группа не содержит в β-положении атомов Н. Винильную группу, содержащую β-Н-атом, удается ввести в молекулу олефина (с образованием 1,3-диена) при использовании реагента сложного состава CH<sub>2</sub>=CHNa/Pd[OC(O)CH<sub>3</sub>]<sub>2</sub>/Ag<sub>3</sub>P/(C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>.

Иногда в ходе X. р. наблюдается миграция двойной связи, напр.:



Механизм X. р. недостаточно изучен. Полагают, что первоначально активир. палладиевый реагент R<sub>2</sub>PdX присоединяется по двойной связи олефина с образованием ковалентно связанного производного типа RC=C PdX, к-рый затем элиминирует HPdX с образованием замещенного олефина. Выделившийся HPdX может также присоединяться к исходному и вновь образовавшемуся олефинам и повторно элиминироваться, что в случае несимметричных олефинов может сопровождаться их изомеризацией.

X. р. используют в препаративной практике при получении орг. соед. сложной структуры. Она открыта Р. Хекманом.

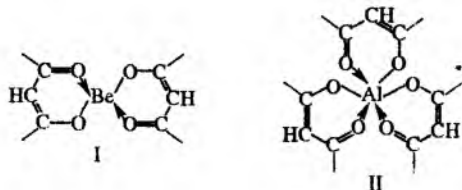
Лит.: Кожевников И. В., «Успехи химии», 1983, т. 52, в. 2, с. 117.

**ХЕЛАТООБРАЗУЮЩИЕ ИОНООБМЕННЫЕ СМОЛЫ** – селективные ионообменные смолы, образующие с катионами металлов устойчивые внутрикислотные соед. – хелаты. **ХЕЛАТЫ** (от греч. chēlē – клешня) (клевшевидные соед., координативные соединения, в к-рых атом (или ион) связан одновременно с двумя или более атомами лиганда, в результате чего замыкается один или неск. гетероциклов. Лиганды, образующие хелатные циклы, наз. хелатирующими (хелатообразующими) реагентами, они должны быть по крайней мере бидентатными. Замыкание хелатного цикла такими лигандами наз. хелатированием или хелатообразованием.

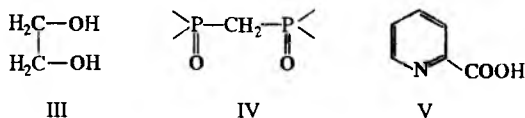
Наиб. обширный и важный класс X.- хелатные комплексы металлов (металлохелаты). Способность координировать лиганды присуща металлам всех степеней окисления. Элементы осн. подгрупп в качестве центр. атомов комплексообразователей обычно выступают лишь в высших степенях окисления.

Хелатирующие реагенты содержат два осн. типа электронодонорных центров: А – группы, содержащие подвижные протоны, напр. –COOH, –OH, –SO<sub>3</sub>H, при их координации к центр. иону возможно замещение протона; В – нейтральные электронодонорные группы, напр. R<sub>2</sub>CO, R<sub>3</sub>PO, R<sub>3</sub>N.

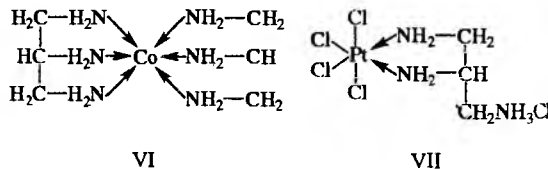
X., в к-рых при замыкании хелатного цикла лиганд использует протон-содержащую и нейтральную электронодонорную группу и формально связан с центральным атомом ковалентной и донорно-акцепторной связью, наз. внутрикислотными соединениями (внутренние комплексы соли), напр. ацетилацетонаты ф-л I и II.



Бидентатные лиганды занимают во внутр. сфере X. координац. места, как, напр., в соед. I и II. Примеры бидентатных лигандов: этиленгликоль (ф-ла III; два нейтральных центра А); диоксид метиленадифосфина (IV; два центра типа А); α-пиколиновая к-та (V; центры типа А и В).

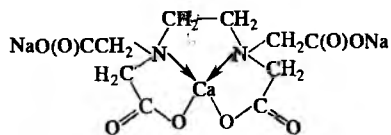


Триденатный лиганд, напр. триаминопропан, может занимать во внутр. сфере как три (соед. VI), так и два (соед. VII) координационных места или даже координироваться моидентатно.



Аналогично тетра-, пента- и гексадентатные лиганды в зависимости от условий проявляют разную дентатность. Напр., гексадентатный лиганд ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная к-та) по отношению к иону Ca<sup>2+</sup> является тетраден-

ным, при этом м. б. выделена динатриевая соль VIII. К X. с полидентатными лигандами относятся комплексы *краун-эфиров* и *криптандов*.

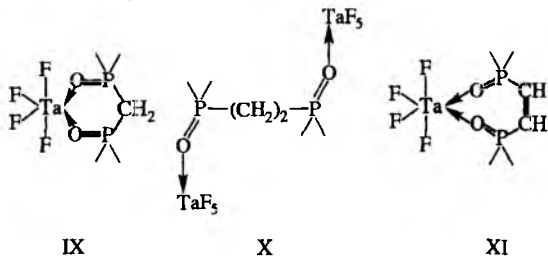


VIII

Стабильность X. обычно выше по сравнению с аналогами, образованными монодентатными лигандами (т. наз. хелатный эффект). В общем виде константа образования циклич. комплекса MAA (M – металл; AA – бидентатный лиганд) намного больше, чем константа образования MA<sub>2</sub> (A' – монодентатный лиганд, близкий по характеру к лиганду AA). Хелатный эффект оценивают по разности между логарифмами констант устойчивости MAA и MA<sub>2</sub>.

Наряду с общими факторами, определяющими устойчивость координац. соед., такими, как природа центр. иона и координированных донорных атомов лиганда, в случае X. важную роль играют число атомов в образующемся цикле и наличие кратных связей в мостике между донорными атомами хелатного лиганда.

X. чаще всего имеют тетраэдрич. и октаэдрич. конфигурации; в случае отсутствия кратных связей в мостике наиб. устойчивы 5- и 6-членные циклы (правило циклов Чугаева). Диоксид метилендифосфина образует устойчивый 6-членный цикл ф-лы IX. С увеличением длины углеводородного мостика при переходе к диоксиду этилендифосфина последний выступает в роли мостиковой группы (ф-ла X) и хелатный цикл не образуется. Наличие кратной связи в диоксиде *цис*-винилдифосфина приводит к устойчивости семичленного цикла XI.



IX

X

XI

4-членные циклы при тетраэдрич. и октаэдрич. координации центр. иона являются более напряженными и менее прочными. 3-членные хелатные циклы известны для пероксид-аниона, когда последний занимает два координационных места в экваториальной плоскости пентагональной бипирамиды (ф-ла XII).

Выделение X. в самостоятельный тип координац. соед. связано с уникальностью их физ., хим. и биол. св-в, обусловленных наличием хелатного цикла. Ацетилацетонаты вследствие их летучести применяют для разделения и очистки металлов и нанесения металлич. покрытий (см. *β-Дикетонаты металлов*). Комплексы ЭДТА из-за их высокой р-рности используют для уменьшения жесткости воды, снятия накипи и очистки металлич. пов-стей. Яркость цвета, термостойкость, прочность окраски и устойчивость к действию оснований и к-т обуславливают использование фталоцианиновых комплексов в качестве красителей. Цветность ряда X. и зависимость интенсивности окраски р-ра от концентрации иона металла нашли применение в анализе. химии (см. *Комплексометрия, Комплексоны*). Р-римость X. в орг. р-рителях используют для экстракционного разделения элементов.

X. играют важную роль в процессах жизнедеятельности, напр., гемоглобин, хлорофилл и витамин B<sub>12</sub> являются хелат-

ными комплексами Fe<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>-оснований порфиринового ряда. X. (напр., соед. VI) используют для вывода ядовитых и радиоактивных металлов из организма и растворения камней (напр., почечных), возникающих при нарушении обмена веществ.

Термин «хелат» ввел М. Дрю в 1920.

Лит.: Гриберт А. А., Введение в химию комплексных соединений, 3 изд., М., 1966; Басоло Ф., Джонсон Р., Химия координационных соединений, пер. с англ., М., 1966; Басоло Ф., Пирсон Р., Механизмы неорганических реакций, пер. с англ., М., 1971; Кукушкин Ю. Н., Химия координационных соединений, М., 1985. Е. Г. Ильин.

**ХЕЛЕТРОПНЫЕ РЕАКЦИИ** (от греч. *chēlē* – клешня и *trópos* – поворот, направление), частный случай циклоприсоединения (циклораспада), при к-ром связи образуются (разрываются) синхронно у одного и того же атома. Обычно в X. р. образуются две σ-связи между концевыми атомами сопряженного полиенового или вицинальными атомами этиленового субстрата и атомом реагента, имеющим неподеленную пару электронов в плоскости молекулы и вакантную орбиталь, ортогональную этой плоскости. К таким реагентам относятся SO<sub>2</sub>, CO, карбены, нитрены, фосфены и т. п. Формально процесс соответствует уменьшению числа π-связей в субстрате и увеличению координац. числа атома реагента, напр.:



При этом число π-электронов в молекуле уменьшается на 2. Обратную р-цию наз. хелетропным элиминированием или хелетропным циклораспадом.

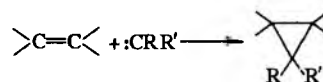
Различают линейные и нелинейные X. р. В линейной р-ции орбиталь неподеленной пары атома А участвует по супрапов-верхностному типу (т. наз. σ-сближение реагентов), в нелинейной – по антаралпов-верхностному типу (π-сближение реагентов) (см. *Вудворда-Хофмана правила*). Линейные X. р. сопровождаются дисротаторным смещением концевых групп при n = 4q и конротаторным при n = 4q + 2, нелинейные – конротаторным смещением при n = 4q и дисротаторным при n = 4q + 2 (табл.).

**РАЗРЕШЕННЫЕ ХЕЛЕТРОПНЫЕ РЕАКЦИИ**

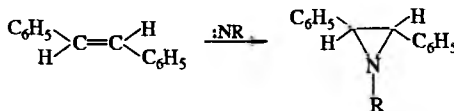
Число π-электронов	Термин. р-ция	Фотохим. р-ция
4q <sup>*</sup> ; (4q+2) <sup>**</sup>	Линейная	Нелинейная
(4q+2) <sup>*</sup> ; 4q <sup>**</sup>	Нелинейная	Линейная

\* Присоединение. \*\* Элиминирование.

Важнейший пример X. р. – присоединение синглетных карбенов по двойной связи с образованием циклопропанов; р-ция протекает *цис*-стереоспецифично:



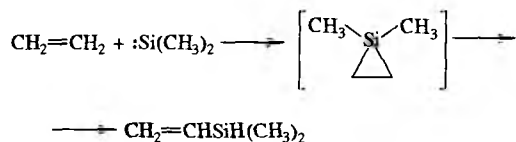
Присоединение нитренов к олефинам приводит к азиридинам. Так, синглетный пентафторфенилнитрен с *транс*-стильбенем дает соответствующий *транс*-азиридин; *цис*-стильбен – *цис*-азиридин, напр.:



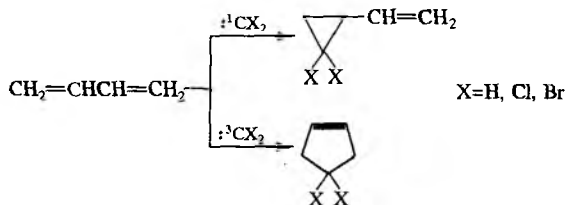
Аналогично протекает р-ция с атомарным кислородом с образованием оксиранов.



В случае силиленов и гермиленов гетероциклич. аддукты образуются лишь на промежут. стадиях р-ции:

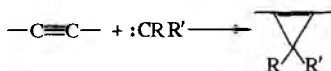


С диеновыми системами синглетные карбены образуют винилциклопропаны, а триглетные – циклопентены:

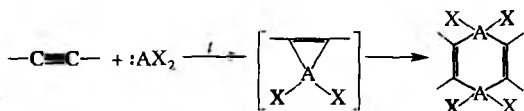


Х. р. силиленов и гермиленов с диенами приводят к продуктам 1,4-циклоприсоединения, а р-ции с *цис*-1,3,5-гекса триеном – к продуктам 1,6-циклоприсоединения.

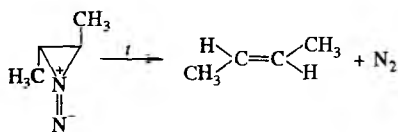
Х. р. карбенов с ацетиленами – один из основных методов получения производных циклопропана:



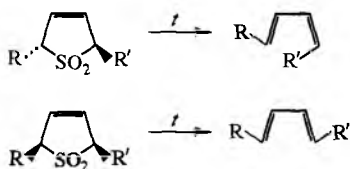
Х. р. нитренов с ацетиленами приводят к азиринам. Силилены и гермилены с ацетиленами образуют в качестве промежут. продуктов сила- и гермациклопропаны, к-рые далее димеризуются:



Наиб. широко распространены Х. р. распада циклич. структур с выбросом (экзрузией) небольших молекул типа  $\text{SO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$  и др. Так, элиминирование  $\text{N}_2$  из циклич. диазенов идет стереоспецифично:



В термически разрешенной линейной Х. р. дисротаторного раскрытия цикла *транс*-сульфонов образуются *цис*, *транс*-диены, а из *цис*-сульфонов – *транс*, *транс*-диены:

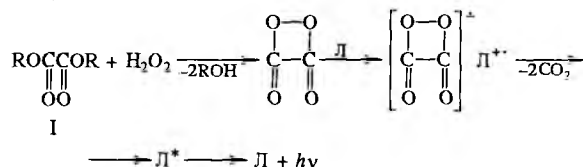


Аналогично протекает р-ция для *транс*-диазенов.

Термин Х. р. предложен Р. Вудвордом и Р. Хоффманом в 1969.

Лит.: Вудворд Р., Хоффман Р., Сохранение орбитальной симметрии, пер. с англ., М., 1971; Джилкрист Т., Сторр Р., Органические реакции и орбитальная симметрия, пер. с англ., М., 1976; Пирсон Р., Правила симметрии в химических реакциях, пер. с англ., М., 1979; Нефедов О. М., Иоффе А. И., Мещников Л. Г., Химия карбенов, М., 1990. М. Е. Клецкий.

**ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА**, однородные источники света, действие к-рых основано на выделении световой энергии в результате хим. р-ции. Чаще всего используют р-цию диарил(гетерил)оксалагов с  $\text{H}_2\text{O}_2$  в присут. активатора (люминофора Л) и основного катализатора в безводном апротонном р-рителе, напр. диметил- или дибутилфталате (т. наз. пероксидно-оксалатная хемилюминесценция):



В качестве исходных реагентов обычно применяют I, где  $\text{R} = 2,4,6$ -трихлорфенил либо 6-пентиоксикарбонил-2,4,5-трихлорфенил, в последнем случае квантовый выход хемилюминесценции 0,25–0,30; концентрация реагентов 0,01–0,3 М. Используют также производные 2-пиридона или 2,4,5-трихлоранилина, имеющего у атома N группу  $\text{SO}_2\text{CF}_3$ . Люминофорами, как правило, служат полициклич. арены (табл.) в концентрации  $10^{-4}$ – $10^{-3}$  М.

СВОЙСТВА ЛЮМИНОФОРОВ

Соединение	$\lambda_{\text{эл}}$ , нм	$\Phi_{\text{э}}$	Цвет излучения
9,10-Дифенилантрацен	434	0,90	Фиолетовый
Перилен	471	1,00	Голубой
9,10-бис-(Фенилэтил)антрацен	511	0,99	Зеленый
1-Хлор-9,10-бис-(фенилэтил)антрацен	530	1,00	Зелено-желтый
1,4-Диметил-9,10-бис-(фенилэтил)антрацен	543	0,90	Желто-зеленый
Рубрен (5,6,11,12-тетрафенилтетрацен)	562	1,00	Оранжевый
6,11-Дихлор-5,12-бис-(фенилэтил)тетрацен	643	0,60	Красный

В спектре хемилюминесценции положение максимума  $\lambda_{\text{эл}}$  зависит от разности стандартных потенциалов окисления и восстановления люминофора. Эффективность люминофора как эмиттера света определяется квантовым выходом люминесценции  $\Phi_{\text{э}}$ , а его эффективность как активатора хемилюминесцентной р-ции – способностью быть донором электронов при образовании комплекса с переносом заряда.

Комбинацией неск. люминофоров получают излучение белого цвета.

Конструктивно Х. и. с. состоит из корпуса, выполненного из светопрозрачного материала (полиэтилен, полипропилен) в виде цилиндра (трубки) или иной формы. Внутри корпуса помещают р-р оксалата и люминофора, а также ампулу с р-ром  $\text{H}_2\text{O}_2$  и катализатора. Сгибание (сдавливание) корпуса ведет к разрушению ампулы, смешению р-ров и началу хемилюминесцентной р-ции.

Наиб. применение находят зеленые и зелено-желтые хемилюминесцентные композиции. Для расширения цветовой гаммы можно использовать полиэтиленовый корпус, окрашенный флуоресцентными пигментами на основе родамина БЖ или родамина С; это позволяет конвертировать зелено-желтое свечение в оранжево-красное.

Х. и. с. применяют в качестве безопасных автономных источников света при проведении разл. аварийно-спасат. работ. По эксплуатац. характеристикам их подразделяют на вспышку-сигнал (время свечения 1–2 мин, яркость  $\sim 10^4$  кд/м<sup>2</sup>), осветитель (1–3 ч,  $10^2$ – $10^3$  кд/м<sup>2</sup>) и маркер (6–24 ч,  $10$ – $10^2$  кд/м<sup>2</sup>); по рабочей т-ре – на «летние» (5–30 °С) и «зимние» (от –30 до +5 °С).

Лит.: Васильев Р. Ф., «Изв. АН СССР. Сер. физ.», 1982, т. 46, № 2, с. 323–29; Красовицкий Б. М., Болотин Б. М., Органические люминофоры, 2 изд., М., 1984; McSarg F., «Quart. Rev.», 1966, v. 20, № 4, p. 485–510; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 5, N. Y., 1979, p. 416–50.

С. К. Смирнов, О. А. Антонкина.

**ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ**, см. *Люминесцентный анализ*.

**ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ КИНЕТИЧЕСКИЙ МЕТОД**, используется для изучения кинетики окисления. Основан на том, что при жидкофазном окислении орг. соед. RH молекулярным O<sub>2</sub> образуются пероксидные радикалы, диспропорционирование к-рых приводит к образованию возбужденных молекул карбонильных соед., испускающих свет (см. *Хемилюминесценция*). Для проведения опыта в термостатир. реакц. ячейку помещают окисляемое в-во, фотосенсибилизатор, инициатор и ингибитор и пропускают смесь O<sub>2</sub> с N<sub>2</sub>. Интенсивность свечения I измеряют фотоумножителем. Поскольку I прямо пропорциональна скорости диспропорционирования радикалов RO<sub>2</sub>·, а в отсутствие ингибитора скорость этой р-ции равна скорости инициирования v<sub>i</sub>, то I ~ v<sub>i</sub> и метод позволяет следить за изменением v<sub>i</sub> в ходе р-ции. Когда источник радикалов – инициатор, концентрация к-рого уменьшается по экспоненц. закону, по изменению I во времени можно определить константу скорости распада инициатора. Если осн. источник радикалов – лабильный гидропероксид, образующийся при окислении RH, его квазиравновесная концентрация м.б. определена сопоставлением I с ее значением в опыте с известной концентрацией гидропероксида.

Метод применяется для оценки эффективности ингибиторов окисления, изучения кинетики окисления в нестационарных условиях, а также для исследования окисления таких орг. соед., в к-рых возникают первичные или вторичные пероксидные радикалы. Эти соед. могут служить модельными системами для изучения разл. инициаторов, катализаторов и ингибиторов окисления. При этом объекты исследования не должны влиять на хемилюминесценцию.

Лит.: Хемилюминесцентные методы исследования медленных химических процессов, М., 1966. *Е.Т. Денисов.*

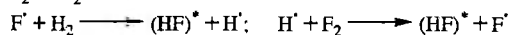
**ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ**, излучение, возникающее вследствие образования продуктов хим. р-ций в возбужденном состоянии. Энергия возбуждения испускается в виде фотонов при квантовом переходе в основное состояние молекул (см. *Люминесценция*). Наиб. исследованы р-ции с излучением в видимой области спектра; существует X. в УФ и ИК диапазонах. Спектр X. может состоять из широких полос, что характерно для жидкофазных р-ций, или м.б. линейчатый (гл. обр. при газофазных р-циях). Отдельно выделяют биолуминесценцию – разновидность X. в живых организмах. Прир. явления X. были известны с очень давних времен; свечение неба, нек-рых насекомых, минералов, гниющих растений и т.п. отмечалось из-за инстинктивного ощущения несоответствия цвета свечения и т-ры. Изучение X. интенсивно ведется с кон. 19 в.

Яркость X. пропорциональна квантовому выходу X. η (отношению числа фотонов, испускаемых хим. системой, к числу прореагировавших частиц), к-рый определяется как отношение интенсивности свечения к скорости хим. р-ции. Квантовый выход X. колеблется от 1 (ферментативное окисление на воздухе люциферина светляка) до 10<sup>-15</sup> (р-ции нейтрализации к-т основаниями). Различают также квантовый выход возбуждения X. η<sub>0</sub> – отношение числа возбужденных частиц-продуктов к общему числу прореагировавших исходных молекул; энергетич. выход X. – отношение энергии, испускаемой в виде фотонов, к энтальпии (или свободной энергии) хим. превращения. Наиб. интерес представляют эти величины, если удастся отнести их к отд. элементарным стадиям.

В нек-рых системах излучателем (эмиттером фотонов) является вовсе не та молекула, к-рая возбуждается в первичном хим. акте. Энергия возбуждения передается с нее излучательно или безызлучательно др. частицам, присутствующим в системе, к-рые способны излучать с более высоким выходом (активаторы X.). Активаторы смещают спектры X. в более длинноволновую область. Зачастую свечение быстропротекающих хим. р-ций хорошо видно невооруженным глазом, хотя выход излучения у них и невелик.

Газофазные р-ции с яркой X. широко распространены в верх. слоях атмосферы. Зеленое свечение ночного неба обусловлено образованием возбужденного кислорода по р-ции:

O + O + O → O<sub>2</sub> + O\*. Яркой газофазной X. является окисление паров белого фосфора кислородом; это свечение дано назв. элементу фосфор («несущий свет»). Продукты хим. превращения могут оказаться в колебательно-возбужденном состоянии и излучать в ИК области спектра. Пример – цепная р-ция F<sub>2</sub> с H<sub>2</sub>:



При соответствующих условиях скорость образования колебательно-возбужденной молекулы (HF)\* достаточна для создания инверсии заселенности уровня энергии и генерации лазерного излучения (см. *Лазеры химические*).

Наиб. распространенные из жидкофазных р-ций, сопровождающихся X., – окислительно-восстановительные. Так, алифатич. углеводороды RH при взаимодействии с O<sub>2</sub> образуют радикалы RO<sub>2</sub>·, р-ции к-рых через стадию тетраоксида дают триплетно возбужденный кетон или синглетный кислород <sup>1</sup>O<sub>2</sub>.

Очень яркое свечение имеет место в р-рах ароматич. молекул (пирен, хризен и т.п.) при рекомбинации их электрохимически генерированных анион- и катион-радикалов: Ar<sup>•+</sup> + Ar<sup>•-</sup> → Ar\* + Ar (или Ar<sub>2</sub>\* – эксимер) (электрорехемилюминесценция). Высокий квантовый выход возбуждения характерен для распада 1,2-диоксетанов, при к-ром образуются две молекулы кетона, одна из к-рых электронно-возбужденная. Аналогичная р-ция обуславливает яркую X. в биол. системах.

Образование возбужденных частиц в хим. превращениях является скорее правилом, чем исключением. Так, излучение зафиксировано при окислении практически всех металлоорг. соед., в окислительно-восстановит. превращениях многих d- и f-элементов. Нек-рые из этих превращений сопровождаются очень ярким свечением, напр. восстановление р-ров бипиридинных комплексов Ru(III), окисление ионов U(IV) соединениями ксенона, восстановление ионов Cm(IV).

Твердофазная X. имеет место при термич. разложении кристаллов. Напр., яркое красное свечение наблюдается при разложении K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, активированном ионами Eu(III). Интенсивно исследуется X. в замороженных матрицах инертных газов, замороженных водных р-рах. X. сопровождает распад пероксидов и азосоединений в полимерной матрице; напр., при распаде дициклогексилпероксидкарбоната в поликарбонате, полистироле, полиметилметакрилате люминесцируют молекулы циклогексанона, образующиеся при диспропорционировании циклогексилалкоксильных радикалов. X. при распаде дикумилпероксида в полипропилене представляет собой фосфоресценцию ацетофенона – продукта превращения алкоксикумильных радикалов. X. наблюдается при распаде 2,2'-азо-бис-изобутиронитрила в поликарбонате, бензоилпероксида в полистироле и полиметилметакрилате, нек-рых диалкилпероксидов в поликарбонате и поливинилциклогексане.

X. сопровождает хемосорбцию газообразных молекул на активных центрах пов-сти твердых тел, напр. при адсорбции молекул O<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> и др. на пов-сти катализаторов (иногда ее наз. адсорболоминесценцией). Известны и др. виды X., напр. обусловленные облучением ионизирующим или УФ излучением (радио- и фото-X.).

X. применяют в научных исследованиях: при изучении процессов в верх. слоях атмосферы, механизма гетерогенно-каталитич. р-ций, автоколебат. р-ций, процессов в биол. системах, хим. превращений полимеров при облучении и мех. воздействиях X. – один из наиб. чувствит. методов аналит. химии, позволяющий определять ультрамалые концентрации, используемый, в частности, для экологич. исследований (см. *Люминесцентный анализ*). X. применяют в хемилюминесцентных источниках света.

Лит.: Волькенштейн Ф.Ф., Горбань А.Н., Соколов В.А., Радикало-рекомбинационная люминесценция полупроводников, М., 1976; Казаков В.П., Хемилюминесценция уранила, лантаноидов и d-элементов, М., 1980; Васильев Р.Ф., Пути возбуждения хемилюминесценции органических соединений, Биохемилюминесценция, М., 1983; Лотник С.В., Казаков В.П., Низкотемпературная хемилюминесценция, М., 1987; Измайлов И.А., Мельников Л.Ю., в кн.: Итоги науки и техники, сер. Радиационная химия. Фотохимия, т. 6, М., 1989, с. 3–135. *В.П. Казаков.*

**ХЕМОСОРБИРУЮЩИЕ ВОЛОКНА** (хемосорбционные волокна), предназначены для адсорбции или выделения химически активных в-в из жидкой или газовой среды. Осн. виды Х. в. – катионообменные, анионообменные и амфотерные. Иногда к Х. в. относят также т. наз. электрообменные, или окислит.-восстановительные, волокна.

Получение Х. в. возможно разл. методами.

1. Синтез сополимеров с химически активными группами в основной цепи (напр., сополимеризация акрилонитрила с акриловой к-той, 2-метилаллилсульфонатом, 5-винил-2-метилпиридином или др. мономерами) и формирование из них волокон.

2. Прививка мономеров, способных к хемосорбции, к базовому полимеру с послед. формированием волокна из такого сополимера, прививка мономера к уже сформованному волокну (напр., прививка акриловой или метакриловой к-т, 5-винил-2-метилпиридина и др. мономеров к полиакрилонитрилу, целлюлозе, поливиниллому спирту, алифатич. полиамидам и волокнам на их основе).

3. Полимераналогичные превращения готовых волокон (напр., омыление полиакрилонитрильных волокон, окисление целлюлозных волокон, сульфирование или фосфорилирование реакционноспособных групп разл. волокон).

4. Формование волокон из смесей полимеров или дисперсий хемосорбируемых полимеров в матричном полимере (напр., катионитов или анионитов в р-ре полиакрилонитрила или вискозе).

Прививка к волокнам или др. хим. превращения готовых волокон – технически более простые и экономичные методы, причем придание хемосорбирующих св-в может вестись как на волокнах, так и на уже готовых текстильных материалах (тканях, нетканых материалах).

Электрообменные волокна имеют в своем составе способные к окислит.-восстановит. р-циям функц. группы (напр., гидроксильную, тиольную).

Осн. св-ва Х. в.: статич. обменная емкость (для пром. волокон Вион) 0,8–7 мэв/г; линейная плотн. от 0,2 до 1 текс; прочность 5–25 сН/текс; удлинение 15–40%, сохранение прочности в петле 30–70%; набухание в воде 10–50%.

Х. в. по сравнению с гранулир. ионитами имеют ряд отличит. особенностей и преимуществ. Главные из них – большая площадь пов-сти и малые геом. размеры. Эти качества способствуют многократному ускорению сорбционно-десорбционных процессов. Благодаря этому коэф. массообмена оказываются на 1–2 порядка выше.

Использование Х. в. в виде полотен позволяет резко уменьшить размеры или увеличить площадь активной зоны хим. аппаратов. Так, с применением тканей возможно осуществлять непрерывные процессы сорбции и десорбции. Использование нетканых материалов позволяет существенно снизить гидродинамич. сопротивление активного слоя.

Более высокие мех. св-ва, меньшие хрупкость и значения внутр. напряжений при набухании приводят к лучшей сохранности Х. в. в циклах сорбция – десорбция; они без изменения св-в могут выдерживать сотни таких циклов. Этому также способствует достаточно высокая хим. стойкость Х. в., особенно полученных на основе карбоцепных полимеров. Однако Х. в. имеют иногда несколько более низкие показатели обменной емкости и более высокую стоимость, чем гранулир. иониты.

Х. в. выпускаются во мн. развитых странах на базе модифицир. полиакрилонитрильных, целлюлозных, полиамидных, углеродных и др. видов волокон и волоконистых материалов.

Х. в. и волокнистые материалы на их основе применяют для выделения вредных или ценных в-в из газовых и жидких сред со степенью очистки (выделения) 99–99,5%; очистки малоконцентрир. вентиляторных и технол. газов от кислот и щелочных газообразных в-в; защиты от аэрозолей в респираторах для органов дыхания; для селективного или общего извлечения солей, кислот, щелочных и комплексобразующих в-в из разл. технол. р-ров и сточных вод. Х. в. используют также в аналит. химии, ионообменной хроматографии, катализе, очистке биопрепаратов, хемосорбции, в качестве носителей лек. препаратов и ряде др. областей химии и медицины.

Лит.: Вольф Д. А., Меос А. И., Волокна специального назначения, М., 1971; Тюганова М. А., Мазов М. Ю., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1972, т. 17, № 6, с. 654–58; Волокна с особыми свойствами, М., 1980; Получение и свойства хемосорбционных волокон, М., 1981; Зверев М. П., Хемосорбционные волокна, М., 1981; Бараш А. Н. [и др.], «Хим. волокна», 1988, № 1, с. 22–24; Зверев М. П., «Хим. волокна», 1989, № 3, с. 32–37.

К. Е. Перелькин.

**ХЕМОСОРБЦИЯ** (от *хемо...* и *сорбция*), поглощение твердым телом (адсорбентом) или жидкостью (абсорбентом) в-ва из газовой фазы с образованием хим. соед.; частный случай *сорбции* (в зависимости от вида сорбента процесс также наз. *абсорбцией* или *адсорбцией* с хим. р-цией). Х. обычно сочетается с обратным процессом – десорбцией, при к-рой образовавшиеся в результате прямого процесса хим. соед. разрушаются и происходит выделение поглощенного в-ва. В ряде случаев желательным результатом Х. являются собственно продукты р-ции.

Х.–экзотермич. процесс, сопровождающийся выделением значит. кол-ва теплоты. Напр., при Х. кислорода металлами выделяется до 500 кДж/моль. Для газов теплота растворения при Х. абсорбентами также велика (до 130 кДж/моль) и существенно выше, чем теплота растворения газов при физ. абсорбции. Десорбция хемосорбентов, отличающихся высокими теплотами адсорбции или растворения, обычно затруднена, что иногда приводит даже к практич. необратимости процесса. В гетерог. катализе Х. рассматривают как отдельную стадию, предшествующую хим. превращению.

Характерная особенность Х.–чувствительность к хим. природе поглотителя (хемосорбента). В отличие от физ. адсорбции, при Х. не сохраняется индивидуальность поглощаемого в-ва (адсорбтива) и хемосорбента. При сближении с его пов-стью молекул адсорбтива происходит перераспределение электронных плотностей взаимодействующих компонентов с образованием хим. связи. Х. протекает обычно с небольшой скоростью и может проходить при высоких т-рах, когда физ. адсорбция пренебрежимо мала. Адсорбц. равновесие можно выразить в виде изотерм адсорбции, к-рые на однородных пов-стях описываются ур-нием Ленгмюра, на неоднородных – ур-нием Фрейндлиха.

При Х. р-ром адсорбента р-римость газа зависит как от поглоти. способности химически неактивного компонента хемосорбента, так и от природы его активного компонента. В частности, р-римость газов при Х. определяется константой хим. равновесия, стехиометрич. соотношениями и др. факторами. Из-за сложности указанной зависимости равновесные значения концентрации газа над р-ром хемосорбента, как правило, находят экспериментально. Расчеты равновесия при Х. для ряда частных случаев приведены в спец. литературе.

При реализации жидкостной Х. помимо знания равновесных данных и кинетики хим. р-ций нужно определять также скорость переноса в-ва через границу раздела газ – жидкость в слой жидкости (см. *Переноса процессы*). Сложность гидродинамики двухфазных потоков и необходимость совместного рассмотрения процессов переноса импульса, энергии и в-ва в условиях протекания хим. р-ций не позволяют производить расчет Х. на основании общих принципов. На практике часто используют упрощенные модели Х., напр. пленочную, обновления пов-сти и т.д. С помощью этих моделей находят коэф. ускорения – отношение скорости адсорбции с хим. р-цией между газом и р-рителем к скорости процесса без р-ции.

При определенных условиях Х. сопровождается поверхностной конвекцией (т. наз. эффект Марангонни, существенно ускоряющий межфазный перенос в-ва; см. *Массообмен*). Обусловленный ею ускоряющий фактор массопередачи определяют с помощью продольного градиента поверхностного натяжения.

Твердофазную и жидкостную Х. осуществляют в колонных аппаратах, тип и конструкция, а также гидродинамич. условия работы к-рых оказывают влияние на эффективность процесса. При Х. твердыми телами используют адсорберы с неподвижным, движущимся или псевдооживленным (см. *Псевдооживление*) слоем адсорбента. Жидкостную Х. обычно проводят в абсорберах пленочного (см. *Пленочные аппараты*) либо барботажного (см. *Барботирование*) типа.

Х. применяют для разделения газовых смесей, при очистке газов от высших углеводородов,  $\text{CO}_2$ , сернистых соед. и др., а также в электровакуумной технике.

Лит.: Тренил Б., Хемосорбция, пер. с англ., М., 1958; Очистка технологических газов, под ред. Т. А. Семенов, И. Л. Лейтеса, 2 изд., М., 1977; Аксельрод Ю. В., Газо-жидкостные хемосорбционные процессы, М., 1989. В. В. Дильман.

**ХЕМОСТЕРИЛИЗАТОРЫ** (хемостериланты), вызывают у насекомых бесплодие или появление нежизнеспособного потомства. Действуют на самцов или на самок либо на тех и других. Нек-рые Х. подавляют сперматогенез или овогенез, но чаще всего их действие обусловлено способностью вызывать хромосомные перестройки.

Обычно Х. делят на три группы. Первая группа – алкилирующие средства, действующие на генетич. аппарат. К ним относятся фосфорорг. производные этиленмина, напр. триазиридинофосфиноксид (ТЭФА), 2,4,6-триазиридино-1,3,5-триазин (третамин); производные хлор-этиламидина, напр. *азотистые иприты*, хлорамбуцил [4-( $\text{ClCH}_2\text{CH}_2$ ) $_2\text{NC}_6\text{H}_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$ ]; нек-рые эфиры сульфокислот, напр.  $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{O}(\text{CH}_2)_6\text{OSO}_2\text{CH}_3$ . Вторая группа – антиметаболиты – в-ва, нарушающие синтез нуклеиновых к-т. К ним относятся производные пурина, фолиевой к-ты, пириимидина (напр., 5-фторурацил). Третья группа – в-ва из разных классов хим. соед. с невыясненным механизмом действия; в их число входят производные трифенилолово, циклич. мочевины, гексаметапол, нек-рые антибиотики (митомидин) и алкалоиды (напр., колхицин). Хемостерилизующей активностью обладают лек. препараты противопухолового действия.

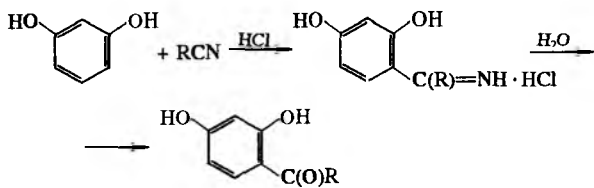
Х. могут использоваться для борьбы с вредными насекомыми, однако масштабы их практич. применения незначительны из-за техн. трудности. Наиб. перспективно применение Х. в сочетании с феромонами.

Лит.: Булыгинская М. А., Вронских М. Д., «Успехи химии», 1970, т. 39, в. 11, с. 2025–49; Franz J. M., Krig A., Biologische Schädlingsbekämpfung, В.-Hamb., 1972; Heitefuß R., Pflanzenschutz. Grundlagen der praktischen Phytomedizin, Stuttg., 1975. Г. С. Шейндерман.

**ХЕМОТРОНЫ**, то же, что *электрохимические преобразовательные информации*.

**ХЕУОРСА ФОРМУЛЫ**, то же, что *Хоуорса формулы*.

**ХЁША РЕАКЦИЯ** (Губена – Хёша р-ция, Хёша р-ция), получение ароматич. кетонов путем С-ацилирования многоатомных фенолов (или их эфиров) с помощью нитрилов и  $\text{HCl}$ , напр.:



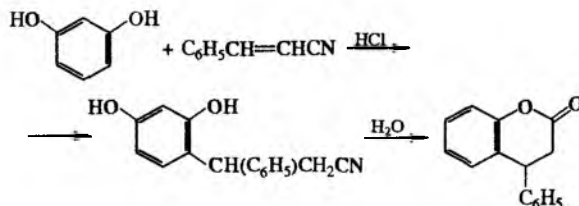
Обычно Х. р. осуществляют в присут. катализатора [хлоридов  $\text{Zn(II)}$ ,  $\text{Fe(III)}$ ,  $\text{Co(II)}$ ,  $\text{Ni(II)}$ ,  $\text{Cu(II)}$ ,  $\text{Cd(II)}$ ] в среде орг. р-рителя (диэтилового эфира, хлороформа, бензола и др.) при т-ре от 0 до  $-5^\circ\text{C}$  (при использовании  $\text{CH}_3\text{CN}$  р-цию ведут при т-ре ок.  $20^\circ\text{C}$ ). Обычно вначале насыщают хлористым водородом смесь нитрила с катализатором и через 2 ч добавляют фенол; образующийся гидрохлорид кетимина отделяют и гидролизуют. Выходы кетонов колеблются в широких пределах, приближаясь в неосложненных побочных процессах к количественным.

В Х. р. наиб. гладко вступают двух- и трехатомные фенолы и их эфиры; электронодонорные орто-заместители способствуют, а электроноакцепторные препятствуют протеканию р-ции; очень низкой реакц. способностью обладают пирокатехин, гидрохинон и его эфиры.

В р-цию вступают алифатич. [в т. ч. содержащие в  $\alpha$ -положении группу  $\text{HO}$ ,  $\text{Hal}$ ,  $\text{RC(O)}$  или  $\text{RC(O)O}$ ], ароматич. и жирноароматич. нитрилы, а также динитрилы.

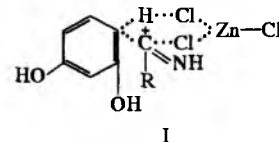
$\alpha,\beta$ -Ненасыщенные нитрилы и нитрилы, содержащие в  $\beta$ -положении группу  $\text{HO}$ ,  $\text{Hal}$  или  $\text{C=O}$ , в условиях Х. р. дают первоначально  $\beta$ -арилпропионитрилы, к-рые далее могут превращаться в соответствующие к-ты, а при замыкании

цикла в кумарины и дигидрокумарины (т. наз. аномальная р-ция Хёша), напр.:



Осн. побочные процессы – образование иминоэфиров и димеризация нитрилов.

Механизм Х. р. до конца не выяснен. Считают, что в отсутствие катализатора ароматич. соед. подвергается электроф. атаке иминиевым катионом  $\text{R-C}^+=\text{NH}$ , а в присут. катализатора процесс осуществляется через циклич. переходное состояние (ф-ла I). В обоих случаях процесс завершается образованием гидрохлорида кетимина, гидролиз к-рого приводит к кетону.

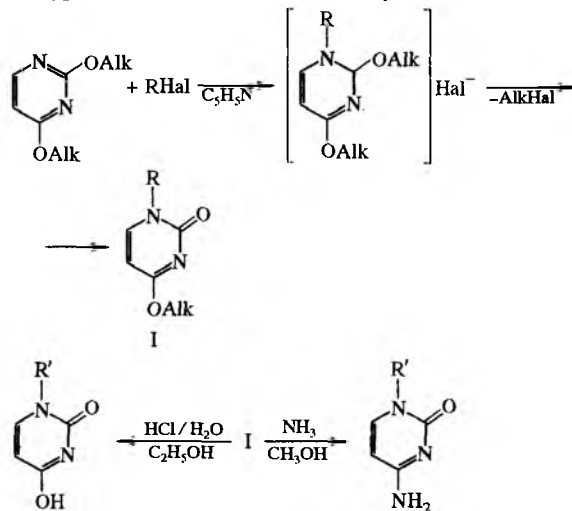


Известно много модификаций Х. р.: получение кетонов из фенолов и нитрилов в присут.  $\text{CF}_3\text{SO}_2\text{OH}$  (механизм отличен от Х. р.); формилирование ароматич. соед. под действием  $\text{HCN}$  или  $\text{Zn(CN)}_2$  (см. Гаттермана синтез) и их цианирование при действии  $\text{CCl}_3\text{CN}$ ,  $\text{BrCN}$  или  $\text{Hg(ONC)}_2$ ; ацилирование ароматич. аминов с помощью нитрилов в присут.  $\text{VCl}_3$  и др.

Х. р. используют в препаративной практике. Она открыта Я. Губеном и Э. Шмидтом в 1913, позднее подробно изучалась К. Хёшем.

Лит.: Сперри П. Е., Дюбуа А. С., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 5, М., 1951, с. 284–318; Зильберман Е. Н., Реакции нитрилов, М., 1972, с. 195–293; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 371–72. Г. И. Дрозд.

**ХИЛБЕРТА – ДЖОНСОНА – РИСТА РЕАКЦИЯ** (Хилберта – Джонсона р-ция), получение пириидиновых нуклеозидов взаимод. 2,4-диалкоксипириидинов с галогенпроизводными углеводов. В основе метода лежит открытая Дж. Хилбертом и Т. Джонсоном перегруппировка 2,4-диалкоксипириидинов в 2-кетопириидины под действием алкилгалогенидов. При вовлечении в реакцию с алкоксипириидинами ацетилгликозилгалогенидов в присут. пиридина образуются 1-ацетилгликозил-2-оксо-4-алкоксипириидины (ф-ла I), к-рые путем гидролиза или аммонолиза превращают соотв. в урациловый или цитозиновый нуклеозид:



R– ацетилгликозил; R'– гликозил;  
Hal=Cl, Br

В качестве исходных пириמידов обычно используют соед. с  $\text{Alk} = \text{C}_2\text{H}_5$ ; в ряде случаев хорошие результаты получены с применением 2,4-О-триметилсилильных производных. В связи с большей устойчивостью и доступностью в р-ции предпочтительнее использовать ацетилгликозилгалогениды. Гидролиз или аммонолиз обычно осуществляют в среде метанола. Выход конечных продуктов составляет 30–60%.

Р-ция дает хорошие результаты лишь при получении пирозинилнуклеозидов; при вовлечении в р-цию ацилрибофуранозилгалогенидов выход нуклеозидов либо очень низок, либо их вообще не удается выделить из сложной смеси конечных продуктов; р-ция редко используется и для получения дезокси-нуклеозидов, т. к. ацилдезоксифуранозилгалогениды труднодоступны и очень лабильны.

Для синтеза природных нуклеозидов и их аналогов предпочтительнее применять р-цию ацетилгликозилгалогенидов с металлами. (ртутными, серебряными, литиевыми) производными пириמידов.

Р-цию используют в лаб. практике. Она открыта Дж. Хилбертом и Т. Джонсоном в 1930.

Лит.: Шабарова З. А., «Успехи химии», 1959, т. 28, № 4, с. 369–407; Химия биологически активных природных соединений, под ред. Н. А. Преображенского, Р. П. Евстигнеевой, М., 1970, с. 343; Hilbert G., Johnson T., «J. Amer. Chem. Soc.», 1930, № 52, p. 4489; Hilbert G., Rist C., «J. Biol. Chem.», 1937, v. 117, p. 371.

Г. И. Дрозд.

**ХИМИКО-СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**, см. *Спектральный анализ*.

**ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА**, одновременное хим. и тепловое воздействие на изделия пл. обр. из металлов и сплавов, приводящее к изменению хим. состава и структуры в поверхностных слоях, а иногда и во всем объеме изделия.

Х.-т. о. применяют как один из заключит. видов обработки готовых изделий для создания оптич. сочетания поверхностных и объемных св-в материала (напр., для создания твердой, износостойкой пов-сти при сохранении вязкой, пластичной основы, а также для повышения коррозионной стойкости).

Для осуществления Х.-т. о. изделие нагревают в химически активной среде в течение неск. часов при т-ре, составляющей 0,5–0,8 т-ры плавления осн. компонента. Во время выдержки пов-сть изделия вследствие диффузии обогащается хим. элементами из внеш. среды на глубину от неск. мкм до неск. мм. Иногда Х.-т. о. используют для диффузионного удаления из изделия примесей или легирующих элементов.

Для Х.-т. о. металлов и сплавов применяют много способов, различающихся диффундирующими элементами, составом внеш. среды, природой хим. процессов, техникой исполнения и др. факторами. В зависимости от агрегатного состояния внеш. среды различают Х.-т. о. в твердой, жидкой и газовой фазах.

По характеру изменения хим. состава обрабатываемого изделия Х.-т. о. можно разделить на диффузионное насыщение неметаллами или металлами и диффузионное удаление элементов (чаще всего углерода в слабоокислит. среде или водорода в вакууме). Разновидности Х.-т. о.: цементация – насыщение пл. обр. стальных изделий углеродом; азотирование – насыщение азотом стали, сплавов на основе Ti и тугоплавких металлов; окислирование – окисление поверхностных слоев алюминиевых и магниевых сплавов; цианирование и нитроцементация – одновременное насыщение углеродом и азотом стальных (чугунных) изделий соотв. из расплава солей и газовой фазы; борирование – насыщение бором изделий из стали, сплавов на основе Ni, Co и тугоплавких металлов; силицирование – насыщение кремнием; алитирование – насыщение алюминием пл. обр. сталей, реже – чугунов и сплавов на основе Ni и Co; хромирование и цинкование – насыщение стали соотв. хромом и цинком; меднение – насыщение медью изделий из стали. Из всех видов Х.-т. о. наиб. широко используют насыщение стали углеродом и азотом. Углерод и азот быстро диффундируют в железо, образуя при этом твердые р-ры, карбидные и нитридные фазы, резко отличающиеся по физ.-хим. св-вам от железа.

Цементацию сталей проводят с применением твердого или газового реагента (карбюризатора). Наиб. распространенный твердый карбюризатор – древесный уголь с добавками  $\text{BaCO}_3$ . Газовый карбюризатор – природный газ или газообразные углеводороды. Цементацию проводят при 900–1050 °С с выдержкой до 10 час. Цементация относится к числу древнейших операций термич. обработки, использовавшихся задолго до н. э.

Для азотирования сталей чаще всего используют аммиак. Процесс проводят при 500–550 °С в течение 20–100 ч или при 600–700 °С в течение 1–10 ч.

Лит.: Минхевич А. Н., Химико-термическая обработка металлов и сплавов, 2 изд., М., 1965; Новиков И. И., Теория термической обработки металлов, 3 изд., М., 1978.

Ю. В. Левинский

**ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (ХТС)**, включают собственно хим. процессы, аппарат или трупу аппаратов для проведения этих процессов, ср-ва контроля и управления процессами. Совокупность этих элементов и связи между ними образуют структуру ХТС. ХТС взаимодействует с окружающей средой. В общем случае воздействие окружающей среды характеризуется тремя группами переменных: входными, управляющими и возмущающими. Входные могут определять, напр., кол-во перерабатываемого сырья, его состав, термодинамич. характеристики. Управляющие переменные используются для компенсации возмущающих воздействий, а также для обеспечения заданных показателей функционирования системы. Р-ция ХТС на воздействие окружающей среды проявляется в изменении выходных переменных, к-рые м. б. использованы для выработки соответствующих управляющих воздействий. См. также *Химическая технология*.

**ХИМИКО-ФОТОГРАФИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ФОТОМАТЕРИАЛОВ**, совокупность операций (процессов), к-рым подвергается экспонир. фотоматериал с целью превращения скрытого изображения в видимое. В основе Х.-ф. о. ф. лежат физ.-хим. процессы, протекающие в светочувствит. слое фотоматериала под действием химически активных в-в, входящих в состав обрабатывающих р-ров или паст. Характер этих процессов зависит от св-в фотоматериала и природы применяемых хим. в-в.

Изображение на фотоматериале с галогеносеребряным светочувствит. слоем можно получить двумя способами, условно называемыми **негативно-позитивным** и **способом обращения**. В первом случае на экспонир. фотоматериале сначала получают негативное изображение (негатив), к-рый затем используют при экспонировании др. фотоматериала (фотобумаги или позитивной пленки) для получения позитивного изображения (позитива). По способу обращения промежуток негативное и окончат. позитивное изображения получают, как правило, на одном и том же эмульсионном слое, используя определенный способ обработки.

**Негативно-позитивный процесс**. Х.-ф. о. ф. при негативно-позитивном процессе включает в себя обязат. операции – **проявление фотографического изображения**, в результате к-рого в фотослое образуется видимое негативное изображение, и **фиксирование фотографического изображения**, в ходе к-рого это проявленное изображение закрепляется и становится устойчивым к действию света. Помимо основных процессов проявления и фиксирования для повышения качества фотографич. изображения и исправления ошибок используют ряд дополнит. операций.

С целью сокращения продолжительности и упрощения обработки черно-белых фотоматериалов часто совмещают проявление и фиксирование фотографич. изображения в одну стадию – **одновременное проявления и фиксирования** (однорастворный, или однованновый, процесс). В состав проявляюще-фиксирующих р-ров (т. наз. фиксирующих проявителей) входят активные проявляющие в-ва (гидрохинон, метол, феноидон и т. п.), едкие щелочи, сульфид Na, противывздурающие ср-ва; в качестве р-рителя  $\text{AgHal}$  обычно используют р-р тиосульфата Na или его смесь с р-ром тиоцианата щелочного металла; для повышения стабильности р-ров в них вводят комплексобразующие соед., напр. соли аминополикарбон-

вых к-т. Однако при одновременном проявлении и фиксировании наблюдаются снижение светочувствительности и контрастности изображения и повышение плотности вуали. Ухудшение сенситометрич. характеристик фотоматериала обусловлено тем, что наряду с проявлением протекает процесс растворения AgHal и часть экспонир. микрокристаллов, не успевая проявиться, растворяется и не участвует в образовании видимого изображения.

При обработке черно-белых и цветных фотоматериалов для улучшения видимого изображения (усиления, ослабления, тонирования) используют процесс отбеливания — окисление металлич. Ag, образующего изображение, и Ag, входящего в состав фильтрового и противоореального слоев, соединениями, не разрушающими желатин.

При обработке черно-белого и цветного негативного изображения в качестве окислителя обычно применяют  $K_3[Fe(CN)_6]$ :  $4Ag + 4K_3[Fe(CN)_6] \rightarrow Ag_4[Fe(CN)_6] + 3K_4[Fe(CN)_6]$ ; образующаяся труднорастворимая в воде комплексная соль Ag при действии р-ра тиосульфата Na или аммония в процессе фиксирования превращается в легко растворимую соль, напр.  $Na_4[Ag_2(S_2O_3)_3]$ , удаляемую из слоя при промывке. Отбеливание черно-белого обрабатываемого изображения осуществляют также в р-рах  $K_2Cr_2O_7$  в  $H_2SO_4$  или гидросульфата щелочного металла в воде, в результате чего образуется легко растворимый  $Ag_2SO_4$ , удаляемый при послед. вымывании водой:  $6Ag + K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 \rightarrow 3Ag_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 7H_2O$ . Другие окислители при отбеливании —  $KMnO_4$ , пероксодисульфат аммония  $(NH_4)_2S_2O_8$ , соед. Cu(II), хлорид, сульфат или комплексные соед. Fe(III). При обработке цветных фотополенок и фотобумаг с целью упрощения и ускорения процесса получения изображения стадии фиксирования и отбеливания совмещают в одну; при этом отбеливающие-фиксирующий р-р содержит гл. обр. комплексные соед. Fe(III) с этилендиаминтетрауксусовой к-той, окисляющие Ag, а также р-ритель солей Ag — тиосульфат Na или аммония.

Важное значение в процессе X.-ф. о. ф. после проявления и фиксирования изображения имеет промывка фотоматериала в проточной воде. Промежут. промывки (между стадиями обработки) способствуют быстрому прекращению предыдущего процесса и уменьшению попадания (заноса) компонентов одного обрабатываемого р-ра в другой. Эффективность окончат. промывки определяется остаточным содержанием тиосульфат-ионов в слоях и на подложке фотоматериала, от чего в значит. степени зависит качество видимого изображения при хранении (сохраняемость фотоматериалов). При недостаточной промывке изображение выцветает, т.е. наблюдается снижение оптич. плотности изображения, что обусловлено переходом Ag в соль серебра или разрушением красителя. Для полного удаления тиосульфат-ионов фотоматериал дополнительно обрабатывают р-рами, содержащими  $H_2O_2$  и  $NH_3$ ; при этом образующиеся в р-ре сульфат-ионы легко удаляются при окончат. промывке.

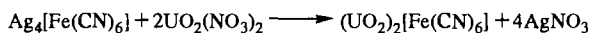
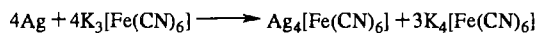
К процессам X.-ф. о. ф. относятся также: предварит. размачивание (размачивание) фотоматериала перед проявлением в воде или р-ре ПАВ, осуществляемое с целью повышения равномерности проявления изображения или удаления вспомогат. слоев фотоматериала (см. *Фотографические материалы*); прерывание проявления, осуществляемое в т. наз. останавливающих кислых р-рах (стоп-растворках), содержащих к-ту или смесь к-ты с солью щелочного металла, напр. уксусную и(или) лимонную к-ты,  $Na_2SO_4$ ,  $CH_3COONa$ ,  $KBr$ , алюмокалиевые квасцы; допроявление в быстрых проявителях, применяемое в процессах получения цветных негативов после цветного проявления с целью повышения чувствительности фотоматериала; осветление (обесцвечивание) — удаление окраски светочувствит. и вуалирующ. слоев фотоматериала после отбеливания в р-ре  $H_2SO_4$  или фиксирующем р-ре; дублирование — повышение прочности и термостойкости, а также понижение влагоустойчивости фотографич. и вспомогат. слоев (см. *Дублирование в фотографии*) и др.

Для повышения светочувствительности фотоматериала и улучшения качества получаемого видимого изображения м. б. использованы приведенные ниже способы.

Усиление изображения — обработка проявленного фотоматериала (гл. обр. негатива), имеющего недостаточную оптич. плотность в результате недостаточного экспонирования или недопроявления. Усилению подвергаются только те участки негатива, к-рые имеют хотя бы незначит. почернение. В процессе усиления оптич. плотность может увеличиваться пропорционально своей первоначальной величине (пропорциональное усиление) либо в относительно большей степени на участках с большими плотностями (сверхпропорциональное, или суперпропорциональное, усиление), либо в относительно большей степени на участках с малыми плотностями (субпропорциональное усиление).

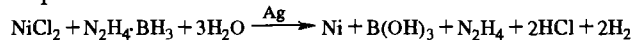
Процесс усиления изображения осуществляется разл. способами, к-рые условно делятся на хим., физ. и оптические. Хим. усиление заключается в осаждении на металлич. Ag непрозрачных или окрашенных соед. неблагородного металла, имеющих более высокие эффективные оптич. плотности. Обычно осуществляется в неск. стадий: 1) окисление металлич. Ag (отбеливание), напр., с помощью  $K_3[Fe(CN)_6]$  (см. выше); 2) обменная р-ция с ионом металла, входящего в состав усилителя, в результате чего образуется соед. металла с низким коэф. пропускания света, напр.:  $Ag_4[Fe(CN)_6] + 2CoCl_2 \rightarrow 4AgCl + Co_2[Fe(CN)_6]$ ; 3) восстановление  $AgCl$  до металлич. Ag при р-ции с проявителем или образованием сульфида Ag по р-ции:  $2AgCl + Na_2S \rightarrow Ag_2S + 2NaCl$ .

Кроме приведенного выше т. наз. кобальтового усилителя применение находят т. наз. медный, урановый, свинцовый, хромовый и др. усилители. В присут. медного усилителя процесс протекает с окислением металлич. Ag до  $AgBr$  ( $Ag + CuBr_2 \rightarrow AgBr + CuBr$ ) с послед. визуализацией (чернением) изображения по р-ции с  $AgNO_3$  [ $CuBr + 2AgNO_3 \rightarrow Ag + AgBr + Cu(NO_3)_2$ ] и проявлением AgHal. В результате на каждый атом Ag образуются еще два атома Ag. При действии уранового усилителя изображение не содержит металлич. Ag и состоит лишь из окрашенных частиц уранилферроцианида, получающегося в результате р-ции:



При усилении солями хрома (хромовый усилитель) дополнит. плотность изображения достигается вследствие образования соед. Cr(III) бурого цвета.

При физ. усилении увеличение плотности изображения происходит в результате дополнит. отложения неблагородного металла из р-ра усилителя на металлич. Ag, протекающего вследствие окислит.-восстановит. процесса. Для интенсификации физ. усиления металлич. Ag предварительно переводят в галогенид (окисляют) по р-ции  $Ag + K_3[Fe(CN)_6] + KBr \rightarrow AgBr + K_4[Fe(CN)_6]$  с послед. обратным превращением  $AgBr$  в р-ре физ. усилителя в атомное Ag с одновременным восстановлением ионов металла на серебре, напр.:



Оптич. усиление имеет место при адсорбции или образовании на металлич. Ag красителей или окрашенных соед., увеличивающих эффективную оптич. плотность. Применение находят гл. обр. два способа оптич. усиления красителями: 1) перевод Ag, образующего изображение, в  $AgHal$  с послед. восстановлением в проявляющем р-ре, содержащем краситель; 2) адсорбция красителей на металлич. Ag, для чего его сначала превращают в програву, напр. тиоцианат Ag [ $Ag + Cu(SCN)_2 \rightarrow AgSCN + CuSCN$ ], на к-рую затем осаждается краситель.

Ослабление изображения — уменьшение оптич. плотности изображения на негативе (позитиве) в результате частичного или полного превращения металлич. Ag в раство-



римые соед. или избират. частичное обесцвечивание синего, желтого либо пурпурного тонов цветного изображения. Ослаблению подвергают негативное, позитивное или обращенное изображение со слишком большой оптич. плотностью, контрастностью либо вуалью, полученными вследствие переэкспонирования при съемке и печати или при перепроявлении, а также при необходимости удалить нек-рые детали изображения.

Ослабление черно-белого изображения протекает обычно в две стадии – окисление металлич. Ag (отбеливание) и растворение соли Ag, к-рые осуществляются отдельно или совмещаются при обработке в одном ослабляющем р-ре. Ослабление цветного изображения достигается в результате уменьшения оптич. плотности отдельных красителей; применяется редко во избежание нарушения цветового баланса и ухудшения цветопередачи.

Различают пропорциональное, сверхпропорциональное, субтрактивное (поверхностное) и субпропорциональное ослабление. Пропорциональное ослабление характеризуется уменьшением общей оптич. плотности и контрастности изображения; при сверхпропорциональном ослаблении происходит уменьшение плотности переэкспонированных участков, причем участки с малой плотностью не ослабляются. Субтрактивное ослабление способствует уменьшению всех плотностей изображения на одну и ту же величину при неизменной контрастности изображения; субпропорциональное – в большей степени ослабляет малые плотности изображения при увеличении контрастности.

Для пропорционального и сверхпропорционального ослабления изображения используют сернокислотные р-ры персульфата аммония, хинона или железоаммониевых квасцов; для субпропорционального и субтрактивного ослабления – р-ры  $K_3[Fe(CN)_6]$  с тиосульфатом Na, сернокислотные р-ры  $KMnO_4$  или  $K_2Cr_2O_7$ .

Для пропорционального и сверхпропорционального ослабления изображения применяют также способ повторного проявления (т. наз. гармонич. ослабление). Вначале металлич. Ag отбеливают и превращают в  $AgHal$ , а затем проявляют в разб. выравнивающем проявителе до нужной оптич. плотности, фиксируют и промывают. Ослабляющее действие на мелкодисперсное серебряное изображение оказывают также кислые р-ры тиосульфата Na (кислые фиксажи), тиомочевны, тиоцианатов и др.

Вирирование (тонирование) изображения – процесс окрашивания черно-белого изображения в результате частичного или полного превращения металлич. Ag в к.-л. окрашенное соед. Ag или замены его др. металлом, соед. или красителем. Процессы вирирования делятся на прямые (окрашивание в одну стадию) и косвенные (окрашиванию предшествует стадия отбеливания Ag переводом его в  $AgHal$ , к-рый затем превращается в окрашенное соед.) и могут использоваться как на стадии получения негатива, так и позитива.

Наиб. широко применяют косвенный процесс вирирования соединений серы при окрашивании изображения в тон сепии – от пурпурно-коричневого до светло-коричневого цвета. Получаемое изображение состоит из  $Ag_2S$ , причем цвет зависит от размеров зерен сульфида. Процесс протекает в неск. стадий: сначала изображение отбеливается в р-ре, содержащем окислитель (обычно  $K_3[Fe(CN)_6]$ ) и растворимый галогенид (напр.,  $KBr$ ):  $Ag + K_3[Fe(CN)_6] + KBr \rightarrow AgBr + K_4[Fe(CN)_6]$ ; затем  $AgBr$ , образовавшийся в процессе отбеливания, превращается в р-рах  $Na_2S$ , тиомочевны и др. соед. серы в  $Ag_2S$ . В коричневато-желтый тон изображение окрашивается при проявлении пирогаллоловым проявителем с малым содержанием  $Na_2SO_3$ .

Синий, пурпурный, коричневый, зеленый и красный цвета получают путем осаждения на изображении окрашенных соед. Fe, Au, Ag, U, Se, Pb, Ni, Sn, V или Co. Цвет изображения, получаемый в процессе вирирования, находится в зависимости от степени однородности и дисперсности зерен металлич. Ag, что определяется св-вами фотоматериала и условиями процесса проявления, напр. матовые и полуматовые фотобумаги вирируются легче и дают лучшие результаты

по сравнению с глянцевыми. Для того чтобы при вирировании окрашивалось только изображение и не окрашивались желатин и подложка, металлич. Ag превращают в соед., способное адсорбировать краситель из р-ра, т.е. протравливают. В качестве протрав используют водные р-ры  $K_3[Fe(CN)_6]$ , тиоцианатов, сульфидов и др. После травления фотоматериал подвергают действию р-ра красителя, к-рый осаждается и дает изображение, состоящее из красителя.

В красно-коричневый цвет изображение окрашивается при обработке в течение 20–30 с в р-ре, содержащем цитрат K,  $CuSO_4$  и  $K_3[Fe(CN)_6]$  (при тонировании в течение 15–20 мин изображение приобретает карминовый цвет), в синий цвет – при обработке в р-ре, содержащем  $K_3[Fe(CN)_6]$ , лимонноаммиачное Fe и винную к-ту. При окрашивании в зеленый цвет позитив сначала отбеливают в р-ре, содержащем  $Pb(NO_3)_2$ ,  $K_3[Fe(CN)_6]$  и 10%-ную  $HNO_3$ , а затем отбеленное изображение после промывки помещают на 3–4 мин в окрашивающий р-р, состоящий из  $K_2Cr_2O_7$ ,  $KBr$  и железоаммониевых квасцов.

Самовирирующие фотобумаги содержат в слое цветообразующие компоненты и дают изображение с цветными оттенком вследствие образования красителей при проявлении производными *n*-фенилендиамина. Для вирирования изображения используют также процесс цветного проявления с цветообразующей диффундирующей компонентой. Изображение черно-коричневого или зеленовато-коричневого тона получается на хлорбромосеребряных, зеленого – на иодохлоросеребряных и иодохлоробромосеребряных фотобумагах непосредственно в процессе проявления в метол-гидрохиноновом или гидрохиноновом проявителе. Тон изображения зависит от величины экспозиции, продолжительности проявления, контрастности и оптич. плотности негатива.

Если необходимо местное усиление, ослабление или тонирование, сухой негатив или позитив сначала размачивают в дистиллированной или кипяченой воде, сушат при комнатной т-ре, а затем кисточкой либо ватным тампоном наносят на соответствующие участки р-р усилителя, ослаблителя или тонирующего р-ра (виража). При достижении необходимого эффекта р-р смывают и дообработывают.

**Л а т е н с и ф и к а ц и я** – усиление полученного скрытого изображения путем дополнит. засвечивания экспонир. фотоматериала светом низкой интенсивности в течение длит. времени либо обработки в р-рах или парах разл. в-в перед проявлением.

**Д е с е н с и б и л и з а ц и я** – понижение светочувствительности экспонир. фотоматериала гл. обр. к длинноволновым лучам (панхроматич. и ортохроматич. материалы) для визуального контроля проявления изображения (см. *Десенсибилизация фотографических материалов*).

Повысить светочувствительность фотоматериала перед фотографированием можно с помощью *г и п е р с е н с и б и л и з а ц и и*, к-рая достигается предварит. экспонированием фотоматериала светом низкой интенсивности, нагреванием фотоматериала или выдерживанием его в парах  $NH_3$ ,  $Hg$ , атмосфере  $H_2$ , р-рах  $H_2O_2$ ,  $NH_3$  и др. (см. *Сенсибилизация фотографических материалов*); эффект гиперсенсибилизации сохраняется до неск. суток, после чего чувствительность фотоматериала снижается до исходной.

**Процесс обращения изображения.** Получение позитивного изображения способом обращения применяют в хроникально-документальной и любительской кинематографии, микрофильмировании, для получения диапозитивов, а также в разл. областях науки и техники для получения полутонного и штрихового позитивного изображения. Преимущества этого способа – применение одного и того же фотоматериала для съемки и получения позитивного изображения (вследствие чего нет необходимости в копировальной аппаратуре и дополнит. позитивном фотоматериале), высокое качество изображения. Один из осн. недостатков – большая длительность процесса обращения.

Для черно-белых фотоматериалов процесс обращения включает след. стадии: первое проявление, в результате к-рого происходит визуализация скрытого негативного изображения объекта съемки и образуется негатив; отбеливание с послед.

удалением водорастворимого соед. Ag (осветление); второе экспонирование (равномерная засветка оставшихся в слое микрокристаллов AgHal) – образование центров скрытого позитивного изображения объекта съемки; второе проявление – образование позитивного (обращенного) изображения; фиксирование; промывка. После каждой стадии фотоматериал подвергают промежуток промывке.

Для ускорения и упрощения процесса обращения засветку, второе проявление и фиксирование часто заменяют одной стадией – чернением – полным неизбирательным восстановлением AgHal в Ag или переводом его в непрозрачное водонерастворимое соед., напр. сульфид.

Чернение осуществляют обычно в щелочных р-рах SnCl<sub>2</sub>, гидросульфита Na, борогидрида Na, гидразина, гидразинборана, тиомочевины или Na<sub>2</sub>S (в последних двух случаях AgHal переходит в Ag<sub>2</sub>S).

Образование цветного обращенного изображения включает след. стадии: черно-белое проявление, при к-ром в фотослоях цветного фотоматериала образуется черно-белое негативное изображение, состоящее из металлич. Ag; прерывание процесса проявления; второе экспонирование (засветка); цветное проявление, при к-ром в фотослоях формируется позитивное изображение, состоящее из красителей и металлич. Ag; отбеливание с послед. растворением и удалением из фотоматериала водорастворимых соед. Ag. После каждой стадии фотоматериал подвергают промежуток промывке. В нек-рых процессах стадию засветки заменяют обработкой фотоматериала в р-ре для хим. обращения; при этом в микрокристаллах AgHal образуются центры проявления, инициирующие цветное проявление. Для повышения устойчивости цветного изображения при хранении фотоматериал после окончания промывки обрабатывают стабилизирующим р-ром (напр., р-ром тиомочевины).

Существует также ряд методов обращения изображения, в основе к-рых лежат разл. явления, сочетающие специфич. условия экспонирования и X.-ф. о. ф., напр. соларизация (см. *Фотография черно-белая*).

**Сушка** фотоматериала – завершающая стадия X.-ф. о. ф. Осуществляется естественным (на воздухе) или искусств. путем. Искусств. сушку производят обычно обеспыленным и подогретым воздухом, подаваемым к пов-сти фотоматериала под давлением. Применяют разл. способы подвода тепла: конвективные (рамы, рамочные барабаны, фестонные сушильные устройства), контактные (электроглянцеватели, барабанные устройства), радиационные и комбинированные, к-рые чаще всего используют в проявочных машинах. Для ускорения сушки фотоматериал обрабатывают 70%-ным водным р-ром этанола, насыщенным водным р-ром K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> или др. в-в, способных поглощать воду из фотоматериала. Для улучшения плоскостности и уменьшения скручиваемости фотопленок их перед сушкой обрабатывают пластифицирующими р-рами, содержащими многоатомные спирты, гл. обр. глицирин. Устранение солевых пятен от капель воды на пов-сти высушенного фотоматериала достигается его обработкой перед сушкой р-ром ПАВ. Для усиления глянца на фотобумаге ее обрабатывают р-рами для глянцеования, содержащими Na-соль карбоксиметицеллюлозы, формалин и ПАВ.

**Фотографич. изображение** для повышения сохраняемости защищают разл. прозрачными лаками или тончайшими бесцв. пленками. Материалы, предназначенные для длит. хранения, после окончания промывки перед сушкой подвергают обработке р-рами, содержащими фунгициды или антисептики, к-рые уничтожают вредоносные грибы и бактерии, разрушающие желатиновые слои и соотв. фотографич. изображение.

*Лит.*: Блюмберг И. Б., *Технология обработки фотодиагностических материалов*, М., 1967; Кирьяков Н. И., *Основы процессов обработки кинофотоматериалов*, М., 1977; Джеймс Т., *Теория фотографического процесса*, пер. с англ., Л., 1980; Журба Ю. И., *Лабораторная обработка фотоматериалов*, М., 1984; его же, *Краткий справочник по фотографическим процессам и материалам*, 4 изд., М., 1991; Картужанский А. Л., Красный-Алмои Л. В., *Химия и физика фотографических процессов*, 2 изд., Л., 1986; Красный-Алмои Л. В., *Малосеребряные фотографические материалы и процессы их обработки*, Л., 1986; Киселев А. Я., Вилеский Ю. Б., *Физические и химические основы цветной фотографии*, Л., 1988; Редько А. В., *Основы черно-белых и цветных фото процессов*, М., 1990; Haist G. M., *Modern photographic processing*, N.Y., 1979. Ю. И. Журба.

**ХИМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ (ХПЭ)**, состоит в том, что в радикалах, участвующих в спин-селективных хим. процессах, создается неравновесная заселенность электронных зеемановских уровней. ХПЭ проявляется в спектрах ЭПР радикалов как аномально сильное поглощение (если избыточно заселен нижний зеемановский уровень) или испускание (если избыточно заселен верхний уровень).

ХПЭ возникает по двум главным механизмам. Во-первых, в радикальных парах рекомбинация радикалов селективна и по электронному, и по ядерному спину, так что при рекомбинации происходит отбор радикалов по обоим спином. В результате в радикалах, избежавших рекомбинации, остаются заселенными лишь определенные, избранные электронно-ядерные состояния. Напр., в атоме водорода, покидающем радикальную пару, электронный  $\alpha$ -спин комбинирует с  $\alpha$ -спином протона, а  $\beta$ -спин электрона комбинирует с  $\beta$ -спином протона. В спектре ЭПР таких атомов с поляризованными электронами линия в слабом поле оказывается эмиссионной, а линия в сильном поле – аномально интенсивной в поглощении.

Во-вторых, электронная поляризация создается в триплетных состояниях молекул за счет того, что каждый из трех спиновых уровней (с проекциями электронного спина +1, 0 и -1) может из-за анизотропии спин-орбитального взаимодействия заселяться с разными скоростями при переходе молекулы из возбужденного синглетного состояния в триплетное; кроме того, скорости дезактивации (релаксации) этих триплетных спиновых уровней также могут отличаться (из-за анизотропии дипольного взаимодействия). В результате создается неравновесная заселенность уровней, т.е. электронная поляризация. Когда такая триплетная молекула генерирует радикалы (напр., путем распада) электронная поляризация переносится в радикалы и детектируется в них по спектрам ЭПР. При этом поляризация обоих радикалов такая же, как у предшественника, т.е. их поляризация одинакова по знаку. С другой стороны, ХПЭ, создаваемая в радикальных парах, имеет, как правило, противоположные знаки у партнеров, что позволяет различать эти два механизма.

Явление ХПЭ используют при исследовании механизмов хим. процессов, особенно фото- и радиационно-химических (включая фотосинтез).

*Лит. см. при ст. Химическая поляризация ядер.* А. Л. Бучаченко.

**ХИМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЯДЕР (ХПЯ)** (химически индуцированная поляризация ядер; ХПЯ), появление неравновесной ядерной намагнитченности в молекулах, образующихся в результате радикальных хим. р-ций, ориентирующих магн. моменты ядер. Наиб. чувствит. метод зондирования ядерной намагнитченности таких молекул – ЯМР. Признаком ХПЯ является аномально сильное поглощение или испускание энергии переменного магн. поля в спектрах ЯМР, что обусловлено неравновесной заселенностью зеемановских энергетич. уровней в этих молекулах (см. *Зеемановский эффект*). При аномально сильном поглощении заселенность ниж. зеемановских уровней выше равновесной, тогда как аномально сильная эмиссия в спектрах ЯМР означает, что равновесную величину превышает заселенность верх. зеемановских уровней. Первый случай соответствует положительной поляризации ядер, второй – отрицательной.

ХПЯ создается в элементарных процессах междирадикального взаимодействия (напр., рекомбинации или диспропорционирования) благодаря его спиновой селективности, т.е. зависимости направления и скорости междирадикального взаимодействия от электронного спина реагирующих радикалов и спинового состояния радикальной пары – предшественника хим. р-ции (см. *Магнитно-спиновые эффекты*).

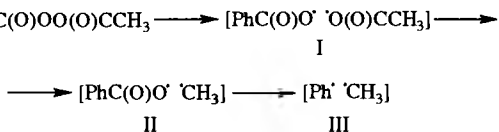
Спиновая селективность – следствие спинового запрета таких хим. р-ций, к-рые требуют изменения электронного спина. Так, рекомбинация радикалов с образованием диамагн. молекулы разрешена только в такой радикальной паре, в к-рой электронные спины радикалов-партнеров ориентированы противоположно, так что суммарный электронный спин пары равен нулю (синглетное состояние пары). Рекомбинация радикальных пар, в к-рых электронные спины партнеров ориентированы так, что они складываются в суммарный спин, равный единице, запрещена. Такие пары являются триплет-

ными и для их рекомбинации необходимо снять спиновый запрет, т. е. изменить спин, трансформировав триплетную не-реакционноспособную пару в синглетную, способную реагировать.

Эту важную ф-цию снятия спинового запрета выполняют магн. взаимод. неспаренных электронов с атомными ядрами реагирующих радикалов. Пренебрежимо малые по величине энергии электрон-ядерные (сверхтонкие) магн. взаимод. могут изменять спин пары за время ее жизни, осуществляя триплет-синглетную (или наоборот – синглет-триплетную) спиновую конверсию. Так меняется электронный спин радикальной пары и, следовательно, ее реакц. способность (см. также *Клетки эфлект*).

Скорость изменения спина определяется величиной локального магн. поля, создаваемого ядром у неспаренного электрона, т. е. энергией сверхтонкого взаимод., и зависит, следовательно, от ориентации спина и магн. момента ядер радикального центра. Триплетные радикальные пары с одной ориентацией ядерных спинов относительно ядерного магн. момента испытывают быструю триплет-синглетную спиновую конверсию и быстро рекомбинируют, принося в образующиеся молекулы ядра с той же ориентацией. Триплет-синглетная конверсия, пар с другой, противоположной, ориентацией ядерных спинов запаздывает, и такие пары имеют меньшую вероятность рекомбинировать. Радикалы, избежавшие рекомбинации и покинувшие пару, превращаются в др. продукты, принося в них ядра с противоположной ориентацией. Т. обр., рекомбинация радикалов – спин-селективный процесс, результатом к-рого является сортировка ядер по ориентациям их спинов относительно магн. моментов – ядра с одной ориентацией предпочтительно оказываются в продуктах рекомбинации радикалов, ядра с противоположной ориентацией передаются в др. продукты превращения радикалов. По этой причине продукты рекомбинации имеют ядерную поляризацию одного знака, остальные продукты р-ции несут ядерную поляризацию противоположного знака.

Пример спектра ЯМР в случаях ХПЯ при термич. распаде ацетилбензоилпероксида в тетрахлоэрэтилене показан на рис., схема распада:



В продуктах распада радикальных пар I–III (метилбензоат, толуол) протоны метильной и фенильной групп поляризованы отрицательно (эмиссия в спектре этих групп), в продуктах превращения радикалов, избежавших рекомбинации (бензол, метан, метилхлорид), поляризация положительна (поглощение в спектре ЯМР). Такая хим. сортировка ядер по их ориентации подтверждает спиновую селективность радикальных р-ций как источник ХПЯ.

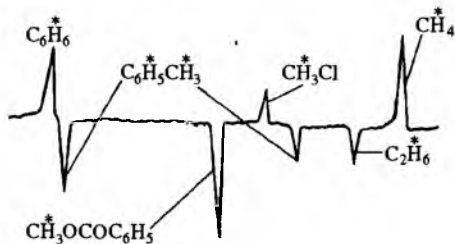


Рис. Спектр ХПЯ продуктов термического распада ацетилбензоилпероксида в тетрахлоэрэтилене при 90 °С (звездочками помечены поляризованные протоны).

Знак и величина ХПЯ зависят от величины и знака спина и магн. момента ядер, от величины и знака сверхтонкого взаимод., от разности g-факторов радикалов-партнеров, от стартового спинового состояния реагирующей радикальной пары, от времени ее жизни. По этой причине ХПЯ служит методом установления механизмов хим. р-ций, детектирования радикалов и стадий радикальных р-ций.

С помощью ХПЯ легко определить мультиплетность радикальных пар, установить, из каких состояний (триплетных или синглетных) рождаются радикалы и молекулы. Метод позволяет разделить радикальные и нерадикальные пути хим. р-ции и оценить количественно их конкуренцию, идентифицировать нестабильные промежуточные продукты и обратимые радикальные стадии, к-рые не удается установить никакими др. методами. Изучая кинетику ХПЯ, можно определять константы скорости р-ции, а по количеств. данным о величине поляризации – кинетику быстрых р-ций в радикальных парах (распад, изомеризация радикалов, р-ции замещения, переноса электрона и т. д.), происходящих с характеристич. временами  $10^{-6}$ – $10^{-9}$  с. С помощью ХПЯ можно определять знаки констант сверхтонкого взаимод. в радикалах, знаки констант спин-спиновой взаимод. в молекулах, времена ядерной релаксации в радикалах и молекулах, установив участие «горячих» радикалов в р-циях.

*Лит.:* Бучаченко А. Л., *Химическая поляризация электронов и ядер*, М., 1974; Бучаченко А. Л., Сагдеев Р. З., Салихов К. М., *Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях*, Новосиб., 1978; Бучаченко А. Л., «Успехи химии», 1995, т. 64, в. 9, с. 863; *Spin polarization and magnetic effects in radical reactions*, Bdpst, 1984; Buchachenko A. L., Frankevič E. L., *Chemical generation and reception of radio and microwaves*, N.Y., 1993.

А. Л. Бучаченко.

**ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ**, взаимодействие атомов, обуславливающее устойчивость молекулы или кристалла как целого. Х. с. определяется взаимод. между заряженными частицами (ядрами и электронами). Совр. описание Х. с. проводится на основе *квантовой механики*. При переходе от молекулы к в-ву, образованному множеством молекул, в силу вступают законы, определяющие статистику. Характер св-в систем большого числа частиц (законы статистич. термодинамики).

**Развитие представлений о Х. с.** В классич. теории хим. строения принималось, что молекула образуется из атомов, имеющих нек-рое средство к другим атомам. Количеств. мерой этого св-ва атома служило целое число единиц средства, каждая единица к-рого при образовании молекулы должна быть использована для соединения данного атома с другими, однако у т. наз. радикалов часть единиц средства (по формальным признакам) оказывалась неиспользованной. Характерное число единиц средства атома данного элемента наз. валентностью, а число единиц средства, затрачиваемое данным атомом на соединение с другим атомом, – кратностью Х. с. (см. *Молекула*).

В классич. подходе предполагалось, что атомы в молекуле соединяются лишь попарно, так что каждая единица средства затрачивается на образование Х. с. между данным атомом и одним соседним. Пространств. строение одинаковых фрагментов разл. молекул, определяемое межъядерными расстояниями (длинами связи) и углами между направлениями Х. с. (валентными углами), приблизительно одно и то же в разных в-вах. Это позволило ввести представление об аддитивности св-в в рядах однотипных хим. соед. Эффекты, обусловленные коллективным взаимод. в сложной системе, напр. в ароматич. соед., рассматривались как отклонение от нормы, что привело к появлению новых понятий, характеризующих наличие таких отклонений: сопряжение связей, транс-влияние в комплексных соединениях и т. п.

В нач. 20 в. появились представления, согласно к-рым Х. с. обусловлена образованием у каждого атома стабильной электронной оболочки, включающей нек-рое «магическое» число электронов. Для водорода это число равняется 2, для атомов второго периода периодич. системы – 8, для след. периода – 18 и т. д. Возможны два способа образования октета (оболочки из 8 электронов): 1) переход одного или неск. электронов от данного атома к другому, так что у обоих атомов возникает октетная оболочка и образуется пара электростатически взаимодействующих ионов (катион и анион); 2) обобществление от каждого атома, участвующего в образовании Х. с., по одному электрону с образованием электронной пары (чему соответствовал валентный штрих в классич. структурной ф-ле) либо по два, три и т. д. электрона с образованием двух или большего числа электронных пар (чему соответствовали валентные штрихи двойных, тройных и т. п. связей; см. *Кратные связи*).

При первом из этих способов возникает *ионная связь*, при втором — *ковалентная связь*. Совокупность этих представлений составила основу октетной (электронной) теории (Г. Льюис и практически одновременно для ионной связи — В. Коссель, 1916).

Наглядные представления подобных теорий имеют широкое распространение. До сих пор предпринимаются попытки их улучшения и модернизации, напр. теория отталкивания электронных пар Р. Гиллеспи (1961; см. *Гиллеспи теория*).

В развитие классич. представлений о способности атома вступать в Х. с. с другими атомами, проявляя ту или иную валентность, каждому атому была сопоставлена нек-рая численная величина, получившая назв. *электроотрицательности* (Л. Полинг, 1932). Эта величина характеризует силу притяжения электронов к данному атому при образовании Х. с. Если электронная пара смещается в сторону одного из атомов, он считается более электроотрицательным, чем второй. Чем больше разность электроотрицательностей атомов, образующих Х. с., тем более эта связь близка к ионному типу. Использование электроотрицательности основано на простых эмпирич. ф-лах, связывающих ее с длинами связей и др. характеристиками строения молекул. Однако как всякая характеристика, не учитывающая окружение атома в молекуле, электроотрицательность имеет весьма ограниченную применимость. По своему определению электроотрицательность весьма близка к *средству к электрону* (либо к *потенциалу ионизации*), однако первое понятие относится к нек-рому эффективному атому в молекуле, тогда как второе — к взаимод. отдельного атома (либо иона) со свободным электроном.

**Квантовомеханическая интерпретация** Х. с. была предложена в первые же годы возникновения квантовой механики при решении ур-ния Шрёдингера для простейших двухатомных молекул ( $\text{H}_2^+$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{LiH}$  и т. п.). Ф. Лондон и В. Гайтлер в 1927 предложили квантовомех. метод приближенного расчета длины и энергии связи в молекуле  $\text{H}_2$  (метод Гайтлера — Лондона). Были разработаны два осн. метода расчета энергии молекулы — метод валентных связей и метод молекулярных орбиталей, позволивших, хотя и с несколько различных позиций, объяснить наиб. характерные черты Х. с. для гомоядерных и гетероядерных молекул. В рамках *валентных связей метода* образование Х. с. соотносится со спариванием спинов электронов тех атомов, к-рые участвуют в образовании связи (т. наз. теория спин-валентности). Качественно правильный вид зависимости энергии молекулы от межъядерных расстояний был получен при представлении волновой ф-ции в виде антисимметризованного произведения ф-ций, отвечавших валентным штрихам в структурной ф-ле, либо в виде линейной комбинации таких произведений, отвечающих набору структурных ф-л в *резонанса теории* (Л. Полинг, 1931–33). Существенное значение при введении таких ф-ций имел выбор орбиталей атомов, образующих связь, напр. выбор тех орбиталей, к-рые учитывают изменение атомных орбиталей в молекуле (см. *Гибридизация атомных орбиталей*).

В простейших вариантах *молекулярных орбиталей метода* образование Х. с. было соотнесено с перекрытием атомных либо гибридных орбиталей и образованием мол. орбиталей, что приводит к более низкой энергии молекулы, чем у системы разделенных атомов.

К 40-м гг. 20 в. сложилась наглядная картина того, что Х. с. определяется распределением *электронной плотности* в молекуле, прежде всего в пространстве между ядрами химически связанных атомов. В рамках этих представлений ковалентной связи соответствует увеличение электронной плотности в пространстве между ядрами по сравнению с тем, что было бы в отсутствие взаимодействия (т. е. в свободных атомах). Такое увеличение плотности симметрично для гомоядерных мол. систем, напр.  $\text{H}_2^+$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2$ ,  $\text{N}_2$ ; если атомы различны, то электронная плотность смещается к одному из них, т. е. происходит поляризация связи. Ионная связь отвечает предельной поляризации, т. е. такому перераспределению электронной плотности, к-рое приводит к образованию ионов, при этом электронная плотность для пары связанных атомов

отвечает сумме электронных плотностей не атомов, как таковых, а ионов, в общем случае несколько деформированных взаимным влиянием друг на друга (см. также *Полярные молекулы*).

Для характеристики электронного строения молекул были введены числовые величины, соотносимые с распределением электронной плотности: заряды на атомах, порядки связей, индексы реакционной способности и т. п. Эти величины, в большей или меньшей степени коррелирующие с геом. параметрами (длинами связей, валентными углами и др.) локальных структурных фрагментов молекул, стали широко использоваться при анализе и предсказании особенностей проявления Х. с. в конкретных хим. соединениях.

Для многих классов хим. соединений возможно относительно простое описание Х. с. на основе представлений о локализованных мол. *орбиталах*, позволяющее выделить отдельные составляющие электронной плотности и др. физ. величин, напр. энергии, к-рые можно соотнести с классич. или полуклассич. (электронными) представлениями о Х. с. При этом взаимосвязь разл. представлений достигается прежде всего на основе упрощения подходов, описывающих состояния электронов в молекуле, а также и при развитии этих представлений на более сложные объекты, в т. ч. не рассматривавшихся в рамках классич. теории, напр. переходных состояний, нестабильных мол. образований в разл. электронных состояниях и т. п.

**Классификация Х. с.** основывается прежде всего на том, как происходит перераспределение электронной плотности при образовании связи. Помимо уже указанных двух типов Х. с. — ионной и ковалентной — часто выделяют в качестве одного из основных типов *координационную связь* (донорно-акцепторную связь), реализующуюся, в частности, в координационных соед. Такую связь соотносят с образованием локализованной двухцентровой мол. орбитали, на к-рой находится пара электронов, принадлежащая до появления связи одному из этих центров. На языке электронной теории при образовании донорно-акцепторной связи происходит переход электронной пары, локализованной на атоме-доноре, к атому-акцептору.

Очевидно, что при образовании донорно-акцепторной Х. с., напр. при р-ции  $\text{NH}_3 + \text{B}(\text{CH}_3)_3 \longrightarrow \text{H}_3\text{N}^+ - \text{B}(\text{CH}_3)_3$ , происходит изменение всех Х. с., по крайней мере в ближайшем окружении атомов, между к-рыми эта связь образуется, в той же степени, к-рая характерна для других типов Х. с. По распределению электронной плотности донорно-акцепторные связи подчас ничем существенно не отличаются от того состояния, к-рое соответствует полярным ковалентным Х. с. Отличие лишь в генезисе этих связей.

Среди Х. с. выделяют также *металлическую связь*, для к-рой считается характерным образование единой системы электронов (электронного газа), находящихся в поле положительно заряженных атомных остовов. Специфика Х. с. в металлах определяется, однако, не столько возникновением электронного газа как такового, ибо он образуется и в неметаллич. соединениях, а наличием частично заполненных зон энергетич. уровней, что приводит к высокой электронной проводимости даже при весьма малых разностях приложенного потенциала внеш. поля (см. *Твердое тело*).

В конденсир. состоянии в-ва Х. с. часто вообще не м. б. соотнесена с отдельными параметрами атомов. Так, в ионных кристаллах и расплавах присутствуют ионы, взаимодействующие со всем окружением, прежде всего ближайшим к каждому из этих ионов. Выделить отдельные пары атомов или ионов, соединенных Х. с., здесь уже нельзя.

Подобная ситуация встречается даже и не у столь протяженных объектов. Так, гидроксильная группа ОН молекулы часто образует устойчивую Х. с. с электроотрицат. атомами L, входящими в состав другой или той же самой молекулы, что приводит к появлению группировки О — Н...L, в к-рой трудно отнести Х. с. к к.-л. паре атомов. Такая Х. с., получившая назв. *водородной связи*, образуется не только при взаимод. групп ОН с атомом L, но и при взаимод. групп АН, где

в качестве А может выступать N, F, Cl, S и нек-рые др. атомы. Весьма близка к водородной связи и мостиковая связь В—Н—В в *бороводородах*.

Многоцентровую Х.с. в соед. сэндвичевого типа также нельзя соотносить с отдельными парами атомов. Напр., в металлоценах такая связь осуществляется как единая Х.с. центрального атома металла со всеми атомами углерода циклопентадиенильных колец. В случае ван-дер-ваальсовой связи, возникающей, напр., при взаимод. молекул, включающих электроотрицательные атомы ( $O_2$ ,  $Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $HCl$  и др.), с атомами благородных газов, также обычно невозможно выделить отдельные пары атомов, между к-рыми возникает Х.с. (см. *Дисперсионное взаимодействие*).

Помимо указанного признак происхождения Х.с. используют и др. критерии, по к-рым м. б. охарактеризована Х.с. Так, характер распределения электронной плотности определяет полярность Х.с.— большее или меньшее смещение электронной плотности от одного атома к другому при образовании связи. Тип Х.с. (ионный, ковалентный и др.) м. б. соотнесен также с характером и относит. положением особых точек на картах распределения электронной плотности (точек минимума, перегиба, точек разл. максимумов и т. п.). Весьма важным критерием является энергетический, к-рый основан на сопоставлении каждой Х.с. нек-рой энергии связи. Для двухатомных молекул энергия связи определяется как энергия диссоциации. Для многоатомных молекул эта величина является условной и отвечает энергии такого процесса, при к-ром данная Х.с. исчезает, а все остальные связи остаются без изменения. Х.с. подразделяют на прочные, или сильные ( $\geq 500$  кДж/моль, напр. 942 кДж/моль для  $N_2$ ), слабые (от  $\sim 100$  до  $\sim 15$  кДж/моль, напр. 69 кДж/моль для  $NO_2$ ) и ван-дер-ваальсовы (порядка 5 кДж/моль и менее, напр. 2 кДж/моль для  $He_2$ ). Для каждой пары атомов можно ввести нек-рое ср. значение энергии связи и по отклонению от этого значения в разных хим. соед. можно судить об изменениях, происходящих с Х.с. при изменении окружения у тех атомов, к-рые ее образуют.

Для характеристики и классификации Х.с. могут быть использованы и такие величины, как равновесные междядерные расстояния (длины связей), валентные углы, а также силовые постоянные, сопоставляемые химические связанным парам атомов, либо, что менее определено,— частоты колебаний, если эти колебания м. б. отнесены к такой паре атомов (см. *Колебательные спектры*). Как нек-рые условные величины, соотносимые с Х.с., из к-рых складываются полные величины для молекулы, м. б. рассмотрены электр. дипольные и магн. моменты Х.с. (см. *Дипольный момент*), их полярizуемость и т. п.

Базирующийся на квантовой механике подход к рассмотрению Х.с. позволил объяснить многие теоретич. положения классич. и электронных моделей Х.с. и понять эксперим. данные, не укладывающиеся в эти модели. Так, для атомов s- и p-элементов установление возможности образования не более четырех валентных связывающих мол. орбиталей привело к пониманию октетной теории Льюиса — Косселя. Структурная теория Гиллеспи получила объяснение в рамках метода мол. орбиталей. Образование комплексных соед., у к-рых центральный атом образует большее число связей, чем то допустимо формальными правилами классич. теории валентности, стало понятным с развитием *кристаллического поля теории* и *поля лигандов теории*. Количеств. результаты, позволяющие характеризовать отдельные Х.с., получают с помощью квантовохим. расчетов (см. *Неэмпирические методы*, *Полуэмпирические методы*) и экспериментально, напр. при изучении распределения электронной плотности в мол. кристаллах рентгенографич. методами.

Имеющиеся в совр. химии многообразие явлений не укладывается в простые классич. и квантовохим. схемы описания молекул и Х.с. Идет непрерывное развитие представлений о Х.с. на основе эксперим. данных и результатов квантовохим. расчетов. Совр. теория трактует Х.с. как коллективное взаимод. ядер и электронов, обеспечивающее существование хотя бы одного связывающего состояния системы. Богатство

хим. материала свидетельствует о недостаточности любых более частных определений. Так, было обнаружено существование колебательной Х.с., к-рая приводит к устойчивости таких молекул, как  $H-I-H$ , из-за наличия связанных колебат. состояний при несвязывающем характере *поверхности потенциальной энергии*. В кластерах металлов и в электронно-возбужденных состояниях молекул, особенно в высоковозбужденных колебат. состояниях, подчас оказывается невозможным говорить об отнесении Х.с. к отдельным парам либо тройкам атомов, поскольку стабильное существование системы в целом определяется взаимодей. всех ее частей на равных основаниях. Особую проблему при описании Х.с. составляют метастабильные соединения, соед., устойчивые только в возбужденных состояниях или только при наличии определенного окружения и т. п., устойчивость к-рых определяется лишь их внеш. окружением. В целом, развитие химии приводит не только к появлению новых моделей, введению новых типов Х.с. (напр., топологич. связь; см. *Топология*), но и к обобщению понятия Х.с., выделению общих черт, присущих связям разл. типов.

Лит.: Паулинг Л. *Природа химической связи*, пер. с англ., М.—Л., 1947; Дэй К., Селбиг Д. *Теоретическая неорганическая химия*, пер. с англ., М., 1969; Дмитриев И. С., *Электрон глазами химика*, 2 изд., Л., 1986; Тулуб А. В., Валетский Л., 1989. Н. Ф. Степанов, В. И. Путьшев.

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА**, раздел физ. химии, посвященный изучению макрокопич. хим. систем (газообразные, жидкие и твердые в-ва, р-ры и др.) и процессов (р-ции, фазовые превращения и др.) на основе общих законов взаимопревращения теплоты, разл. видов работы и энергии.

Х. т. использует понятия о типах термодинамич. систем (см. *Гетерогенная система*, *Гомогенная система*, *Закрытая система*, *Изолированная система*, *Открытая система*), *параметрах состояния* (см. *Давление*, *Температура*, *Химический потенциал*), *термодинамич. ф-циях* и *термодинамических потенциалах* (см., напр., *Внутренняя энергия*, *Энтропия*). В основе Х. т. лежат законы (начала) общей термодинамики *Первое начало термодинамики* — закон сохранения энергии для термодинамич. системы, согласно к-рому работа может совершаться только за счет теплоты или к.-л. др. формы энергии. Оно является основой *термохимии*, изучения *теплоемкостей* в-в, *тепловых эффектов реакций* и физ.-хим. процессов. *Гесса закон* позволяет определять тепловые эффекты расчетным путем, если известны теплоты образования каждого из в-в, участвующих в р-ции, или теплоты сгорания (для орг. соед.). Совр. термодинамич. справочники содержат данные о теплотах образования или теплотах сгорания неск. тысяч в-в, что позволяет рассчитывать тепловые эффекты десятков тысяч хим. р-ций. Первое начало лежит в основе *Кирхгофа уравнения*, к-рое выражает зависимость теплового эффекта р-ции или физ.-хим. процесса от т-ры и дает возможность рассчитать тепловой эффект процесса при любой т-ре, если известны теплоемкости в-в, участвующих в р-ции, и тепловой эффект при к.-л. одной т-ре.

*Второе начало термодинамики* лежит в основе важнейшего раздела Х. т.— учения о хим. и фазовом равновесиях. Оно определяет направление, в к-ром в данных условиях может самопроизвольно совершаться процесс в рассматриваемой системе. Принцип равновесия Гиббса дает количеств. критерий для установления направленности процесса в заданных условиях и для определения положения равновесия в системе. В зависимости от условий изоляции системы принцип равновесия формулируется через разл. термодинамич. ф-ции (см. *Термодинамическое равновесие*). В изолированных системах процессы характеризуются изменениями энтропии  $\Delta S$ ; самопроизвольное течение процесса возможно только в направлении увеличения энтропии. Для процессов, происходящих при постоянных т-ре  $T$  и давлении  $p$ , рассматривают изобарно-изотермич. потенциал (энергию Гиббса, или ф-цию Гиббса):  $G = H - TS$ , где  $H$  — энтальпия системы; для процессов, происходящих при постоянной т-ре,  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ . Самопроизвольное течение процесса возможно только в направлении, к-рому отвечает уменьшение  $G$ , а пределом процесса



т. е. условием равновесия, служит достижение миним. значения этого потенциала.

Для процесса при постоянных  $t$ -ре  $T$  и объеме  $V$  рассматривают изотермо-изохорный потенциал (энергию Гельмгольца, или ф-цию Гельмгольца)  $F = U - TS$  ( $U$  - внутр. энергия системы). Самопроизвольное течение процесса возможно только в направлении, к-рому отвечает уменьшение  $F$ , а условием равновесия служит достижение минимума  $F$ .

Из этих общих соотношений следуют условия протекания конкретных процессов. Действующих масс закон выражает для гомогенных хим. р-ций соотношение между концентрациями участвующих в р-ции в-в при равновесии. В гетерогенных системах, неравновесных по фазовому составу, при заданных  $t$ -ре и давлении самопроизвольный переход в-ва из одной фазы в другую возможен в направлении выравнивания хим. потенциала данного в-ва в этих фазах, причем в-во переходит из фазы с большим хим. потенциалом в фазу с меньшим. Равновесие достигается при одинаковых значениях хим. потенциалов каждого из компонентов, составляющих систему, во всех фазах системы. Соотношение между числом компонентов, числом фаз и вариантностью системы (числом термодинамич. степеней свободы) выражается фаз правилом. Графики, изображающие зависимость одних термодинамич. переменных от других в условиях равновесия, наз. линиями (поверхностями) равновесия, а их совокупность - диаграммами состояния. Линии равновесия могут пересекаться (см. Тройная точка) или обрываться в критич. точке (см. Критическое состояние). Форма границы раздела фаз определяется принципом минимума поверхностной энергии.

Для расчетов химического равновесия в системах с хим. р-циями вводится представление о стандартном состоянии в-в. Для кристаллич. и жидких в-в в качестве стандартного обычно принимают состояние в-ва при данной  $t$ -ре и при давлении 1 атм (0,1 МПа) (в термодинамич. таблицах, как правило, приводят стандартные термодинамич. ф-ции при 298,16 К); для газообразных в-в - гипотетич. состояние идеального газа при данной  $t$ -ре и парциальном давлении, равном 1 атм. Константа равновесия  $K$  связана с изменением стандартного термодинамич. потенциала  $\Delta G_r^\circ$  простым соотношением:  $\Delta G_r^\circ = -RT \ln K$ , где  $R$  - газовая постоянная.

Третье начало термодинамики утверждает, что в любых процессах, к-рые осуществимы обратимым путем, при абс. нуле  $t$ -ры энтропия не изменяется (см. Третье начало). Этот важный постулат был сформулирован в результате изучения теплоемкостей в-в в области  $t$ -р, близких к абс. нулю. Он устанавливает возможность определять энтропию системы чисто термодинамич. путем (см. Калориметрия) посредством измерения теплоемкостей для всего интервала  $t$ -р (от близких к абс. нулю до данной  $t$ -ры) и тепловых эффектов всех фазовых переходов, встречающихся в этом температурном интервале. Зная энтропию каждого из в-в, участвующих в р-ции, можно рассчитать изменение энтропии системы в данной р-ции как разность между энтропией продуктов и исходных в-в. Т. обр., можно рассчитывать условия равновесия в хим. системе на основании калориметрич. данных без непосредств. определения положения самого равновесия, что для нек-рых р-ций весьма затруднительно (случай абсолютных энтропий). Калориметрич. измерения служат важнейшим источником данных о термодинамич. св-вах в-в и константах равновесия хим. р-ций.

Учение о растворах - раздел Х. т., тесно связанный с учением о равновесиях. Исходной моделью в Х. т. р-ров служат т. наз. идеальные р-ры, образование к-рых характеризуется теми же закономерностями, что и образование смеси идеальных газов (см. Растворы). Установление связи св-в р-ров с характером межмолекулярного взаимодействия и микроскопич. св-вами чистых компонентов составляет задачу теории р-ров (см. Растворы неэлектролитов). Х. т. позволяет рассчитать парциальное давление пара над идеальным р-ром, предсказать понижение давления пара, вызванное присутствием летучего растворенного в-ва (см. Рауля закон), объяснить возникновение осмотич. давления (см. Осмос). Термодинамич. теория реальных р-ров на феноменологич. уровне расширяет понятие термодинамич. активности компонен-

тов. На мол. уровне учитывают влияние на свойства р-ра физ. и хим. взаимодей. между компонентами (см. Сольватация).

Методы Х. т. имеют свои особенности при рассмотрении растворов электролитов, в к-рых молекулы растворенного в-ва диссоциируют на ионы (см. Электролитическая диссоциация), растворов полимеров, для к-рых характерны большие различия в размерах молекул растворенного в-ва и р-рителя, твердых растворов, компоненты к-рых расположены в общей кристаллич. решетке.

Электрохим. термодинамика основана на понятии электрохимического потенциала - термодинамич. ф-ции, характеризующей состояние к.-л. заряженного компонента при определенных внеш. условиях. Оно позволяет рассматривать равновесия на границе раздела электрод - электролит (см. Межфазные скачки потенциала), строение границы раздела фаз (см. Двойной электрический слой), связать эдс электрохимических цепей с тепловыми эффектами протекающих на электродах р-ций. Электрохим. измерения - основа одного из лучших методов изучения равновесий р-ций, в к-рых участвуют к-ты, основания и комплексные ионы.

Термодинамика поверхностных явлений определяется несимметричными силовыми полями на пов-сти, к-рые приводят к возникновению поверхностного натяжения, направленного параллельно пов-сти и ориентирующего молекулы поверхностного слоя. Термодинамика поверхностных явлений объясняет изменение поверхностного натяжения в присут. растворенных в-в, адсорбцию на твердых пов-стях, хроматографию, существование микроэмульсий, др. коллоидных систем, основы гетерогенного катализа. Теоретич. представления мн. разделов Х. т. используются в термодинамике иерархических систем.

Многие теоретич. и прикладные проблемы Х. т. требуют для своего решения вычисления термодинамич. св-в в-в методами статистической термодинамики. Эти методы основаны на использовании микроскопич. характеристик системы, получаемых пл. обр. из спектральных данных, т. е. путем, совершенно не зависимым от описанного выше калориметрич. метода. Хорошее совпадение значений энтропии в-в, полученных статистич. расчетом и калориметрич. измерениями, является надежным подтверждением правильности обоих методов. Классич. Х. т. дает полное количеств. описание равновесных (обратимых) процессов. Для неравновесных процессов она устанавливает лишь неравенства, к-рые указывают возможное направление этих процессов. Количеств. изучение неравновесных процессов - осн. задача термодинамики необратимых процессов; в частности, для систем с хим. р-цией и диффузией компонентов возможно определение скоростей процессов в зависимости от внеш. условий, объяснение возникающих пространственных и (или) временных структур (см. Самоорганизация в физ.-хим. системах).

Основполагающий вклад в Х. т. внесен Г. И. Гессом (основной закон термодинамики, 1840), Дж. Гиббсом (1876-78), Г. Гельмгольцем (применение второго начала термодинамики к хим. р-циям, 1882), Я. Вант-Гоффом (термодинамика хим. р-ций и растворов, 1883-90), А. Ле Шателье (принцип смещения хим. равновесия, 1883-88), В. Нернстом (третье начало термодинамики, 1906), Г. Льюисом (метод термодинамич. активностей, 1907), И. Пригожиным (неравновесная термодинамика).

Выводы и методы Х. т. широко используются в физике, геологии, биологии и др., при решении практич. проблем, в частности для расчетов произ-в хим., металлургич., топливной и других отраслей пром-сти. Ряд важнейших совр. произ-в (синтез аммиака, метанола и др.) получил пром. осуществление на основе термодинамич. изучения этих процессов.

Лит.: Герасимов Я. И., Крестовников А. Н., Шахов А. С., Химическая термодинамика в цветной металлургии, т. 1-4, М., 1960-66; Кричевский И. Р., Понятия и основы термодинамики, М., 1962; Полтораки О. М., Лекции по химической термодинамике, М., 1971; Карапетянц М. Х., Химическая термодинамика, 3 изд., М., 1975; Термодинамические свойства индивидуальных веществ, отв. ред. В. П. Глушко, 3 изд., т. 1-4, М., 1978-82; Прикладная химическая термодинамика, под ред. Т. Барри, пер. с англ., М., 1988.



**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**, наука о наиб. экономичных и экологически целесообразных методах и средствах хим. переработки сырых природных материалов в продукты потребления и промежуточные продукты.

#### Историческая справка

Зачатки Х. т. как описательного раздела прикладной химии возникли в 15 в., когда стали появляться мелкие специализир. произ-ва к-г, щелочей и солей, разл. фармацевтич. препаратов и нек-рых орг. в-в. В России собственн. хим. произ-вами, получившими развитие в кон. 16 – нач. 17 вв., было изготовление красок, селитры, порохов, а также получение соды и серной к-ты.

Во 2-й пол. 18 в. началось выделение технологии в спец. отрасль знаний, закладывались основы хим. технологии как науки и учебной дисциплины. И. Бекман (1772) и И. Гмелин (1795) в Германии, В. М. Севергин (1801) в России издают первые комплексные труды, охватывающие технику многих хим. произ-в, вводят в обращение термин «технология». В 1748 в Бирмингеме (Англия) был построен первый завод по произ-ву серной к-ты в свинцовых камерах. В 1787–91 Н. Леблан разработал первый пром. способ получения соды, необходимой для стеклольного произ-ва, произ-ва едкого натра и др. отраслей пром-сти, а в 1863 Э. Сольве предложил аммиачный метод получения соды.

С сер. 19 в. широко развиваются исследования в области катализа, позволившие осуществить в пром. масштабе мн. хим. процессы. Контактный способ получения серной к-ты был разработан К. Винклером в 1875. Внедрение гетерогенного катализа в орг. синтез знаменовало начало нового периода в истории технологии орг. в-в, сделало возможным, в частности, получение С. В. Лебедевым синтетич. каучука (1928).

Большое значение для решения актуальных задач Х. т. имели теоретич. и эксперим. исследования в области хим. термодинамики. Большинство из них имело четкую технол. направленность. Начало новой эры технологии положили труды А. Ле Шателье, В. Нернста и Ф. Габера, посвященные синтезу аммиака из азота и водорода. Создание в 1913 К. Бошем пром. установки синтеза аммиака под давлением знаменовало собой революцию в развитии хим. пром-сти.

В сер. 19 в. в результате развития работ Ю. Либиха появилась новая отрасль хим. пром-сти – произ-во минеральных удобрений, а работы Н. Н. Зинина в России легли в основу создания анилинокрасочной пром-сти. Среди отечеств. ученых велика роль Д. И. Менделеева в развитии разл. разделов хим. технологии, включая нефтехимию и нефтепереработку.

Окончательное формирование Х. т. как самостоятельной научной дисциплины, несмотря на глубокие исторические корни, относят к 1-му десятилетию 20 в., когда было разработано учение об основных процессах и аппаратах хим. произ-в. Теоретич. фундамент Х. т. возник при слиянии промышленной, или прикладной, химии с разделом физики, изучающим процессы переноса импульса, теплоты и массы. Плодотворное влияние на развитие Х. т. в последующие годы оказали работы по моделированию гидродинамич., тепловых и диффузионных процессов на основе методов подобия теории и анализа размерностей. Эти работы в значит. мере способствовали решению проблемы масштабного перехода от лаб. «пробирки» к пром. агрегатам большой единичной мощности. Новым этапом в развитии Х. т. явилось проникновение в нее в кон. 60-х гг. идей, методов и технических средств кибернетики и, как результат, развитие методов мат. моделирования, оптимизации и автоматизированного управления хим.-технол. процессами.

#### Основные химико-технологические процессы

Легший в основе пром. произ-ва хим.-технол. процесс представляет собой совокупность операций, позволяющих получить целевой продукт из исходного сырья. Любое хим. произ-во м. б. представлено в виде трех блоков: подготовки и очистки сырья, хим. превращения, выделения и очистки

целевых продуктов. Эти блоки связаны между собой потоками в-ва и энергии.

Современная Х. т. разрабатывает и изучает совокупность физ. и хим. процессов и оптимальные пути их осуществления и управления ими в пром. произ-ве разл. в-в и материалов.

**Классификация.** Хим.-технол. процесс в целом – это сложная система, состоящая из единичных, связанных между собой элементов и взаимодействующая с окружающей средой. Элементами этой системы являются 5 групп процессов: 1) механические – измельчение, грохочение, таблетирование, транспортирование твердых материалов, упаковка конечного продукта и др.; 2) гидромеханические – перемещение жидкостей и газов по трубопроводам и аппаратам, пневматич. транспорт, гидравлич. классификация, туманоулавливание, фильтрование, флотация, центрифугирование, осаждение, перемешивание, псевдоожижение и др.; скорость этих процессов определяется законами механики и гидродинамики; 3) тепловые – испарение, конденсация, нагревание, охлаждение, выпаривание (см. также *Теплообмен*), скорость к-рых определяется законами теплопередачи; 4) диффузионные или массообменные, связанные с переносом в-ва в разл. агрегатных состояниях из одной фазы в другую, – абсорбция газов, увлажнение газов и паров, адсорбция, дистилляция, ректификация, сушка, кристаллизация (см. также *Кристаллизационные методы разделения смесей*), сублимация, экстрагирование, жидкостная экстракция, ионный обмен, обратный осмос (см. также *Мембранные процессы разделения*), электродиализ и др.; 5) химические. Все эти процессы рассматриваются как единичные или основные.

Единой классификации хим. процессов нет. Их можно классифицировать по разл. признакам: 1) по сырью; 2) по потребителскому или товарному признаку (напр., произ-во удобрений, красителей, лек. препаратов); 3) по группам периодич. системы элементов; 4) по типам хим. р-ций (окисл.-восстановит. процессы, гидрирование, хлорирование, циклизация, аммонолиз и т. п.); 5) по фазам (гомогенные жидкофазные и газофазные процессы, гетерог. процессы в системах жидкость – газ, газ – твердое тело и т. п.). В подобном рода классификациях слово «технология» нередко употребляется в более узком смысле (напр., технология неорг. в-в, аммиака, азотной к-ты, металлов, угля, нефти). В связи с этим Х. т. подразделяется на две части – общую, являющуюся фундаментом этой науки, и специальную, соответствующую отраслям пром-сти с учетом их специфики.

**Методы расчета.** Количеств. описание процессов Х. т. основано на законах хим. термодинамики, переноса кол-ва движения, теплоты и массы (см. *Макрокинетика*, *Переноса процессы*, *Турбулентная диффузия*) и хим. кинетики. Анализ кинетич. закономерностей единичных процессов, их взаимного влияния позволяет разработать технол. режим, т. е. оптимальную совокупность параметров (т-ра, давление, состав исходной реакционной смеси, природа катализатора), определяющих такие условия работы аппарата или системы аппаратов, к-рые позволяют получить наиб. выход продукта или обеспечить наименьшую его себестоимость. Мат. моделирование, широко используемое при расчетах хим. процессов и оборудования, включает формализацию процесса в виде мат. записи, задание разл. значений режимных параметров системы для отыскания с помощью ЭВМ значения выходных параметров и эксперим. установление адекватности модели изучаемому объекту. Оптимизация работы агрегатов осуществляется по экономич. и энерго-технол. показателям. Если прежде при этом стремились достичь макс. результата по одному параметру, напр. получить макс. выход продукта, то теперь требуется оптимизация, включающая учет таких параметров, как энергетич. и материальные ресурсы, защита окружающей среды, обеспечение заданного качества продуктов, безопасность процессов, продуктов и отходов произ-ва.

**Аппаратура.** Материальной основой хим.-технол. процессов являются машины и аппараты хим. произ-ва. Единичные процессы протекают в разл. аппаратах – хим. реакторах, абсорбционных и ректификационных колоннах, теплообменниках. Номенклатура хим. оборудования исключительно раз-

нообразна. Так, одна лишь установка для произ-ва этилена и пропилена содержит до 40 разл. колонн, 250 теплообменников, 50 емкостных аппаратов, печи пиролиза, компрессорные установки, большое кол-во насосов, арматуры, разл. коммуникаций, контрольно-измерит. приборов и ср-в автоматикой, связанных в единую технол. линию (схему) процесса. Разработка и построение рациональной технол. схемы – важные задачи Х. т.

### Химические производства

Х. т. – научная база хим., микробиол., целлюлозно-бумажной, нефтехим. отраслей пром.-сти, металлургии, процессов и произ-в топливно-энергетич. комплекса.

**Химизация.** Одним из показателей научно-техн. прогресса является рост доли хим. продукции в общем объеме пром. произ-ва. Цель химизации – интенсификация и повышение эффективности пром. и с.-х. произ-в, улучшение условий труда и повышение уровня мед. и бытового обслуживания населения. Химизация обеспечивает совершенствование структуры сырьевого баланса, обусловленное ростом потребления прогрессивных хим. материалов и экономией природных ресурсов, снижение затрат на произ-во и эксплуатацию изделий по сравнению с полученными из природных материалов, совершенствование топливно-энергетич. базы на основе комплексной переработки нефти, природного газа, угля и сланцев.

Стратегич. направления развития перерабатывающих отраслей пром.-сти, основанных на методах Х. т., включают в первую очередь оптимальное использование сырья и энергетич. ресурсов, обеспечение безопасности хим. процессов и продуктов, защиту окружающей среды.

**Сырьевые ресурсы.** Хим. пром.-сть перерабатывает огромные массы сырья, расходует большие кол-ва воды, топлива и энергии. Во мн. хим. произ-вах расходные коэф. сырья достигают 3–4 т на 1 т продукта, а в нек-рых случаях превосходят 5–6 т. Очевидно, что разработка методов эффективного использования сырья и энергии в технол. процессах – одна из важнейших проблем Х. т.

В произ-вах хим. продуктов различают исходные в-ва (сырье), промежут. продукты (полупродукты), к-рые в свою очередь служат сырьем для получения мн. других в-в, и готовые продукты. Сырье хим. пром.-сти классифицируют по происхождению (минеральное, растительное и животное); по запасам – невозобновляемое (руды, минералы, горючие ископаемые) и возобновляемое (вода, воздух, растительное и животное сырье); по хим. составу – неорг. (руды, минералы) и орг. (нефть, уголь, природный газ); по агрегатному состоянию – твердое (руды, минералы, уголь, сланцы, торф), жидкое (вода, рассолы, нефть) и газообразное (воздух, природные горючие газы).

В 1900–80 из недр Земли было извлечено полезных ископаемых во много раз больше, чем за всю предыдущую историю цивилизации. На 20 в. приходится 85% добычи меди, 87% железной руды, 90% угля, 99,5% нефти. Общее кол-во добываемой и перерабатываемой горной массы измеряется многими миллиардами тонн. В то же время в конечном продукте пока еще утилизируется лишь ок. 10% массы используемых природных ресурсов, а остальные 90% теряются. Вследствие постепенного истощения невозобновляемых естественных источников минерального сырья Х. т. должна решать проблемы перехода на сырье с пониженным содержанием полезных компонентов. Так, в произ-ве фосфорных удобрений для получения 1 т  $P_2O_5$  нужно было в 1970 переработать 26,7 т горнорудного сырья, а в 1985 – 41,6 т.

Существенным источником хим. сырья являются вторичные материальные ресурсы, к к-рым относят отходы произ-ва, т. е. остатки сырья, материалов и полупродуктов, образующиеся в процессе произ-ва и не соответствующие стандартам, отходы потребления, состоящие из бывших в употреблении изделий и в-в, восстановление к-рых экономически нецелесообразно, и побочные продукты, образующиеся наряду с основными продуктами произ-ва. К числу крупнотоннажных отходов произ-ва и потребления относятся фосфогипс, пи-

ритные огарки, шлаки черной металлургии, зола и шлаки тепловых электростанций, лигнин, макулатура, стеклобой, яблочные выжимки и др. Используя вторичные сырьевые ресурсы, хим. пром.-сть выступает не только как потребитель природных ресурсов, но и как отрасль, сберегающая природное сырье. В промышленно развитых странах повторное использование стали составляет 70%, меди – 55, алюминия – 45, олова – 45, цинка – 21%. При этом энергоемкость произ-ва алюминия из вторичного сырья в 20 раз, а стали в 10 раз ниже, чем энергоемкость их произ-ва из первичного сырья. Капитальные вложения при переработке вторичного сырья примерно в 4 раза меньше, чем при переработке первичного.

Один из важных путей рационального использования сырьевых ресурсов – их комплексная переработка, включающая утилизацию побочных продуктов и отходов произ-ва и потребления и превращение их в полезные продукты, а также совмещение неск. произ-в внутри одного предприятия. Напр., произ-во аммиака часто совмещают с получением карбамида, чтобы утилизировать диоксид углерода, образующийся наряду с водородом при конверсии природного горючего газа. При комплексной переработке апатит-нефелиновых руд помимо фосфатного сырья можно получить глинозем, фториды, порландцемент, диоксид титана, соед. РЗЭ.

**Топливо-энергетическая база.** Хим. пром.-сть – один из крупнейших потребителей топлива и электроэнергии. Поэтому в совр. Х. т. принципиальное значение имеет создание энерготехнол. процессов и систем, в к-рых используется энергия, полученная за счет теплоты хим. р-ций. Интеграция энергетич. и хим.-технол. процессов в единую энерготехнол. систему позволяет интенсифицировать все основные процессы, значительно повысить коэф. использования теплоты, выделяемой топливом, и с макс. эффективностью утилизировать орг. и минеральную (зольную) составляющие топлива. Наиб. эффективными энерготехнол. системами являются крупнотоннажные произ-ва аммиака, слабой азотной к-ты и карбамида. Так, в результате создания энерготехнол. процесса в произ-ве аммиака уд. расход электроэнергии снизился почти в 8 раз – с 6840 до 900 МДж/кг. Энерготехнол. переработка твердых топлив, атомные энерготехнол. установки для получения водорода, оксида углерода, синтетич. жидкого топлива и др. видов углеводородного сырья приобретают возрастающее значение.

Развитие совр. хим. пром.-сти протекает в условиях неуклонно растущего дефицита энергетич. и сырьевых ресурсов. Проявляется вынужденная ориентация на сырье более низкосортное: обедненные руды вместо прежде использовавшихся богатых, уголь, сланцы, природный газ вместо идеального сырья для произ-ва углеводородов, каким является нефть. Низкосортное сырье при его переработке требует повышенного расхода энергии и приводит к образованию дополнит. газовых выбросов, жидких стоков и твердых отходов.

Глобальные проблемы энергетич. и сырьевых ресурсов и охраны окружающей среды оказываются взаимосвязанными и требуют от Х. т. для своего решения разработки и использования циклических процессов, к-рые не имеют отходов. Такие процессы наблюдаются в природе, поэтому она и существует на Земле миллионы лет без истощения сырья. Кол-во отходов произ-ва характеризует степень совершенства хим.-технол. процесса (см. *Безотходные производства*).

Рациональное размещение крупных хим. предприятий в к.-л. регионе определяется наличием сырьевой и топливно-энергетич. базы, развитостью инфраструктуры. При их создании, особенно в случае вредных и опасных произ-в, необходимо принимать во внимание социальный фактор (см., напр., *Химическое оружие*).

**Охрана природы и безопасность химических производств.** Рациональная организация экологически чистых хим. произ-в требует включения в сферу Х. т. множества исследований, областей, связанных с охраной окружающей среды, безопасностью процессов и умением справиться с опасными отходами произ-ва. Хотя энергетика и транспорт оказывают более мощное техногенное влияние на окружающую среду,

чем собственно хим. произ-ва, методы Х. т. остаются ведущими при разработке средств охраны природы, технол. процессов, устойчивых к изменениям исходного состава сырья и позволяющих минимизировать содержание токсичных промежуточных соед. и продуктов, обеспечивающих надежную (см. *Надежность*) и безопасную работу пром. объектов.

Экологич. проблемы, возникающие в связи с произ-вом и потреблением хим. продуктов, привлекают значительное внимание ученых, инженеров-практиков и всего населения, для их решения выделяются значительные средства (см. *Водоподготовка, Газов очистка, Каплеулавливание, Охрана природы, Пылеулавливание, Туманоулавливание*).

Проблемы пром. безопасности, хотя и связаны с экологией, имеют большое самостоятельное значение. Актуальность проблем постоянно возрастает с нач. 50-х гг. из-за развития крупномасштабных хим. произ-в. Основу хим. пром-сти составляют непрерывные произ-ва, мощность к-рых не имеет, по существу, естественных ограничений. Постоянный рост производительности обусловлен значительными экономич. преимуществами крупных установок.

Как следствие, возрастает содержание опасных в-в (аммиака, хлора, оксида углерода, фосфорорг. соед.) в технол. аппаратах, что сопровождается возникновением опасностей катастрофич. пожаров, токсичных выбросов и других разрушительных явлений, способных поражать население и окружающую среду.

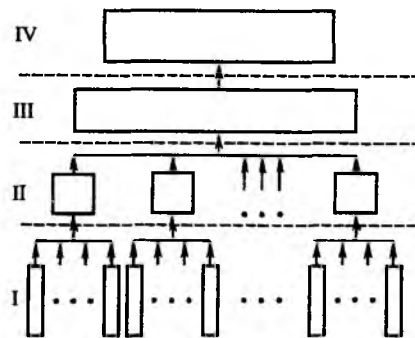
Контроль, регламентирование и снижение пром. опасностей можно успешно осуществлять лишь при использовании стратегич. подхода к вопросам пром. безопасности. Еще на стадии разработки технол. процесса необходимо проанализировать опасность, к-рые этот процесс несет с собой.

Одной из составляющих стратегич. подхода является принцип использования неопасных в-в, где это возможно. В случае, если это невозможно, установка должна быть спроектирована так, чтобы содержать миним. кол-во опасных в-в. Площадку предприятия следует выбирать так, чтобы места скопления людей были отдалены от мест проведения технол. процесса.

Применение стратегич. подхода к обеспечению безопасности произ-ва необходимо не только для предотвращения аварий, но и для уменьшения последствий от них. В то же время известно, что функционирующие предприятия строили без учета совр. требований к безопасности и на них, в противоположность стратегич. подходу, используется метод «навешивания» средств обеспечения безопасности на готовое предприятие. Очевидно, что следующее поколение хим. предприятий должно с самого начала проектироваться и строиться с учетом того, что соблюдение требований по безопасности произ-ва является очень важной стороной дела (см. также *Охрана труда, Пожарная опасность*).

**Проектирование, управление и контроль химико-технол. систем (ХТС) и произ-в.** Совр. хим. предприятие – это сложная химико-технол. система, состоящая из большого числа аппаратов и связей (потоков) между ними. Признание факта взаимного влияния агрегатов, составляющих ХТС, привело к необходимости рассматривать технол. процесс при его проектировании на основе системного подхода, когда хим. предприятие м. б. представлено в виде многоуровневой иерархич. структуры, показанной на рисунке.

Первую, низшую, ступень иерархии составляют основные химико-технол. процессы, а также локальные системы автоматич. регулирования (САР) и управления ими. Вторая ступень иерархии – агрегаты и комплексы, представляющие взаимосвязанную совокупность типовых технол. процессов и аппаратов, осуществляющих определенную операцию. Чаще всего это цехи или их отдельные участки. На этой ступени используются автоматизир. системы управления (АСУ) для решения задачи оптим. координации работы аппаратов и оптим. распределения технол. потоков между ними (АСУТП). Третья ступень иерархии включает хим. произ-ва, состоящие из неск. цехов, где получают целевые продукты, а также АСУ технол. и организационного функционирования произ-ва.



Иерархическая структура химического производства. I – Типовые химико-технологические процессы и САР. II – Технологические цеха, участки и АСУ технологическими процессами. III – Совокупность цехов по производству целевого продукта и АСУ цехами. IV – Химическое предприятие (завод) и АСУП.

Четвертая ступень – хим. предприятие в целом и автоматизир. система управления предприятием (АСУП). См. также *Автоматизированное управление*.

Основные этапы создания ХТС таковы. Первый уровень заканчивается составлением мат. моделей элементов подсистем ХТС. Далее переходят к решению задач анализа, синтеза и оптимизации ХТС. Анализ состоит в изучении св-в и эффективности функционирования ХТС на основе ее мат. модели. Св-ва системы зависят как от параметров и характеристик состояния элементов (подсистем), так и от структуры технол. связей между элементами. Естественно, что полная модель м. б. рассчитана лишь после того, как синтезирована ХТС, т. е. анализ не может производиться в отрыве от синтеза. Задача синтеза заключается в создании ХТС, работающей с высокой эффективностью. Для этого необходимо прежде всего выбрать оптим. технол. топологию системы, к-рая определяет характер и порядок соединения отдельных аппаратов в технол. схеме. Очевидно, что с синтезом ХТС тесно связана задача оптимизации, к-рая сводится к нахождению экстремального значения выбранного критерия эффективности (как правило, экономического) функционирования системы. Из определения задач анализа, синтеза и оптимизации ХТС видно, что все эти этапы органически связаны друг с другом.

Усиливаются тенденции заменять обычные методы проектирования агрегатов и установок оптимальным проектированием. В этом случае выбор окончательного варианта производится по специально разработанной стратегии математически обоснованными методами перебора многих сотен вариантов конструктивных схем и режимов агрегатов и установок (см. также *Автоматизированное проектирование*).

Развитие совр. ср-в автоматизир. проектирования и управления химико-технол. процессами, появления технол. оборудования с «гибкими» (перенастраиваемыми) материальными и энергетич. связями и систем пром. роботов привели к возрождению на качественно новом уровне периодич. процессов хим. технологии (см. *Непрерывные и периодические процессы*). Этот способ организации технол. процессов весьма выгоден для малотоннажных многоассортиментных произ-в (лаков, красок, инсектицидов, присадок к маслам, особо чистых в-в и реактивов, лек. препаратов и др.). Увеличение объема произ-ва таких продуктов осуществляется путем создания гибких производств. систем (ГПС) с автоматизир. участками, способных синтезировать широкую номенклатуру хим. продуктов (см. *Гибкие производства*). Предприятие с ГПС представляет собой набор блоков – смесителей, реакторов, холодильников, емкостей, дозаторов, насосов и т. д., к-рые м. б. переключены в любой последовательности в зависимости от особенностей осуществляемого процесса. Такой блочно-модульный принцип организации произ-ва позволяет унифицировать оборудование.

## Тенденции развития Х. т.

За последние 20 лет Х. т. претерпела колоссальные изменения в научном и прикладном отношении. В совр. условиях массовые продукты основной химии уступают место продуктам тонкого хим. синтеза, все чаще условия процессов и качество продуктов определяют св-ва поверхности раздела фаз, отдельных частиц, а не объема. От макроструктуры в-в переходят к управлению микроструктурой; неструктурированная среда вытесняется структурированной (мицелла, кластер); энергию вводят направленно с помощью лазера с заданной частотой излучения, в виде плазмы, электр. поля; вместо нормального состояния фаз используют суперкритич. флюиды, жидкие кристаллы. Появились новые области Х. т.: биотехнология, генная инженерия, «конструирование» материалов на мол. уровне (нанотехнология).

Ядро методологии Х. т. составляет определенное число «исторических моделей», основанных на использовании принятых концепций: основных процессов Х. т., ступеней разделения, аналогий между переносом массы, теплоты и кол-ва движения и др.

Среди новых областей теории, находящихся практич. применение в Х. т., отметим использование нелинейной динамики для описания хим. взаимод. и процессов переноса. В ряде случаев флуктуации в конечном итоге могут приводить к процессу самоорганизации и возникновению диссипативных структур. Познание и активное применение закономерностей самоорганизации имеют принципиальное значение, поскольку открывают перспективы целенаправленного построения технол. процессов, основанных на принципах саморегулирования.

Практич. значение самоорганизации на межфазной границе (эффект Марангони; см. *Массообмен*) связано с возможностью существенно улучшить ряд важных процессов Х. т.: абсорбционная и хемосорбционная очистка газов, жидкостная экстракция, ректификация.

Концепция хаоса также вовлекается в арсенал совр. методов Х. т., поскольку условия возникновения хаотич. поведения – многомерность полей физ. величин, пульсационные явления, налагающиеся эффекты – часто встречаются в хим.-технол. системах. Так, модели массопередачи, как правило, имеют стохастико-детерминированный характер.

Энергетич. проблемы в Х. т. наиб. остро стоят в связи с процессами сушки и разделения смесей. Здесь наметились два направления – энергетич. оптимизация существующих процессов и разработка новых с низкой энергоемкостью. Так, для наиб. энергоемкого крупнотоннажного процесса разделения – ректификации – в качестве критерия оптимизации м. б. использовано произ-во энтропии. Наименьшее возрастание энтропии достигается в случае, когда произ-во ее однородно распределено по высоте колонны. Такой подход позволяет сформулировать новый принцип конструирования колонной аппаратуры (см. также *Эксергетический анализ*).

Другой путь сводится к разработке новых процессов с пониженной энергоемкостью, среди к-рых наиб. перспективны: 1) селективная адсорбция газов при переменном давлении; 2) суперкритич. флюидная экстракция, основанная на св-вах сжатога сверхкритич. газа (диоксид углерода, этан, этилен и др.) изменять растворяющую способность при изменении плотности; 3) кристаллизация из расплавов – весьма эффективный путь разделения и очистки орг. соед., имеющих т-ры плавления между  $-50$  и  $200$  °С, при существенно меньших, чем в случае ректификации, энергозатратах, при высокой эффективности и наиб. глубине очистки по сравнению с др. процессами разделения; 4) мембранные процессы разделения.

Комбинирование термодинамич. потоков и сил (см. *Термодинамика необратимых процессов*) и соединение в одном аппарате разл. процессов – интенсивно развивающееся новое направление Х. т. Так, напр., почти все заводы, выпускающие одну из сравнительно экологически чистых добавок, повышающих октановое число бензинов, метил-*трет*-бутиловый эфир, используют хим. р-цию, совмещенную в одном аппарате

с ректификацией. Перспективными являются также керамич. мембранные реакторы, в к-рых за счет диффузионного торможения скорости доставки реагентов в зону р-ции и отвода продуктов удается непрерывно проводить р-ции, обычно протекающие со взрывом.

Еще один тип новых концепций в Х. т. связан со структурой и организацией конденсир. фазы. Св-ва таких материалов, как полимеры, керамика, композиты, зависят от тщательного сконструированных структур на мол. и микроскопич. уровнях, необходимых, чтобы получить при использовании требуемую специфич. характеристику, напр. микропористая структура активного слоя керамич. мембраны, нанесенного на макропористую подложку. Процессы Х. т., применяемые при произ-ве этих микроструктурир. материалов, являются решающими, во многих случаях более важными, чем состав. Будут объединяться также процессы синтеза и обработки материалов. Механич. методы, напр. клепка металлов, не м. б. надежно применены к композиционным материалам будущего. На передний план выдвинутся хим. методы, напр. адгезионное или мол. соединение частей. Создание новой информационной техники стало возможным благодаря появлению материалов и устройств, структуру и св-ва к-рых контролируют с исключительной точностью в результате применения в производств. процессах хим. р-ций. Успехи в микроэлектронике, фотогалванике, оптич. передаче информации, создании магн. накопителей для записи, накопления и обработки информации определяются последними достижениями Х. т. в области сверхтонкой очистки материалов от примесей, моделирования и расчета хим. реакторов, в к-рых изготавливаются соответствующие устройства. В произ-ве совр. материалов и новых в-в вклад Х. т. как науки состоит в изучении связи процесс – структура – свойства и управлении этой связью.

Х. т. относится к числу наук, обладающих огромным потенциалом для улучшения условий жизни людей на Земле. Новые технол. процессы и приемы произ-ва, новые источники энергии, энергозамкнутые и замкнутые по материальным потокам циклы хим. произ-в, экономически сбалансированные, с отсутствием вредных выбросов в окружающую среду, созданные на научной базе Х. т., – мощнейший фактор повышения экономич. потенциала общества и его благосостояния.

Лит.: Меяделеев Д. И., К познанию России. Соч., Л. – М., 1952; Фрайк-Камеицкий Д. А., Диффузия и теплопередача в химической кинетике, М., 1967; Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е., Явления переноса, пер. с англ., М., 1974; Кафаров В. В., Основы массопередачи, 3 изд., М., 1979; его же, Методы кибернетики в химии и химической технологии, 4 изд., М., 1985; Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч., Массопередача, пер. с англ., М., 1982; Маршалл В., Основные опасности химических производств, пер. с англ., М., 1989; Кутепов А. М., Бойдарева Т. И., Беренгартен М. Г., Общая химическая технология, М., 1990; Справочник инженер-химика, пер. с англ., 6 изд., под ред. Р. Перри, кн. 1–4, М., 1991; Дытнерский Ю. И., Процессы и аппараты химической технологии, ч. 1–2, М., 1992; Технология основного органического синтеза. Совмещенные процессы, М., 1993; Danckwerts P. V., Insights into chemical engineering, Oxf., 1981; Astarita G., Savage D. W., Bisio A., Gas treating with chemical solvents, N.Y., 1982; Doraiswamy L. K., Sharma M. M., Heterogeneous reactions: analysis, experiments and reactor design, v. 1–2, N.Y., 1984; Froment G. F., Bischoff K. B., Chemical reactor analysis and design, 2 ed., N.Y., 1990.

Н. Н. Кулов, А. М. Куменов.

**ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**, наука о физ. законах, управляющих строением и превращениями хим. в-в. Рождение Х. ф. как самостоятел. науки обусловлено появлением в нач. 20 в. квантовой механики, законы к-рой стали базой теории химической связи, межмолекулярных взаимодействий и реакционной способности молекул. Термин «Х. ф.» ввел А. Эйкен в 1930, заглавив изданное им ранее руководство по физ. химии как «Учебник химической физики».

Крупный вклад в становление и развитие Х. ф. внесли Н. Н. Семенов, создавший в 1920–30-х гг. одновременно с С. Хиншелвудом теорию цепных р-ций; Г. Эйринг, М. Поляни и М. Эванс, разработавшие (1935) теорию абсолютных скоростей р-ций; Л. Полинг, Дж. Слейтер, Р. Малликен, Дж. Леннар-Джонс и Ф. Хунд, развившие в нач. 30-х гг. методы квантовой химии.

В совр. Х. ф. выделяют два главных направления: определение электронной и атомно-молекулярной структуры хим. частиц и образованных ими в-в и исследования, связанные с

решением проблем хим. динамики, т. е. изменений во времени энергетич. и структурных характеристик хим. частиц.

**Структурная Х. ф.** В ряду понятий структура – свойство – функция структура является фундам. понятием, поскольку по структуре хим. частиц можно прогнозировать св-ва в-ва, оценивать потенциал его практич. полезности и применимости.

Остро стоит обратная задача – создание хим. в-в с заданной атомно-молекулярной структурой для обеспечения требуемых св-в и выполнения заданных ф-ций. Это относится к созданию лекарств целевого назначения, конструированию полупроводниковых материалов с известной проводимостью, сплавов с высокой коррозионной стойкостью, керамич. материалов с установленной прочностью, катализаторов с высокой активностью и селективностью и т. п.

Х. ф. решает структурные задачи на трех уровнях: 1) изолированные частицы (атомы, ионы, молекулы); 2) малые коллективы частиц (ван-дер-ваальсовы молекулы, мол. комплексы, кластеры); 3) большие коллективы частиц (жидкости, стекла, кристаллы, мол. слои и пленки, мол.-организованные ансамбли).

Значит. место в совр. Х. ф. занимает изучение структурных и спектральных характеристик высоковозбужденных частиц, что обусловлено, во-первых, разработкой новых лазерных систем и выбором частиц-эмиттеров, подходящих для генерации излучения; во-вторых, созданием аналит. методов идентификации возбужденных частиц, образованных в плазме, ударных волнах, при горении, в космосе и т. д.; в-третьих, необходимостью знания св-в возбужденных состояний и пов-стей их потенциальной энергии для предсказания механизма р-ции и расчета динамики элементарного акта хим. р-ции (см. ниже).

Изследование структуры малых коллективов частиц позволяет понять, как св-ва индивидуальных частиц переходят в св-ва образованных из них тел (проблема эволюции хим. «количества» в хим. «качество»). Особенно наглядно можно это проследить при изучении кластеров – групп близко расположенных, тесно связанных друг с другом атомов, молекул, ионов, иногда ультрадисперсных частиц.

Структурная Х. ф. непосредственно связана с материаловедением; она разрабатывает принципы управления структурой в-ва с целью создания новых материалов с прогнозируемым функциональным назначением.

**Химическая динамика** – приоритетное направление в Х. ф. Выделяют 4 группы проблем, к-рые составляют условно мол. динамику, энергетич. динамику, динамику элементарного акта хим. р-ции и спиновую динамику.

Молекулярная динамика рассматривает временную модуляцию потенциалов межмол. взаимодей., что определяет шум энергетич. возмущений в мол. системе, процессы обмена и релаксации энергии межмол. взаимодействий. Благодаря движению молекулы входят в контакт и взаимно ориентируются, образуют мол. ансамбли. Мол. динамика позволяет объяснить мех. прочность в-в, упругость и пластичность (см. *Реология*), электр. проводимость и диэлектрич. потери (см. *Диэлектрики*), магн. восприимчивость.

Для изучения мол. динамики используют физ. явления: рэлеевское и комбинационное рассеяние света (см. *Комбинационного рассеяния спектроскопия*), акустич. и магн. релаксацию (см. *Акустическая спектроскопия*), радиоспектроскопию, аннигиляционную позитронию (см. *Мезонная химия*), рассеяние нейтронов (см. *Нейтроннография*). Разработаны спец. методы: пикосекундная и фемтосекундная оптич. спектроскопия, включая лазерную динамику, голографию с временами разрешения до  $10^{-11}$  –  $10^{-13}$  с (см. *Лазерная спектроскопия*), а также методы мат. моделирования (см. *Молекулярная динамика*, *Молекулярная механика*).

Под энергетич. динамикой понимают круг проблем, обусловленных селективным заселением возбужденных электронных, колебат. и вращат. состояний молекул, внутри и межмол. обменом энергией, релаксацией внутри энергии в кинетич. энергию поступат. движения молекул и в энергию мол. окружения. Эти проблемы исследуются в определенной логич. последовательности: сначала в газах и на границе

раздела газ – твердое тело, где можно выделить индивидуальные контакты частиц и идентифицировать физ. взаимодей., ответственные за перенос энергии; затем для ван-дер-ваальсовых молекул, мол. комплексов и кластеров, где имеют место многочастичные взаимодей., наконец, для коллективных возбуждений в жидкостях и твердых телах. Изучение энергетич. динамики преследует в осн. две цели: 1) создание теоретич. основ селективной химии, обеспечивающей направленное хим. превращение (плазмой, активацией, лазерная «хирургия» молекул, энергетич. стимуляция реакц. способности и др., см., напр., *Плазмохимия*, *Лазерная химия*); 2) поиск путей запасаения энергии на внутр. степенях свободы молекул и на определенных хим. связях с целью создания новых хим. лазеров (в т.ч. с солнечной накачкой) и энергоемких в-в.

Динамика элементарного акта хим. р-ции – центр. часть Х. ф. Здесь рассматривают принципиальные проблемы: какие р-ции могут происходить, а какие запрещены, как рассчитать скорость р-ции, как управлять хим. р-циями, влияя на их скорость и направление. Исходным этапом решения этих проблем является расчет *поверхности потенциальной энергии* (ППЭ) (в частности, *координаты реакции*) и траекторий движения частиц по ППЭ из состояния «исходные в-ва» в состоянии «продукты». ППЭ можно рассчитать методами квантовой химии (см. *Неэмпирические методы*, *Полуэмпирические методы*); расчет траекторий движения производится по ур-ниям классич. механики (метод классич. траекторий) или с учетом квантовых состояний частиц (метод квазиклассич. траекторий). Развиваются строгие методы, основанные полностью на квантовых представлениях. Разрабатывается также статистич. теория хим. р-ций, к-рая не требует для расчета скорости р-ции знания траекторий и динамики движения по ППЭ; достаточно лишь знание энергетич. спектра всех частиц, движущихся по ППЭ.

Хим. кинетика как наука о скоростях и механизмах процессов является составной частью Х. ф. Ее совр. уровень определяется применением новых физ. методов, позволяющих надежно идентифицировать промежут. активные частицы и измерять скорости их превращения с высоким временным разрешением, до десятков фемтосекунд. Хим. кинетика – пл. средство установления механизмов хим. и биохим. процессов (от горения в двигателях до ферментативного окисления). Знание хим. механизмов – важнейший элемент на пути к высокоселективным, энергосберегающим и экологическим чистым хим. технологиям.

Спиновая динамика изучает временное поведение спинов электронов и ядер, динамику изменения спиновой мультиплетности реагентов и продуктов и влияние магн. возмущений на спиновые запреты в хим. р-циях (см. *Магнитно-спиновые эффекты*). Эти эффекты интенсивно изучаются и столь перспективны, что данное направление Х. ф. зачастую рассматривается как самостоятельное и наз. спиновая химия.

Лит.: Бучаченко А. Л., «Успехи химии», 1987, т. 56, в. 10, с. 1593–1638; Levine R. D., Bernstein R. B., *Molecular reaction dynamics and chemical reactivity*, Oxf., 1987.

А. Л. Бучаченко.

**ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ**, характеризуются высокой стойкостью к действию химически активных сред (к-т, щелочей, окислителей и др.).

Хим. стойкость материалов определяется их составом, структурой, пористостью, а также условиями эксплуатации (концентрация агрессивного реагента, т-ра и продолжительность воздействия среды). Стойкость материалов в определенной среде оценивают по отношению (в %) массы материала, обработанного агрессивным реагентом, к его массе до обработки. Кроме того, в зависимости от функц. назначения Х. с. м. оценивают изменение его рабочих характеристик применительно к конкретным условиям эксплуатации.

Х. с. м. делят на металлургические и неметаллургические; о пер-вых см. *Коррозионностойкие материалы*. Среди неметаллич. Х. с. м. различают неорг., орг. и композиционные. Осн. неорганические Х. с. м. – *кислотоупорные природные материалы*, силикатные материалы (стекло, ситаллы, керамика, эмали), а также нитриды, бориды и силициды переходных металлов IV–VI групп. Материалы, в состав к-рых входят



нерастворимые кислотные оксиды, как правило, стойки к действию к-т (кислотостойки), напр. алумосиликаты не взаимодей. со всеми минер. к-тами за исключением фтористоводородной; материалы, содержащие основные оксиды, напр. цементы, известняки, магнезиты, асбест, стойки к щелочам (щелочестойки).

Органические Х.с.м. подразделяют на природные (дерево, битумы, асфальты) и синтетические (пластмассы, смолы, НК, СК, резины и др.). Такие Х.с.м. разрушаются гл. обр. под действием орг. р-рителей или сильных окислителей, а также под действием света. Наиб. хим. стойкостью в сочетании с высокой теплоустойчивостью обладают фторсодержащие полимеры (*фторопласты, фторкаучуки*).

Композиционные Х.с.м., напр. *герметики, графитопласты, стеклопластики, углепластики*, содержат наполнители из неорг. Х.с.м. и связующие (матрицы) из орг. Х.с.м. Они обладают высокой мех. прочностью и теплоустойчивостью, низкой теплопроводностью, высокими электроизоляц. св-вами.

Применяют Х.с.м. во мн. отраслях пром-сти в качестве конструкц. (стеклопластики, стекло, керамика и др.), футеровочных (керамика, плитки, кислотоупорные кирпичи, силикатные блоки), защитных (пластики, полиамиды, полэтилен, ПВХ), герметизирующих (мягкая резина, герметики), вяжущих (кислотоупорный цемент, портландцемент) и лакокрасочных материалов.

Лит.: Шевченко А. А., Власов П. В., Слоистые пластики в химических аппаратах и трубопроводах, М., 1971; Защита химического оборудования неметаллическими покрытиями, М., 1989. А. А. Шевченко.

### ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА, см. Волокна химические.

**ХИМИЧЕСКИЕ ЖУРНАЛЫ.** Науч. журналы, появившиеся в мире в сер. 17 в., носили, как правило, универсальный характер, охватывая, напр., всю область естеств. наук. Подобные журналы есть и сейчас: «Доклады Российской академии наук», английский «Nature», немецкий «Naturwissenschaften» и др. Сообщения на хим. темы печатались в журналах, издаваемых науч. об-вами (Лондонским королевским об-вом, с 1665) или академиями наук (Парижской, с 1666; Берлинской, с 1710; Шведской, с 1739).

В России науч. периодич. литература появилась в нач. 18 в., когда стали выпускать на латинском языке «Комментарии Петербургской академии наук» (1728–51). Впоследствии статьи по химии публиковались в «Технологическом журнале» (1804–26), «Новом магазине естественной истории, физики, химии и сведений экономический» (1820–30), «Горном журнале или собрании сведений по наукам, к сему предмету относящимся» (с 1825). Популярным среди химиков был «Химический журнал Н. Н. Соколова и А. Н. Энгельгардта» (1859–60), в к-ром рус. химики освещали разнообразные вопросы неорг. и орг. химии, а также уделяли внимание изучению прир. богатств страны. Центр. печатным хим. органом в России на протяжении полувека (с 1869) служил «Журнал Русского физико-химического общества».

Первый чисто Х.ж. основан Л. фон Крелем в Германии («Chemisches Journal für Freunde der Naturlehre, Arzneigeklehrt, Haushaltungskunst und Manufacturen» – «Химический журнал Креля», с 1778). Среди др. немецких журналов достойны упоминания созданный Ю. Либихом (1832) «Annalen der Chemie und Pharmacie», «Journal für praktische Chemie», а также издаваемый со времени основания Немецкого хим. об-ва (1868) «Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft» (с 1949 – «Chemische Berichte»). Во Франции наиб. известность приобрел журнал «Annales de chimie», к-рый и является старейшим из ныне существующих в этой стране Х.ж.; Французской академией наук выпускается еженедельный журнал «Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences» («Доклады научных заседаний Академии наук»). Со 2-й пол. 19 в. ведущая роль среди Х.ж. Великобритании принадлежит журналу Лондонского королевского хим. об-ва «Journal of the Chemical Society». Х.ж. ряда др. европейских стран (Австрия, Бельгия, Нидерланды, Швейцария), а также США в 19 в. в большинстве своем являлись изданиями разл. об-в, академий и корпораций ученых.

К кон. 19 в. сначала в Германии, а затем в др. странах началось разделение общехим. журналов по отдельным областям. Так, начали выходить: в 1862 – журнал «Zeitschrift für analytische Chemie»; в 1887 – «Zeitschrift für physikalische Chemie», «Zeitschrift für angewandte Chemie» и т. д. В СССР в кон. 20-х – 30-х гг. 20 в. появился ряд узкопрофильных журналов: «Журнал прикладной химии», «Журнал физической химии», «Журнал общей химии» (с 1931, преемник «Журнала Русского физико-химического общества») и др. Примерно в то же время происходило разделение журналов в Великобритании и США, возникли «Journal of Chemical Physics» и «Journal of Organic Chemistry» (оба США). С 1966 стали выходить отдельные выпуски «Journal of the Chemical Society»: А – неорг. физ. и теоретич. химия; В – физ. орг. химия; С – орг. химия и др.; с 1972 эти выпуски получили назв. по именам известных ученых – Дальтона, Перкина, Фарадея. Одновременно произошло и дальнейшее дробление: напр., орг. и биоорг. химии был отведен раздел «Journal of Chemical Society, Perkin Transaction I», физ. орг. химии – «Journal of the Chemical Society, Perkin Transaction II». В 60-х гг. появились журналы по отдельным классам соед.: «Journal of Heterocyclic Chemistry» (Швейцария); «Journal of Organometallic Chemistry» (Швейцария) и др.

В кон. 20 в. дальнейшая специализация журналов усилилась: выпускаются журналы, посвященные химии фосфора, серы и фтора, а также отдельным методам анализа (масс-спектрометрии, ЯМР и др.). В соответствии с «World List of Scientific Periodicals» (4 ed., Wash., 1963–70) существует ок. 24 тыс. журналов, среди к-рых примерно 700 – химические.

Кроме первичных науч. журналов выпускаются также реферативные журналы (РЖ), содержание к-рых представляет собой краткое изложение (рефераты, аннотации) оригинальных науч. исследований. Химики раньше представителей др. наук осознали важность и необходимость реферирования: первый РЖ по химии – «Chemisches Zentralblatt» – появился в 1830 в Германии (просуществовал до 1970). РЖ выполняют многообразные ф-ции, основными из к-рых являются текущее оповещение о новых работах (сигнальная информация), ретроспективный поиск, упорядочение терминологии, классификации, номенклатуры соед. и др.

Все большее значение в РЖ приобретает преобразование информации. Это связано с созданием эффективных и надежных *информационно-поисковых систем*, важнейшим условием функционирования к-рых является ввод в них информации, прошедшей стадию реферирования.

В мировой периодич. литературе существуют два крупнейших РЖ по химии: «Chemical Abstracts» (СА; США; с 1907) и РЖ «Химия» (СССР, с 1953). Имеется также ряд РЖ по отдельным областям химии: в ФРГ – «Chemischer Informationsdienst», посвященный преим. химии орг. соединений; в Великобритании – «Analytical Abstracts», «Organometallic Compounds», «Biochemistry Abstracts», «Atomic Absorption and Flame Emission Spectroscopy Abstracts», «Gas Chromatography – Mass Spectrometry Abstracts», «Theoretical Chemical Engineering Abstracts»; в США (Филадельфия, Ин-т науч. информации) – «Current Abstracts of Chemistry and Index Chemicus», «Current Chemical Reactions» и др.; в этом же ин-те выходит в неск. сериях журнал «Current Contents», содержащий переведенные на англ. язык оглавления свежих номеров журналов. Аналогичное издание «Chemical Titles» выпускает «Chemical Abstracts Service».

До появления РЖ в химии большое значение имели и имеют сейчас обзорные Х.ж., дающие представление о развитии разл. областей науки за определенный период времени. Первым подобным изданием был ежегодник «Berlinisches Jahrbuch» (1795–1840); гораздо более известно др. издание: «Jahres-Bericht über die Fortschritte der physischen Wissenschaften» («Обзоры» Й. Берцелиуса; 1821–1910). В Великобритании с 1904 периодически выходит «Annual Reports on the Progress of Chemistry», а с 1972 ежеквартально – «Chemical Society Reviews» и «Quarterly Reviews».

Наиб. известным обзорным журналом по химии в США является «Chemical Reviews» (с 1925), издаваемый ежемесяч-



Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год	Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год
Обзорные					Chemical Communications	Великобритания	Англ.	1965	24
Успехи химии	Россия	Рус.	1932	12	Dalton Transactions	»	»	1972	24
Accounts of Chemical Research	США	Англ.	1968	12	Faraday Transactions, Part I, II	»	»	1972	12
Catalysis Reviews	»	»	1967	24	Perkin Transactions, Part I, II	»	»	1972	24
Chemical Reviews	»	»	1924	12	Journal für praktische Chemie	Германия	Нем.	1828	6
Chemical Society Reviews	Великобритания	»	1972	4	Kagaku (Kyoto) (Chemistry)	Япония	Япон.	1946	12
Chromatographic Reviews	Нидерланды	»	1959	6	Mendeleev Communications (Менделеевские сообщения)	Великобритания	Англ.	1991	12
Coordination Chemistry Reviews	»	»	1966	8	Nature	»	»	1869	52
Organometallic Chemistry Reviews	Швейцария	»	1968	8	Naturwissenschaften	Германия	Нем.	1913	12
Pharmaceutical Reviews	США	»	1948	4	Nippon Kagaku Kaishi (Journal of the Chemical Society of Japan)	Япония	Япон.	1921	12
Record of Chemical Progress	»	»	1939	4	Nippon Kagaku Zasshi (Journal of the Chemical Society of Japan, Pure Chemistry Section)	»	»	1948	12
Reviews of Pure and Applied Chemistry	Австралия	»	1951	4	Pure and Applied Chemistry	Великобритания	Англ.	1960	8
Общехимические					Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas	Нидерланды	Голл.	1882	12
Вестник Ленинградского университета. Сер. физ. и хим.	Россия	Рус.	1946	4	Science	США	Англ.	1961	52
Вестник Московского университета. Сер. 2, хим.	»	»	1960	6	Zeitschrift für Chemie	Германия	Нем.	1961	12
Доклады Российской академии наук*	»	»	1933	36	Неорганическая химия, геохимия, радиационная химия				
Российский химический журнал (журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева)	»	»	1956	6	Геохимия	Россия	Рус.	1956	12
Журнал общей химии	»	»	1931	12	Журнал научной и прикладной фотографии	»	»	1956	6
Известия Российской академии наук**. Сер. хим.	»	»	1936	12	Журнал неорганической химии	»	»	1975	12
Известия Российской академии наук. Сер. Неорганические материалы	»	»	1965	12	Координационная химия	»	»	1959	6
Химия в интересах устойчивого развития	»	»	1994	6	Металлы	»	»	1959	6
Acta chimica Scandinavica. Ser. A, B	Дания	Англ.	1947	10	Радиохимия	»	»	1965	12
Angewandte Chemie	Германия	Нем.	1888	24	Неорганические материалы	»	»	1967	6
Annales de chimie	Франция	Франц.	1789	6	Физика и химия обработки материалов	»	»	1975	6
Annali di chimica	Италия	Итал.	1914	12	Физика и химия стекла	»	»	1975	6
Australian Journal of Chemistry	Австралия	Англ.	1948	12	Inorganic Chemistry	США	Англ.	1962	12
Bulletin of the Chemical Society of Japan	Япония	»	1926	12	Inorganica chimica acta	Италия	Итал.	1967	36
Bulletin de la Société chimique de France	Франция	Франц.	1859	12	Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry	Великобритания	Англ.	1955	12
Bulletin les Sociétés chimiques Belges	Бельгия	»	1887	12	Nitrogen	»	»	1959	6
Canadian Journal of Chemistry	Канада	Англ.	1929	24	Phosphorus and Sulfur	США	»	1976	3
Chemica scripta	Швейцария	»	1903	10	Radiochemical and Radio-analytical Letters	Венгрия	Международное издание	1969	18
Chemické listy	Чехия	Чеш.	1907	12	Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie	Германия	Нем.	1892	12
Chemische Berichte	Германия	Нем.	1868	12	Аналитическая химия				
Chimia	Швейцария	Англ., нем., франц.	1947	12	Высокоочищенные вещества	Россия	Рус.	1987	6
Collection of Czechoslovak Chemical Communications	Чехия	»	1924	12	Журнал аналитической химии	»	»	1946	12
Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences	Франция	Франц.	1835	52	Заводская лаборатория	»	»	1932	12
Experientia	Швейцария	Нем.	1945	12	Приборы и техника эксперимента	»	»	1956	6
Gazetta chimica italiana	Италия	Итал.	1871	12	The Analyst	Великобритания	Англ.	1876	12
Helvetica chimica acta	Швейцария	Англ., нем., франц.	1918	9	Analytica chimica acta	Нидерланды	Англ., нем., франц.	1947	12
Indian Journal of Chemistry	Индия	Англ.	1963	12	Analytical Chemistry	США	Англ.	1929	12
Journal of the American Chemical Society	США	»	1879	24	Analytical Letters	»	»	1968	24
Journal of Applied Chemistry	Великобритания	»	1882	12	Chimie analytique	Франция	Франц.	1896	12
Journal of Chemical Documentation	США	»	1961	4	Mikrochimica Acta	Германия	Нем.	1923	12
Journal of Chemical Education	»	»	1924	12	Reviews of Scientific Instruments	США	Англ.	1930	12
Journal of Chemical Information and Computer Science	»	»	1960	6	Talanta	Великобритания	»	1958	12
Journal of the Chemical Society	Великобритания	»	1849	12	Zeitschrift für Analytische Chemie	Германия	Нем.	1862	24
					Физическая химия				
					Защита металлов	Россия	Рус.	1965	6
					Журнал прикладной спектроскопии	»	»	1964	12
					Журнал структурной химии	»	»	1960	6
					Журнал физической химии	»	»	1930	12
					Кинетика и катализ	»	»	1960	6

Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год	Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год
Коллоидный журнал	Россия	Рус.	1935	6	Коллоидный журнал	Россия	Рус.	1935	6
Кристаллография	»	»	1956	6	Пластические массы	»	»	1939	12
Оптика и спектроскопия	»	»	1956	12	Химические волокна	»	»	1959	6
Поверхность. Физика, химия, механика	»	»	1982	12	European Polymer Journal	Великобритания	Англ.	1965	4
Приборы и техника эксперимента	»	»	1956	6	Journal of Polymer Science. Part A I - Polymer Chemistry	США	»	1972	12
Расплавы	»	»	1987	6	Die makromolekulare Chemie	Швейцария	Нем.	1934	10
Теоретическая и экспериментальная химия	Украина	»	1965	6	Macromolecules	США	Англ.	1968	6
Химическая физика	»	»	1982	12	Polymer	Великобритания	»	1960	12
Химия высоких энергий	»	»	1967	6	Rubber Chemistry and Technology	США	»	1928	5
Электрохимия	»	»	1965	12		Бнохимия			
Acta crystallographica	Дания	Англ.	1948	12	Бноорганическая химия	Россия	Рус.	1975	12
Applied Spectroscopy	США	»	1951	6	Бнохимия	»	»	1936	12
Chemical Physics Letters	Нидерланды	»	1967	24	Молекулярная биология	»	»	1967	6
Chromatographia	Великобритания	»	1967	12	Прикладная биохимия и микробиология	»	»	1965	6
Electrochimica acta	»	»	1959	12	Химия природных соединений	»	»	1965	6
International Journal of Chemical Kinetics	США	»	1969	6	Analytical Biochemistry	США	Англ.	1960	6
International Journal of Mass Spectrometry and Ion Physics	Нидерланды	Междунар. издание	1968	12	Archives of Biochemistry and Biophysics	»	»	1942	12
International Journal of Quantum Chemistry	США	»	1967	6	Biochimica et biophysica acta	Нидерланды	Междунар. издание	1947	52
Journal of Catalysis	»	Англ.	1962	15	Biochemical and Biophysical Research Communications	США	Англ.	1959	24
Journal of Chemical Physics	»	»	1931	24	Biochemical Journal	Великобритания	»	1906	24
Journal of Chromatography	Нидерланды	»	1958	24	Biochemistry	США	»	1962	24
Journal of Magnetic Resonance	США	»	1969	6	Biopolymers	»	»	1963	12
Journal of Molecular Spectroscopy	»	»	1957	4	European Journal of Biochemistry	Германия	Междунар. издание	1967	6
Journal of Physical Chemistry	»	»	1896	26	Journal of Biological Chemistry	США	Англ.	1905	24
Journal of Solid State Chemistry	США	Англ.	1969	4	Journal of Molecular Biology	Великобритания	»	1959	24
Molecular Physics	Великобритания	»	1958	12					
Physics and Chemistry of Glasses	»	»	1960	6	Химическая технология, химия в сельском хозяйстве				
Physics Status Solidi. Ser. A, B	Германия	Англ., нем., франц.	1961	12	Агрохимия	Россия	Рус.	1964	12
					Бумажная промышленность	»	»	1922	12
Solid State Communications	США	Англ.	1963	12	Газовая промышленность	»	»	1956	12
Spectrochimica Acta. Part A, B	Великобритания	»	1939	12	Гидролизная и лесохимическая промышленность	»	»	1948	8
Theoretica chimica acta	Германия	Нем.	1962	4	Журнал прикладной химии	»	»	1928	12
Zeitschrift für physikalische Chemie	»	»	1887	24	Защита растений	»	»	1956	12
					Известия высших учебных заведений. Сер. Нефть и газ	»	»	1958	12
					Известия высших учебных заведений. Сер. Химия и химическая технология	»	»	1958	12
Органическая химия					Кокс и химия	»	»	1931	12
Журнал органической химии	Россия	Рус.	1965	12	Лакокрасочные материалы и их применение	»	»	1960	6
Химия гетероциклических соединений	»	»	1965	12	Нефтехимия	»	»	1961	6
International Journal of Sulfur Chemistry	США	Англ.	1966	12	Порошковая металлургия	»	»	1961	12
Journal of Heterocyclic Chemistry	Швейцария	»	1964	6	Теоретические основы химической технологии	»	»	1967	6
Journal of Organic Chemistry	США	»	1936	24	Химическая промышленность	»	»	1924	12
Journal of Organometallic Chemistry	Швейцария	»	1963	6	Химическая технология	Украина	»	1965	Нерегулярно
Journal für praktische Chemie	Германия	Нем.	1834	6	Химическое и нефтяное машиностроение	Россия	»	1964	12
Justus Liebig's Annalen der Chemie	»	»	1832	12	Химия древесины	»	»	1971	Нерегулярно
Organic Magnetic Resonance	Великобритания	Англ.	1969	6	Химия в сельском хозяйстве	»	»	1929	6
Organic Mass Spectrometry	»	»	1967	12	Химия твердого топлива	»	»	1967	6
Organic Preparations and Procedures	США	Англ., нем., франц.	1969	4	Химия и технология воды	»	»	1979	6
Synthesis	Германия	Нем., англ.	1970	12	Химия и технология топлив и масел	»	»	1956	12
Tetrahedron	Великобритания	Англ., нем., франц.	1957	24					
Tetrahedron Letters	»	Англ.	1959	52					
Высокомолекулярные соединения									
Высокомолекулярные соединения	Россия	Рус.	1939	12					
Каучук и резина	»	»	1938	12					

Название	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год	Название *	Страна	Язык	Начало издания, год	Число номеров в год
Экологическая химия	Россия	Рус.	1993	6	Industrial and Engineering Chemistry	США	Англ.	1909	—
Chemical Engineering	США	Англ.	1902	27	Fundamental	»	»	1962	4
Chemical Engineering Communications	Великобритания	»	1980	6	Process Designing Developments	»	»	1962	4
Chemical Engineering Science	»	»	1923	52	Production Research Developments	»	»	1962	4
Chemie-Ingenieur-Technik	Германия	Нем.	1928	24	Journal of the American Oil Chemists Society	»	»	1917	12
Chemiker-Zeitung	»	»	1877	24	Kagaku Kagaku (Chemical Engineering)	Япония	Япон.	1953	12
Chemische Technik	»	»	1949	12	Kagaku Kogyo (Chemical Industry)	»	»	1950	12
Chemistry and Industry	Великобритания	Англ.	1881	24	Kogyo Kagaku Zasshi (Journal of Chemical Society of Japan, Industrial Chemistry Section)	»	»	1948	12
Chemosphere	»	»	1972	12	Water Research	Великобритания	Англ.	1967	12
Corrosion Science	»	»	1961	12					
Ecological Application Environment and Ecology	США	»	1991	4					
Environmental Science and Technology	»	»	1983	4					
Hungarian Journal of Industrial Chemistry	Венгрия	»	1963	4					

\*«Доклады» выпускают также АН бывших союзных республик.

\*\*«Известия» издают также АН бывших союзных республик, Сибирское отделение РАН, Северо-Кавказский науч. центр высш. школы.

но Американским хим. об-вом. В России наряду с «Успехами химии» (с 1957) выходят издания ВИНТИ «Итоги науки и техники» и др.

Начиная с 60-х гг. 20 в. в обзорной литературе, как и в журнальной, началась узкая специализация по отдельным областям химии. В большинстве случаев назв. таких изданий начинаются со слов: «Advances in...», «Progress in...». Поиск обзоров облегчается тем, что в указателях СА перед ссылкой на них ставится символ «R»; хим. информационная служба Великобритании выпускает полугодовой исчерпывающий указатель обзорных статей, появившихся в СА, — «CA Reviews Index». Ин-том науч. информации в Филадельфии издается указатель «Index of Scientific Reviews», охватывающий ежегодно более 23 тыс. обзоров по химии и иным естеств. наукам.

Важную роль играет также патентная информация, поскольку сведения об открытиях и изобретениях составляют до 1/3 мировой научно-техн. информации. Патентное дело наиб. развито в США, Японии, ФРГ, Франции, России и Великобритании. В этих и др. странах выпускаются журналы, бюллетени, сборники, указатели и иные издания общего характера, включающие патентные документы по химии (напр., в России с 1924 бюллетень «Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки»), и специализированные (напр., в Великобритании с 1958 ежемесячник «Chemical Process Patents Bulletin»).

Сведения о наиб. распространенных Х. ж. приведены в табл.

Лит.: Потапов В. М., Кочетова Э. К., Химическая информация. Где и как искать химику нужные сведения. Справочник, 2 изд., М., 1988.

Э. К. Кочетова.

**ХИМИЧЕСКИЕ ИНСТИТУТЫ**, учреждения, ведущие фундаментальные исследования в области химии (н.-и. ин-ты), а также готовящие преподавателей по общехим. дисциплинам, химиков-исследователей и инженеров для хим. и смежных произ-в (учебные заведения).

**Научно-исследовательские институты.** Х. и. как научные учреждения возникли на рубеже 19 и 20 вв. в связи с необходимостью новых организац. форм исследоват. работы, обусловленной дифференциацией и интеграцией хим. науки, появлением теоретич. и техн. проблем, решение к-рых требовало коллективного труда ученых разных специальностей. Первыми научными учреждениями, проводившими научные работы по химии, были хим. лаборатории, напр. Королевская хим. лаборатория в Стокгольме (1637), Хим. лаборатория Ин-та в Болонье (1714), Хим. н.-и. лаборатория при Петерб. АН (организована М. В. Ломоносовым, 1748), Хим. лаборатория Королевского ин-та Великобритании (1799), Хим. лаборатория ин-та в Гисене (Ю. Либих, 1825).

Первые Х. и. создавались при ин-тах и иных высших школах. Основателями Х. и. были крупные ученые-химики, создатели новых научных направлений: Ф. Кекуле основал (1868) Хим. ин-т Боннского ун-та; В. Нерст — Физ.-хим. ин-т Геттингенского ун-та (1896); В. Оствальд — Физ.-хим. ин-т Лейпцигского ун-та (1898); С. Аррениус — Нобелевский физ.-хим. ин-т в Стокгольме (1905); А. Вернер — Хим. ин-т Цюрихского ун-та (1909); М. Склодовская-Кюри — Ин-т радия в Париже (1914). Значит. ср-ва из прибылей начали выделять на научные разработки монополии и концерны, при к-рых создавались исследоват. лаборатории: в США — «Дюпон де Немур», «Истмен Кодак», «Дженерал Электрик»; в Германии — «И. Г. Фарбениндустри»; в Великобритании — «Империал Кемикал Индастриз» и т. д.

С нач. 20 в. в разных странах стали создаваться крупные нац. центры научных исследований с частичным участием гос-ва в финансировании и управлении, включавшие неск. Х. и., напр. ин-ты Научного об-ва кайзера Вильгельма в Германии (1911; с 1948 — Научное об-во М. Планка). В Великобритании в 1915 организован спец. правительств. орган — Департамент научных и пром. исследований с гос. хим. н.-и. лабораторией.

В России научные работы по химии велись в Хим. лаборатории при Петерб. АН, в лабораториях ин-тов [Петербургского, Казанского, Московского, Дерптского (ныне Тартуского), Киевского, Харьковского, Новороссийского (в Одессе)]; политехн. ин-тов (Рижского, Киевского, Петербургского); техн. ин-тов (Петербургского, Харьковского, Томского), горных ин-тов (Петербургского, Екатеринославского) и др. техн. высших учебных заведений. Во всех этих лабораториях были созданы крупные научные школы и воспитаны высококвалифицир. химики. В 19 в. в России спец. Х. и. не было, хотя на необходимости их организации настаивали видные ученые (В. И. Вернадский, Н. С. Курнаков, Л. А. Чугаев и др.).

В 20-е гг. 20 в. основаны: Ин-т физ.-хим. анализа (Петроград, 1918), Ин-т по изучению платины и др. благородных металлов (Петроград, 1918), Радиевый ин-т (Петроград, 1922; с 1950 носит имя В. Г. Хлопина), Хим. ин-т (Ленинград, 1924) и др.

Функционирует ряд отраслевых Х. и. (1993): Рос. н.-и. ин-т хим. реактивов и особо чистых в-в (Москва, 1918); Н.-и. ин-т по удобрениям и инсектофунгицидам (Москва, 1919; с 1980 — НИУИФ НПО «Минудобрения»); Гос. ин-т прикладной химии (Петроград, 1919; с 1985 — НПО ГИПХ); Гос. н.-и. ин-т органической химии и технологии (Москва, 1924); Н.-и. физ.-хим. ин-т им. Л. Я. Карпова [Москва, 1931; на базе Хим. ин-та им. Карпова (1921), созданного, в свою очередь, на базе Центр. хим. лабораторий ВСНХ (1918)]; Гос. ин-т азотной пром-сти (Москва, 1931); Н.-и. ин-т орг. полупродуктов и

красителей (Москва, 1931); Рос. н.-и. ин-т СК им. С. В. Лебедева (Ленинград, 1945); Н.-и. ин-т резиновой пром-сти (Москва, 1945); Н.-и. ин-т шинной пром-сти (Москва, 1945); Гос. н.-и. ин-т химии и технологии элементоорг. соединений (Москва, 1945); Рос. н.-и. ин-т орг. синтеза (Москва, 1949); до 1977 – н.-и. ин-т синтетич. спиртов и орг. продуктов; Всесос. н.-и. ин-т хим. технологий (Москва, 1951); Рос. н.-и. ин-т неорг. материалов (Москва, 1952); Рос. н.-и. ин-т по переработке нефти [Москва, 1954; на базе Центр. ин-та авиац. топлив (1931)]; Рос. ин-т нефтехим. процессов (Ленинград, 1958); Н.-и. ин-т мономеров для СК (Ярославль, 1958); Н.-и. ин-т пластмасс (Москва, 1959) и др. Кроме того, н.-и. ин-ты функционируют в системе недавно созданных в разных регионах страны Науч. центров (НЦ), напр. в состав Северо-Кавказского НЦ Высшей школы (1969) входит Ин-т физ. орг. химии при Ростовском гос. ун-те (1971) и др.

В составе РАН функционируют ин-ты (1995): Хим. физики им. Н. Н. Семенова (Москва, 1931); Общей и неорг. химии им. Н. С. Курнакова (Москва, 1934; на базе объединения Лаборатории общей химии Хим. ин-та, Ин-та по изучению платины и др. благородных металлов и Ин-та физ.-хим. анализа); Орг. химии им. Н. Д. Зелинского (Москва, 1934); Биохимии им. А. Н. Баха (Москва, 1935); Физ. химии [Москва, 1945; на базе Коллоидно-электрохим. ин-та (1934)]; Геохимии и аналит. химии им. В. И. Вернадского (Москва, 1947); Элементоорг. соединений им. А. Н. Несмеянова (Москва, 1954); Электрохимии им. А. Н. Фрумкина (Москва, 1957); Нефтехим. синтеза им. А. В. Топчиева (Москва, 1958); Биоорг. химии им. М. М. Шемякина (Москва, 1959, до 1974 – Ин-т химии прир. соединений) с филиалом в г. Пушкино (1979); Новых хим. проблем (Черноголовка, Моск. обл., 1964); Структурной макрокинетики (Черноголовка, 1969); Физиологии активных в-в (Черноголовка, 1978); Биохимии и физиологии растений и микроорганизмов (Саратов, 1979); Синтетич. полимерных материалов (Москва, 1981); Химии неводных р-ров (Иваново, 1981); Энергетич. проблем хим. физики (Москва, 1987); Металлоорг. химии и химии высококислотных в-в [1988; оба на базе Ин-та химии, Горький (1969)]; Биохимической физики им. Н. М. Эмануэля (Москва, 1994).

В Сибирское отделение РАН входят ин-ты: Химии твердого тела и переработки минерального сырья (Новосибирск, 1944; до 1964 – Хим.-металлургич. ин-т, до 1981 – Физ.-хим. основ переработки минер. сырья); Неорг. химии (Новосибирск, 1957); Иркутский орг. химии (1957); Хим. кинетики и горения (Новосибирск, 1957); Катализа (Новосибирск, 1958); Новосибирский орг. химии (1958); Химии нефти (Томск, 1970); Химии и хим. технологии (Красноярск, 1980); Химии углеродных материалов (Кемерово, 1991) и др.

Уральское отделение РАН: Высокотемпературной электрохимии (Свердловск, 1947, до 1992 – Электрохимии); Химии твердого тела (Свердловск, 1955, до 1991 – Химии).

Дальневосточное отделение РАН: Химии (Владивосток, 1971); Тихоокеанский биоорг. химии (Владивосток, 1974).

В разл. научных центрах и филиалах РАН имеются ин-ты: Высокомол. соед. (Ленинград, 1948), Химии силикатов им. И. В. Гребенщикова [Ленинград, 1948; на базе Лаборатории химии силикатов (1934)]; Химии и технологии редких элементов и минерального сырья (Апатиты, Мурманская обл., 1957); Орг. и физ. химии им. А. Е. Арбузова (Казань, 1965); Химии (Уфа, 1969) и др.

В 1994 на базе нек-рых отраслевых и академич. ин-тов созданы и функционируют Гос. науч. центры Рос. Федерации. В составе АН стран ближнего зарубежья функционируют (1993) ин-ты:

АН Азербайджана – Нефтехим. процессов им. Ю. Г. Мамедалиева (Баку, 1959) и Сумгаитский филиал этого ин-та (1965); Теоретич. проблем хим. технологии (Баку, 1965); Неорг. и физ. химии (Баку, 1965) и при нем Нахичеванский научный центр (Нахичевань, 1972); Химии присадок (Баку, 1965).

АН Армении – Орг. химии (Ереван, 1957); Биохимии (Ереван, 1961); Тонкой орг. химии им. А. Л. Мнджояна (Ереван, 1966); Агрохим. проблем и гидропонии (Ереван, 1966);

Общей и неорг. химии (Ереван, 1969); Хим. физики (Ереван, 1975; на базе Лаборатории хим. физики АН Армении).

АН Белоруссии – Торфа (Минск, 1933); Физ.-орг. химии (Минск, 1959); Общей и неорг. химии (Минск, 1959); Геохимии и геофизики (Минск, 1971); Биоорг. химии (Минск, 1974).

АН Грузии – Физ. и орг. химии им. П. Г. Меликишвили (Тбилиси, 1929); Фармакологии им. И. Г. Кутателадзе (Тбилиси, 1932); Неорг. химии и электрохимии (Тбилиси, 1956); Биохимии растений (Тбилиси, 1971).

АН Казахстана – Хим. наук (Алма-Ата, 1945); Хим.-металлургич. (Караганда, 1958); Химии нефти и прир. солей (Гурьев, 1960); Орг. катализа и электрохимии (Алма-Ата, 1969).

АН Киргизии – Неорг. и физ. химии (Фрунзе, 1960); Орг. химии (Фрунзе, 1960); Биохимии и физиологии (Фрунзе, 1964).

АН Латвии – Неорг. химии (Рига, 1946); Орг. синтеза (Рига, 1957); Химии древесины (Рига, 1963).

АН Литвы – Хим. и хим. технологии (Вильнюс, 1945); Биохимии (Вильнюс, 1967).

АН Молдавии – Химии (Кишинев, 1959).

АН Таджикистана – Химии (Душанбе, 1965).

АН Туркмении – Химии (Ашхабад, 1957).

АН Узбекистана – Химии (Ташкент, 1943); Химии растит. в-в (Ташкент, 1956); Биохимии (Ташкент, 1967); Химии и физики полимеров (Ташкент, 1981).

АН Украины – Биохимии им. А. В. Палладина (Киев, 1925); Физ. химии им. Л. В. Писаржевского (Киев, 1927); Общей и неорг. химии (Киев, 1931); Газа (Киев, 1949); Орг. химии (Киев, 1948); Коллоидной химии и химии воды им. А. В. Думанского (Киев, 1968); Физ.-орг. химии и углехимии (Донецк, 1975; на базе Донецкого отделения физ. орг. химии Ин-та физ. химии им. Л. В. Писаржевского (1967)), Физ.-хим. им. А. В. Богатского (Одесса, 1977); Сорбции и проблем эндозологии (Киев, 1991; на базе отделения сорбции и тонкого орг. синтеза и спец. конструкторского бюро с эксперим. произ-вом Ин-та общей и неорг. химии АН Украины).

АН Эстонии – Химии (Таллин, 1947).

Во многих странах мира Х. и. в осн. входят в состав гос. ведомств, ун-тов и др. вузов, а также н.-и. об-в, частично субсидируемых гос-вом. Фундам. и прикладные исследования проводят: в Великобритании – ун-ты в Бристоле, Глазго, Кембридже, Ливерпуле, Лондоне, Ноттингеме, Оксфорде, Эдинбурге и др.; в Германии – Науч. об-во М. Планка, в составе к-рого функционируют ин-ты Химии (Майнц), Неорг. химии (Франкфурт-на-Майне), Биохимии (Мюнхен), Биофиз. химии (Геттинген), Исследования угля (Мюльхейм) и др. Х. и. имеются также в ун-тах Берлина, Бонна, Вюрцбурга, Гамбурга, Гисена, Дюссельдорфа, Карлсруэ, Кляя, Марбурга, Мюнстера, Тюбингена, Фрейбурга и др. и, кроме того, в составе высших техн. школ Ахена, Брауншвейга, Ганновера, Дармштадта, Клаусталья, Мюнхена; в Италии – Нац. ин-т химии, Научный центр прикладной химии, Х. и. разл. профилей при Римском, Миланском, Павиянском, Пизанском ун-тах, ин-ты химии, пром. химии, физ. химии и электрохимии при политехн. ин-те в Милане; во Франции – Нац. ин-т прикладной химии, Н.-и. центр пластич. материалов, Франц. ин-т каучука, ин-ты хим. технологий, исследований в области катализа и др.; в США – Висконсинский, Корнелльский, Пенсильванский и иные ун-ты; в Японии – ин-ты в Нагойе, Осаке, Токио, Хоккайдо и др. Работы в области химии и хим. технологии ведутся также в научных подразделениях пром. фирм; в Болгарии – Общей и неорг. химии; в Венгрии – Центр по исследованию хим. структур; в Польше – Орг. химии; в Чехии – Теоретич. основ хим. процессов.

**Учебные заведения.** Химия проникла во все отрасли науки и нар. х-ва. Поэтому кроме преподавания ее на хим. факультетах университетов и в спец. хим. и хим.-технол. ин-тах хим. образование стало также составной частью подготовки специалистов в пед., политехн., металлургич., горных, нефтяных, с.-х. и др. ин-тах. Преподавание хим. дисциплин в России ведется, напр., в Московском гос. университете, Санкт-Петербургском гос. университете, Рос. гос. хим.-технол. университете [Москва, 1992; на базе Московского хим.-технол.

ин-та (1920)], Ростовском гос. университете, в Ивановском (1918) и Казанском (1919) хим.-технол. ин-тах, Московской академии тонкой хим. технологии [1993; на базе Московской ин-та тонкой хим. технологии (1931)], Московском (1931) и Тамбовском (1965) ин-тах хим. машиностроения, Воронежском (1930) и С.-Петербургском (1828) технол. ин-тах, Военной академии хим. защиты им. С. К. Тимошенко (1932).

Крупные мировые центры хим. образования: в Великобритании – Кембриджский, Оксфордский, Батский, Бирмингемский университеты, Манчестерский политехн. ин-т; в Германии – Берлинский, Ганноверский, Дортмундский, Мюнхенский, Дрезденский, Ростовский, Штутгартский университеты, высшие технол. школы в Дармштадте, Карлсруэ, Магдебурге; в Италии – Болонский, Миланский университеты; во Франции – университеты в Гренобле, Клермон-Ферране, Компьене, Марселе, Монпелье, Париже, Лоранский и Тулузский политехн. ин-ты; в США – Гарвардский, Калифорнийский, Колумбийский, Мичиганский технол. университеты, Толедский университет, Калифорнийский, Массачусетский технол. ин-ты; в Японии – Киотский, Окаямский, Осакий, Токийский университеты; в Болгарии – Софийские университет и хим.-технол. ин-т; в Венгрии – Будапештский университет, Веспремский хим.-технол. ин-т; в Польше – Варшавский, Лодзинский, Люблинский университеты, Варшавский политехн. ин-т; в Румынии – Бухарестский и Клужский университеты, Бухарестский, Ясский политехн. ин-ты; в Чехии – Пражские университеты и хим.-технол. ин-т, Пардубицкая высшая хим.-технол. школа.

Лит.: Большая Советская энциклопедия, 3 изд., т. 28, М., 1978, с. 257–58, 268–70, 277–78; Химический энциклопедический словарь, М., 1983, с. 648–49.

В. А. Волков.

**ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА**, устройства, вырабатывающие электрич. энергию за счет прямого преобразования энергии окислит.-восстановит. («токообразующей») р-ции. Основу Х. и. т. составляет ячейка с двумя электродами (один – содержащий окислитель, другой – восстановитель), контактирующими с жидким (иногда твердым) электролитом. Между электродами устанавливается разность потенциалов –

эдс, соответствующая изменению энергии Гиббса токообразующей р-ции. Действие Х. и. т. основано на протекании при замкнутой внеш. электрич. цепи пространственно разделенных процессов; на отрицат. электроде восстановитель окисляется, образующиеся свободные электроны переходят по внеш. цепи (создавая разрядный ток) к положит. электроду, где участвуют в восстановлении окислителя.

Разрядное напряжение Х. и. т. меньше значения эдс из-за поляризации электродов и внутр. омических потерь, оно зависит от силы разрядного тока. Для увеличения разрядного напряжения используют батареи из необходимого числа последовательно соединенных элементов.

Совокупность реагентов и электролита наз. электрохим. системой. В зависимости от эксплуатац. особенностей и типа электрохим. системы выделяют гальванич. элементы, аккумуляторы и топливные элементы. *Гальванические элементы* (первичные элементы) содержат определенный запас реагентов, после израсходования к-рого (после разряда) они становятся неработоспособными. В *аккумуляторах* (вторичных элементах) при пропускании тока от внеш. источника в обратном направлении происходит зарядка, т. е. регенерация реагентов, в связи с чем аккумуляторы м. б. многократно использованы. Такое деление условно, т. к. нек-рые первичные элементы также м. б. частично заряжены. *Топливные элементы* (электрохим. генераторы) допускают длительную непрерывную работу благодаря постоянному подводу к электродам новых порций реагентов (жидких или газообразных) и отводу продуктов р-ции. Существуют Х. и. т. комбинированного типа, содержащие как твердый, так и жидкие или газообразные реагенты. Наиб. известны металловоздушные источники тока, в к-рых окислителем служит воздух.

Х. и. т. характеризуются рядом параметров: разрядное напряжение, разрядная емкость – кол-во электричества (в А·ч), отдаваемое во время полного разряда (оно зависит от кол-ва активных реагентов и условий разряда); уд. энергия – электрич. энергия, отдаваемая во время разряда и отнесенная к ед. массы или объема Х. и. т. (Вт·ч/кг, Вт·ч/л); уд. мощность – максимально допустимая разрядная мощность, отнесенная к

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ ХИМИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ ТОКА

Тип источника тока	Состояние разработки <sup>а</sup>	Электрохим. система	Разрядное напряжение, В	Удельная энергия, Вт·ч/кг	Уд. мощность, Вт/кг		Другие показатели
					номинальная	максимальная	
Гальванические элементы							
Марганцевые солевые	A	(+)MnO <sub>2</sub>   NH <sub>4</sub> Cl, ZnCl <sub>2</sub>   Zn(-)	1,5–1,0	20–60	2–5	20	1–3 <sup>б</sup>
Марганцевые щелочные	A	(+)MnO <sub>2</sub>   KOH   Zn(-)	1,5–1,1	60–90	5	20	2–4 <sup>б</sup>
Ртутно-цинковые	A	(+)HgO   KOH   Zn(-)	1,3–1,1	110–120	2–5	10	3–5 <sup>б</sup>
Литиевые неводные	A	(+)MnO <sub>2</sub>   LiClO <sub>4</sub> , пропиленкарбонат   Li(-)	3,0–2,5	300–350	1–2	5	3–5 <sup>б</sup>
	A	(+)C   SOCl <sub>2</sub> , LiAlCl <sub>4</sub>   Li(-)	3,2–2,6	300–450	10–20	50	3–5 <sup>б</sup>
Аккумуляторы							
Свинцовые кислотные	A	(+)PbO <sub>2</sub>   H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>   Pb(-)	2,0–1,8	25–40	4	100	300 <sup>в</sup>
Кадмиево- и железноникелевые щелочные	A	(+)NiOOH   KOH   Cd, Fe(-)	1,3–1,0	25–35	4	100	до 1000 <sup>в</sup>
Серебряно-цинковые	A	(+)Ag <sub>2</sub> O, AgO   KOH   Zn(-)	1,7–1,4	100–120	10–30	600	100 <sup>в</sup>
Никель-цинковые	B	(+)NiOOH   KOH   Zn(-)	1,6–1,4	60	5–10	200	100–300 <sup>в</sup>
Никель-водородные	B	(+)NiOOH   KOH   H <sub>2</sub> (Ni)(-)	1,3–1,1	60	10–40	—	1000 <sup>в</sup>
Цинк-воздушные	B	(+)O <sub>2</sub> (C)   KOH   Zn(-)	1,2–1,0	100	5	20	100 <sup>в</sup>
Серно-натриевые	B	(+)S   Na <sub>2</sub> O·9Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   Na(-)	2,0–1,8	200	50	200	1000 <sup>в</sup>
Топливные элементы							
Водородно-кислородные	B	(+)O <sub>2</sub> (C, Ag)   KOH   H <sub>2</sub> (Ni)(-)	0,9–0,8	—	—	30–60	1–5 <sup>г</sup>
То же	B	(+)O <sub>2</sub> (PVC)   H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>   H <sub>2</sub> (PVC)(-)	0,8–0,7	—	—	10–30	5–20 <sup>г</sup>
Гидразинно-кислородные	B	(+)O <sub>2</sub> (C, Ag)   KOH   N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (Ni)(-)	0,9–0,8	—	—	30–60	1–5 <sup>г</sup>

<sup>а</sup> А – серийное произ-во; Б – опытное произ-во; В – стадии разработки (ожидаемые характеристики). <sup>б</sup> Сохраняемость, годы. <sup>в</sup> Срок службы, циклы. <sup>г</sup> Ресурс работы, тысячи часов.

Примечание: характеристики (особенно уд. мощность) ориентировочные, т. к. данные разных фирм не совпадают.

ед. массы или объема X. и т. (Вт/кг, Вт/л); срок сохраняемости в заряженном состоянии; срок службы – допустимое число зарядно-разрядных циклов (для аккумуляторов); ресурс – длительность работы топливных элементов.

В таблице приведены основные характеристики ряда X. и т. (как промышленно выпускаемых, так и находящихся в стадии разработки). Миниатюрные элементы в наручных электр. часах работают со ср. мощностью  $10^{-5}$  Вт, а аккумуляторные батареи на подводных лодках развивают мощность до  $10^7$  Вт. Масса единичного X. и т. колеблется от долей грамма до сотен тонн.

Первые X. и т. были созданы в нач. 19 в. (вольтов столб, 1800; Даниеля–Якоби элемент, 1836, и др.). До 60-х гг. 19 в. X. и т. были единственными источниками электроэнергии для питания электр. приборов и для лаб. нужд. С нач. 20 в. их произ-во непрерывно расширяется в связи с развитием радиотехники и автомобильного транспорта.

До сер. 20 в. пром-сть выпускала небольшое кол-во типов гальванич. элементов и аккумуляторов, в к-рых в качестве окислителей использовали  $PbO_2$ ,  $NiOOH$ ,  $MnO_2$  и  $CuO$ , в качестве восстановителей – металлы.  $Pb$ ,  $Cd$ ,  $Fe$ ,  $Zn$ . Электр. ролитами служили водные р-ры щелочей, к-т или солей. Стремление к повышению эксплуатац. характеристик (в частности, из-за развития ракетной и космич. техники) привело к развитию X. и т. на основе более активных электрохим. систем и новых конструктивных принципов. Для предотвращения побочных хим. процессов в резервных X. и т. высокоактивные реагенты и электролит приводят в соприкосновение (активируются) только непосредственно перед началом разряда; в неактив. состоянии они допускают длительное (10–15 лет) хранение. В др. вариантах X. и т. используют неводные электролиты (на основе орг. р-рителей, расплавов или твердых соед.), в к-рых в качестве восстановителей можно применять щелочные металлы (они бурно реагируют с водными р-рами). Широкое распространение получили литиевые элементы с неводными р-рителями типа пропиленкарбоната или тионилхлорида.

X. и т. используют во мн. областях техники и народного хозяйства, напр. гальванич. элементы – для автономного питания переносных радиоприемников, стартерные аккумуляторные батареи – для автомобилей. Кол-во первичных элементов и аккумуляторов, изготавливаемых ежегодно во всем мире, исчисляется миллиардами.

Лит.: Романов В. В., Хашев Ю. М., *Химические источники тока*, 2 изд., М., 1978; Багоцкий В. С., Скундяв А. М., *Химические источники тока*, М., 1981.

**ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА**, основаны на осуществлении хим. р-ций. Используют в осн. хим. р-ции трех типов: кислотно-основные, *окислительно-восстановительные реакции* (в т. ч. электрохим.), комплексобразования, а также процессы осаждения и экстракции. Характерный внеш. эффект р-ции или процесса применяют в *качественном анализе*, измерение величины аналит. сигнала – в *количественном анализе*. Аналит. сигналом служат: *масса (гравиметрия)*, объем прореагировавшего р-ра (титриметрич. методы с визуальным обнаружением конечной точки титрования; см. *Титриметрия*), объем газа (волюмометрич. методы; см. *Объемный анализ*), скорость р-ции (*кинетические методы анализа*); тепловой эффект (термотитриметрич. методы; см. *Калориметрия*) и т. д. Теоретич. основу X. м. а. составляют учение о хим. равновесии в гомогенных и гетерогенных системах, теория электролитич. диссоциации, законы кинетики хим. р-ций.

Старейшими и наиб. хорошо разработанными X. м. а. являются гравиметрия и титриметрия, иногда называемые «классическими». Критерием пригодности этих методов служит полнота протекания р-ции. В гравиметрии осаждение считают полным, если концентрация компонента, остающегося в р-ре, не превышает чувствительности измерит. прибора – аналит. весов. Это составляет  $\sim 10^{-4}$  г или (принимая в среднем мол. м. равной 100)  $\sim 10^{-6}$  моль/л. В титриметрии критерием полноты считают константу равновесия р-ции титрования между титрантом и определяемым компонентом. Необходимым условием проведения титриметрич. анализа

является также высокая скорость р-ции. Классич. методы отличаются высокой точностью, т. к. относит. погрешность определения не превышает 0,1–0,2%. Их часто применяют для проверки правильности результатов анализа, полученных др. методами.

Классич. методы, в отличие от большинства *физико-химических методов анализа*, являются безталонными. Для них характерно простое аппаратное оформление – весы в гравиметрии, мерная посуда в титриметрии и волюмометрии. Основными недостатками классич. методов считают низкую чувствительность и длительность определения (в гравиметрии). Главная область применения классич. методов – прецизионное определение основных компонентов и компонентов со средним содержанием от десятых долей % до неск. десятков %.

В кинетич. методах аналит. сигнал измеряют с помощью спец. приборов, что приближает их к инструментальным методам. Кинетич. методы – одни из самых чувствительных и используются для определения примесных (следовых) компонентов (менее 0,01%). Термотитриметрия имеет ограниченное применение. Метод позволяет определять основные и неосновные компоненты с погрешностью  $\sim 1\%$ .

X. м. а. хотя и не потеряли своего значения как точные и простые, вытесняются более чувствительными и экспрессными инструментальными физ.-хим. методами анализа и *физическими методами анализа*.

Е. Н. Дорохова.

**ХИМИЧЕСКИЕ СПРАВОЧНИКИ И ЭНЦИКЛОПЕДИИ**, науч. или прикладные, общие либо спец. справочные издания (в т. ч. словари), содержащие расположенные обычно в алфавитном, реже в систематич. порядке осн. сведения по химии, хим. технологии и смежным дисциплинам. Крупные статьи сопровождаются, как правило, ссылками на наиб. важные первичные источники информации; многотомные издания обычно снабжены предметными, реже формульными указателями. Ниже перечислена лишь небольшая часть имеющихся справочных и энциклопедич. изданий; дополнит. сведения приведены в спец. и библиографич. литературе.

Предшественниками хим. справочных изданий были нек-рые рукописи 1–4 вв. (напр., Плиния Старшего). В сочинении араб. алхимика Джабира ибн Хайяна «Книга семидесяти» изложены хим.-металлургич. знания того времени; из др. трудов алхимиков интересны «Книга тайн» и «Книга тайны тайн» Абу-ар-Рази, к-рый первым сделал попытку классифицировать все известные к тому периоду в-ва, а также «Книга об алхимии» Альберта Великого и сочинения Р. Бэкона. Важную роль для создания первых энциклопедий сыграли работы В. Бирингуччо «О пиротехнии» (1540), Г. Агриколлы «О горном деле и металлургии» (1556) и А. Либавия «Алхимия» (1597).

Первые словари, появившиеся в 17–18 вв., представляли собой 1–2-томные издания, в к-рых материал располагался по алфавиту: Ruland M., *Lexicon Alchemiae*, Francofurti, 1612; Johnson W., *Lexicon chymicum*, v. 1–2, L., 1652–53; Macquer P., *Dictionnaire de chymie...*, v. 1–2, P., 1766 (рус. переводы мн. статей с нек-рыми изменениями опубликованы в 1788–90 в журн. Н. И. Новикова «Магазин натуральной истории, физики и химии»..., ч. 1–10) и др. В нач. 19 в. В. М. Севергин издал сочинение Ш. Каде (Ch. Cadet) «Словарь химический, содержащий в себе теорию и практику химии с приложением ее к естественной истории и искусству, обработанный на российском языке трудами Василия Севергина» (ч. 1–4, СПб, 1810–13). Во 2-й пол. 19 – нач. 20 вв. были выпущены фундам. многотомные издания, напр.: Liebig J., *Poggendorff J., Wöhler Fr., Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie*, Bd 1–9, Braunschweig, 1837–64; Wurtz Ch., *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, v. 1–3 (aves 2 suppléments), P., 1868–1908; Ladenburg A., *Handwörterbuch der Chemie*, Bd 1–13, Breslau, 1882–95; Frémy E., *Encyclopédie chimique*, v. 1–94, P., 1882–99; Muspratt J., *Theoretische, praktische und analytische Chemie in Anwendung auf Kunst und Gewerbe*, 4 Aufl., Bd 1–12, Braunschweig, 1888–1922.



**Общехимические издания.** Среди совр. изданий представляют интерес: Краткая химическая энциклопедия, гл. ред. И. Л. Кнунянц, т. 1–5, М., 1961–67; Справочник химика, т. I–VI и доп., 2 изд., под ред. Б. П. Никольского и др., Л., 1965–68 (I том – общие сведения, табл. по строению в-в, физ. св-ва важнейших в-в, лаб. техника; II том – св-ва неорг. и орг. соед.; III том – хим. равновесие и кинетика, св-ва р-ров, электродные процессы; IV том – аналит. химия, спектральный анализ, показатели преломления; V и VI тома – технология соотв. неорг. и орг. в-в; дополнит. том – номенклатура орг. соед., техника безопасности, указатель); Горюновский И. Т., Назаренко Ю. П., Некряч Е. Ф., Краткий справочник по химии, 4 изд., К., 1974; Гордон А., Форд Р., Спутник химика, пер. с нем., М., 1976; Номенклатурные правила ИЮПАК по химии, т. 1–5, М., 1979–85; Химический энциклопедический словарь, М., 1983; Толковый словарь по химии и химической технологии. Основные термины, М., 1987; Годмен А., Иллюстрированный химический словарь, пер. с англ., М., 1988; Химия. Справочник, пер. с нем., М., 1989; Рабинович В. А., Хавин З. Я., Краткий химический справочник, 3 изд., М., 1991; Brockhaus ABC Chemie, Bd 1–2, Lpz., 1971; The Encyclopedia of Chemistry, 3 ed., eds. C. Hampel, G. Hawley, N. Y., 1973; Rompp H., Chemie Lexicon, 7 Aufl., Bd 1–5, Stuttg., 1973–75; Краткая химическая энциклопедия, ред. Р. М. Михайлов, 2 изд., т. 1–2, София, 1981; Malá encyklopedia chémie, Bratislava, 1981; Enciclopedia de Chimie, v. 1–6, Buc., 1983–1989; McGraw-Hill Dictionary of Chemistry, N. Y., 1984; CRC Handbook of Chemistry and Physics, 74 ed., ed. R. Weast, Boca Raton (Florida), 1993–94; Hawley's Condensed Chemical Dictionary, 11 ed., N. Y., 1987; Grant and Hackh's Chemical Dictionary, 5 ed., 1987; Taschenlexikon Chemie, Lpz., 1989.

**Издания по физической химии.** В справочнике Ландольта «Physikalisch-chemische Tabellen» (1-е изд. вышло в Германии в 1883) в табличной форме приведены физ.-хим. константы неорг. и орг. в-в. Широко распространенное в СНГ 5-е изд. справочника выпущено в 2 томах в 1923 (в 1927, 1931 и 1935 опубликованы дополнения); в 1950–80 вышло полностью переработанное 6-е изд. под назв. «Landolt-Börnstein. Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissen-Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik». Появление новых методов исследований обусловило выпуск одновременно с осн. изданием т. наз. «Новой серии» – справочника под назв. «Landolt-Börnstein. New Series. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology» (с 1961 вышло более 150 томов, в к-рых оглавление и часть текста наряду с нем. языком воспроизведены также на англ. языке); ко всему 6-му изд. и «Новой серии» издан общий указатель.

Другие издания: Каталитические свойства веществ, т. 1–4, К., 1968–77; Термические константы веществ, в. 1–10, М., 1968–81; Огородников С. К. [и др.], Азеотропные смеси, Л., 1971; Термодинамические и теплофизические свойства продуктов сгорания, под ред. В. П. Глушко, т. 1–10, М., 1971–80; Термодинамические свойства индивидуальных веществ, т. 1–4, 3 изд., под ред. В. П. Глушко, М., 1978–82; Краткий справочник физико-химических величин, 8 изд., Л., 1983; Крестов Г. А., Афанасьев В. Н., Ефремова Л. С., Физико-химические свойства бинарных растворов, Л., 1988; The International Encyclopedia of Physical Chemistry and Chemical Physics, Topics 1–121, ed. E. Guggenheim, Oxf. – [a. o.], 1963–75; Encyclopedia of Electrochemistry of the Elements, v. 1–5, ed. A. Bard, N. Y., 1973–76; Thermodynamic and Transport Properties of Alkali Metals, N. Y., 1985.

**Издания по аналитической химии, физическим и физико-химическим методам исследований и анализа, лабораторной технике.** Наиб. интересен классич. справочник В. Фрезениуса («Handbuch der analytischen Chemie»), выходящий в Германии с 1940. Он состоит из 4 осн. частей: I – общие методы анализа; II – качеств. анализ; III – количеств. методы определения и разделения хим. элементов; IV – спец. методы анализа; II и III части – многотомные, причем каждый том посвящен одному элементу или группе элементов. Другие издания: Мусакин А. П., Таблицы и схемы аналитической химии, Л., 1975; Уильямс У. Д., Определение анионов, пер. с англ., М., 1982; Атлас масс-спектров органических

соединений, под ред. В. А. Коптюга, в. 1–13, Новосибир., 1977–84; Атлас спектров органических соединений, под ред. В. А. Коптюга, в. 1–32, Новосибир., 1977–84; Лурье Ю. Ю., Справочник по аналитической химии, 6 изд., М., 1989; Химические реактивы и высокочистые химические вещества, кн. 1–2, 3 изд., М., 1990; Геккелер К., Экштайн Х., Аналитические и препаративные лабораторные методы, пер. с нем., М., 1991; Parr N. L., Laboratory handbook, L., 1963; Encyclopedia of Microscopy and Microtechnique, ed. P. Gray, N. Y., 1973; Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis, ed. F. Snell etc., v. 1–20, N. Y., 1966–74; Organic Electronic Spectral Data, v. 1–14, N. Y., 1960–78; Kirov N., Simova P., Vibrational Spectroscopy of Liquid Crystals, Sofia, 1984; Sadtler Standard Spectra. Infrared Grating Spectra, v. 1–79, Phil., 1966–85.

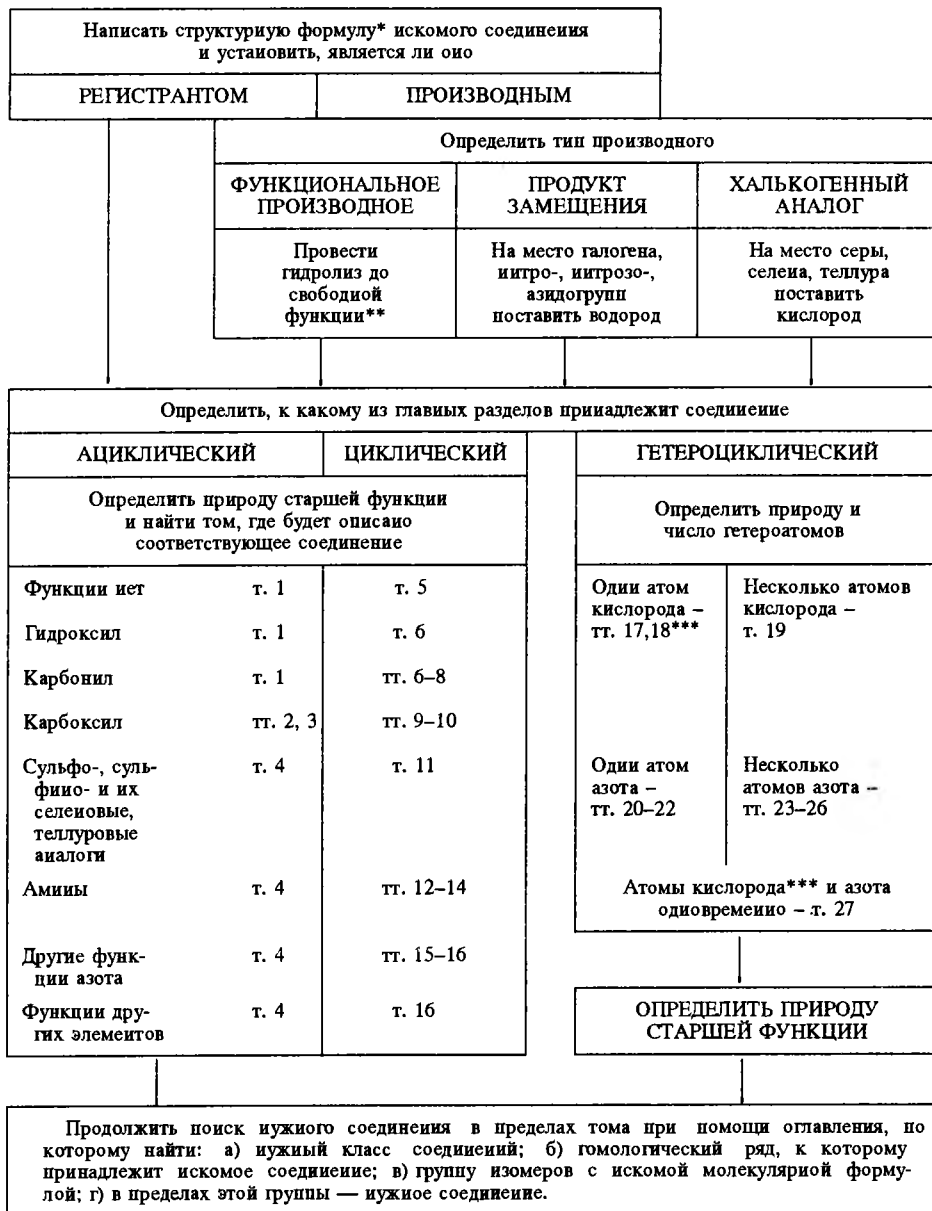
**Издания по неорганической химии.** Среди них наиб. известен справочник Л. Гмелина («Gmelin-Krauts Handbuch der anorganischen Chemie»), 1-е изд. к-рого выпущено в Германии в 1817. Выходящие с 1924 тома 8-го изд. (В.–Hdlb.–N. Y.; всего выпущено уже более 530 томов) учитывают литературу, появляющуюся за 6–12 мес до сдачи соответствующего тома в печать; в 1975–80 опубликован 12-томный формульный указатель ко всему изданию. Тома справочника не имеют порядковой нумерации. Его система построена на основе условных номеров, присвоенных каждому хим. элементу, к-рый описывается по единой схеме (тома, посвященные нек-рым важным, хорошо изученным элементам, нередко выпущены в виде неск. самостоят. книг): сначала излагаются история открытия, нахождение в природе, получение, физ. св-ва, хим. св-ва простого в-ва (действие воздуха, воды, неметаллов, к-т, металлов) и его иона (качеств. и количеств. р-ции), затем описываются соед. данного в-ва с хим. элементами, имеющими более низкий систематич. номер. Чтобы облегчить пользование справочником читателям, не владеющим нем. языком, оглавление в дополнит. томах приведено и на англ. языке; кроме того, на полях помещены англ. переводы заголовков (это относится и к издаваемым после 1945 осн. томам). С кон. 70-х гг. во всех вновь выходящих томах стали параллельно использовать англ. язык.

Другие важные издания: Карякин Ю. В., Ангелов И. И., Чистые химические вещества, 4 изд., М., 1974; Неорганическая химия. Энциклопедия школьника, М., 1975; Руководство по неорганическому синтезу, пер. с англ., т. 1–6, М., 1985–86; Свойства элементов, М., 1985; Зайцев И. Д., Асеев Г. Г., Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных растворов неорганических веществ, М., 1988; Эмсли Дж., Элементы, пер. с англ., М., 1993; Mellor J., Comprehensive Treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry, 2 ed., v. 1–16, L.–N. Y.–Toronto, 1946–48 (Suppl. 1956, 1962, 1970); Encyclopedia of Chemical Reactions, ed. C. Jacobson, v. 1–8, N. Y., 1946–59 (включает описание ок. 20 тыс. р-ций); Вауер Г., Handbuch der präparativen anorganischen Chemie, 3 Aufl., Stuttg., 1975.

**Издания по органической и биоорганической химии.** Фундам. изданием на протяжении более 100 лет является справочник Ф. Ф. Бейльштейна («Handbuch der organischen Chemie»), вышедший при жизни автора тремя изданиями (в 1881–82, 1885–89, 1892–99). Выпуск 4-го изд., к-рым химии всего мира пользуются и сейчас, осуществляется в Бейльштейновском ин-те (ФРГ, Франкфурт-на-Майне). Справочник состоит из основной серии (31 том, 1918–40), включающей сведения о 144 тыс. соед. и охватывающей литературу по 1910, и 4-х дополнительных (одновременно с IV серией выходит тома V серии на англ. языке):

Серия	Сокр. обозначение	Обработана литература, за годы	Цвет наклейки
Основная	Н	До 1909	Зеленый
Дополнительные			
I	ЕI	1910–19	Темно-красный
II	ЕII	1920–29	Белый
III	ЕIII	1930–49	Голубой
III/V	ЕIII/V	1930–59	Голубой, черный
IV	ЕIV	1950–59	Черный
V	ЕV	1960–79	Красный

## СХЕМА СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПОИСКА ПО СПРАВОЧНИКУ БЕЙЛЬШТЕЙНА



\* При возможности таутомерии проверить по всем таутомерам. \*\* Если при гидролизе образуется два орг. продукта, место регистрации определяет старший из них.

\*\*\* Либо серы, селена, теллура.

Вместе с дополнениями 4-е изд. насчитывает св. 300 томов общим объемом ок. 200 тыс. страниц; ежегодно выходят примерно 17 томов объемом ок. 900 печатных листов. Справочник содержит описания всех орг. соед., к-рые получены достаточно чистыми и строение к-рых известно (каждое соед. имеет порядковый номер и наз. регистрантом). Вслед за назв. приводятся: суммарная (эмпирическая) и структурная ф-лы, пути образования в-ва и его хим. превращения под действием физ. агентов (теплоты, света, электричества), а затем неорг. и орг. реагентов; фактич. данные сопровождаются ссылками на оригинальную литературу. Поиск нужного соед. можно проводить с помощью формульного и предметного указателей или систематич. схемы (рис.). С 1989 начал создаваться

автоматизир. банк данных по разделу гетероциклич. соединений.

Другие издания: Справочник химика, ч. 1–3, Донецк, 1972–74 (содержит сведения об орг. соед., в т.ч. синтетич. красителях); Вацуро К.В., Мищенко Г.Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976; Физер Л., Физер М., Реагенты для органического синтеза, т. 1–7, пер. с англ., М., 1970–78; Биохимический справочник, К., 1979; Номенклатура ферментов, пер. с англ., М., 1979; Мусил Я., Новакова О., Кунц К., Современная биохимия в схемах, пер. с англ., М., 1981; Мищенко Г.Л., Вацуро К.В., Синтетические методы в органической химии, М., 1982; Свойства органических соединений, под ред. А.А. Потехина, Л., 1984; Реакции и методы исследования органиче-

ских соединений (РИМИОС), т. 1–26, М.–Л., 1959–86; Справочник биохимика, пер. с англ., М., 1989; Elsevier's Encyclopedia of Organic Chemistry, v. 1–20, N. Y., 1940–49; Organic Reactions, v. 1–, ed. R. Adams, N. Y.–L., 1947 – (часть томов серии выпущена в пер. на рус. язык под назв. «Органические реакции», сб. 1–9, М., 1948–59); Theilheimer W., Synthetic Methods of Organic Chemistry, N. Y., 1947 – (практический ежегодник; общее число р-ций составляет уже ок. 20 тыс.); Dictionary of Organic Compounds, v. 1–4, 2 ed., L., 1953 (издание 1946 в 3 томах воспроизведено в СССР фотокопированием под назв. «Словарь органических соединений», М., 1949); Houben–Weyl, Methoden der organischen Chemie, Bd 1–16, 4 Aufl., Stuttg., 1958–86 (приведены только наиб. важные, дающие хорошие результаты методы; 2-й том, посвященный анализу орг. соед., издан на рус. языке в 1967); Advances in Heterocyclic Chemistry, ed. A. R. Katritzky, v. 1–, N. Y.–L., 1963–; Rodd's Chemistry of Carbon Compounds, v. 1A–1F, PA–PE; PA–PH; IVA–IVE, 2 ed., ed. S. Coffey, Amst.–N. Y., 1964 (описаны классы соед.); Timmermans J., Physico-Chemical Constant of Pure Organic Compounds, v. 1–2, N. Y., 1950–65; Pouchert C. [e. a.], The Aldrich Library of NMR Spectra, v. 1–11, Milwaukee, 1974; Brockhaus ABC, Biochemie, Lpz., 1975; Practical Organic Microanalysis, Recommended Methods of Determining Elements and Groups, N. Y., 1980; Concise Encyclopedia of Biochemistry, B.–N. Y., 1983; Ring Systems Handbook, v. 1–4, Columbus, 1984 (охватывает более 60 тыс. циклич. систем); Data for Biochemical Research, 3 ed., Oxf., 1986.

**Издания по полимерным материалам.** Представляют интерес: Энциклопедии полимеров, т. 1–3, гл. ред. В. А. Каргин, М., 1972–77; Махлис Ф. А., Федюкин Д. Л., Терминологический справочник по резине, М., 1989; Кривошей В. Н., Тара из полимерных материалов, М., 1990; Шефтель В. О., Вредные вещества в пластмассах, М., 1991; Encyclopedia of Polymer Science and Technology. Plastics, Resins, Rubbers, ed. H. Mark, v. 1–16, N. Y., 1964–72 (начат выпуск 2 изд.); Polymer Handbook, 2 ed., N. Y., 1975; Handbook of Plastics and Elastomers, ed. C. Harper, N. Y., 1975; Handbook of Chromatography. Polymers, N. Y., 1982.

**Издания по химической технологии и прикладной химии.** Среди них важны: Энциклопедия неорганических материалов, т. 1–2, К., 1976–77; Справочник нефтехимика, т. 1–2, Л., 1978; Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки, 3 изд., М., 1979; Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества, Л., 1984; Рахмилевич З. З., Радзин И. М., Фарамазов С. А., Справочник механика химических и нефтехимических производств, М., 1985; Справочник нефтепереработчика, Л., 1986; Справочник азотчика, 2 изд., М., 1987; Калинин Э. Л., Саковцева М. Б., Выбор пластмасс для изготовления и эксплуатации изделий, Л., 1987; Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение, М., 1988; Топлива, смазочные материалы, технические жидкости, М., 1989; Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Производство пластмасс, Л., 1989; то же, Нефтеперерабатывающая промышленность, Л., 1991; Справочник инженера-химика, пер. с англ., 6 изд., под ред. Р. Перри, кн. 1–4, М., 1991; Tropé's Dictionary of Applied Chemistry, v. 1–12, 4 ed., L., 1973; Encyclopedia of Industrial Chemical Technology, v. 1–20, eds. F. Snell, L. Ettore, N. Y., 1966–74 (посвящена пром. методам хим. анализа). Ullmann's Encyklopädie der technischen Chemie, 4 Aufl., Bd 1–25, Weinheim, 1972–84; Kirk–Othmer (ed.), Encyclopedia of Chemical Technology, v. 1–24 (and Index vol.), 3 ed., N. Y., 1978–84; Chemie und chemische Technik, B., 1987.

**Издания по охране окружающей среды.** Представляют интерес: Вредные вещества в промышленности, под общей ред. Н. В. Лазарева, Э. Н. Левиной, т. 1–3, 7 изд., Л., 1976–77; то же, Органические вещества. Новые данные 1974–1984 гг., Л., 1985; Беспамятнов Г. П., Кротов Ю. А., Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде, Л., 1985; Грушко Я. М., Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1986; его же, Вредные неорганические соедине-

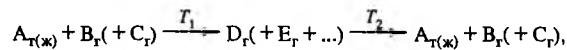
ния в промышленных выбросах в атмосферу, Л., 1988; Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I–IV групп, Л., 1988; то же, Неорганические соединения V–VIII групп, Л., 1989; то же, Радиоактивные вещества, Л., 1990; то же, Углеводороды. Галогенпроизводные углеводородов, Л., 1990; то же, Азотсодержащие органические соединения, Л., 1991; Дмитриев М. Т., Казнина Н. И., Пинигина И. А., Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде, М., 1989; Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения, кн. 1–2, М., 1990; Encyclopedia of Environmental Science and Engineering, ed. J. Pfaffin, G. Ziegler, v. 1–2, N. Y.–L.–P., 1976.

Сведения по хим. наукам, технологии и технике включались ранее и приводятся сейчас также в др. изданиях, напр.: в универсальных – Большая Советская энциклопедия, 3 изд., т. 1–30, М., 1969–78 (более 4 тыс. статей по осн. проблемам теоретич. и прикладной химии); в собственно научно-технических – Химико-технический справочник, т. 1, 3–5, П.–Л., 1918–32; Техническая энциклопедия. Справочник физических, химических и технологических величин, под ред. Л. К. Мартенса, т. 1–10 и предметный указатель, М., 1927–36; Конструкционные материалы, т. 1–3, М., 1963–65; Политехнический словарь, 3 изд., М., 1989; Lueger Lexikon der Technik, 4 Aufl., Bd 1–17, Stuttg., 1960–72; McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, 3 ed., v. 1–15, N. Y., 1971 – (пополняется ежегодниками) и т. д.

В ряде изданий помещены краткие биографии ученых-химиков (напр., Серрей А., Справочник по органическим реакциям, пер. с англ., М., 1962). Известны также многочисленные собственно биографич. издания: Волков В. А., Вонский Е. В., Кузнецова Г. И., Выдающиеся химики мира, М., 1991; McGraw-Hill Modern Men of Science, v. 1–2, N. Y., 1966–68; Dictionary of Scientific Biography, ed. by Ch. Gillispie, v. 1–15, N. Y., 1970–78; American Chemists and chemical Engineers, ed. W. Miles, Wash., 1976; World who's who in science, ed. A. Debus, Chi., 1988.

**Лит.**: Дубинская А. М., Призмент Э. Л., Химические энциклопедии, в кн.: Большая Советская энциклопедия, 3 изд., т. 28, М., 1978, с. 273–74; их же, Химические энциклопедии, в кн.: Химический энциклопедический словарь, М., 1983, с. 649–50; Потапов В. М., Кочетова Э. К., Химическая информация. Где и как искать химику нужные сведения, М., 1988, с. 23–50, 180–82. Э. К. Кочетова.

**ХИМИЧЕСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РЕАКЦИИ** (хим. транспорт), обратимые гетерогенные р-ции, сопровождающиеся транспортом исходного твердого или жидкого в-ва из одной температурной зоны в другую в результате образования, переноса и послед. разложения газообразных промежуток. Описываются общим ур-нием:



где индексы «т», «ж» и «г» обозначают соотв. твердое в-во, жидкость и газ.

Х. т. р. проводят в герметичных аппаратах или запаянных ампулах, имеющих зоны с т-рой  $T_1$ , где исходное в-во А превращается в летучее в-во D (или смесь летучих в-в D и E), и с т-рой  $T_2$ , где в-во А вновь образуется в результате термич. разложения в-ва D или его взаимод. с E. Движущая сила процесса – разность равновесных парциальных давлений газообразного в-ва D (давлений E или B) в первой и второй зонах, к-рая определяется величинами  $T_1$  и  $T_2$ , а также градиентом т-р  $\Delta T$  между зонами.

Возможность протекания Х. т. р. и направление транспорта определяются термодинамич. параметрами р-ции при т-рах  $T_1$  и  $T_2$ . Если энтальпия р-ции близка к нулю или очень велика, хим. транспорт не происходит. При малых значениях энтропии р-ции направление транспорта зависит от знака энтальпии р-ции. Как правило, в случае экзотермич. р-ций транспорт осуществляется в зону с большей т-рой ( $T_1 < T_2$ ), в случае эндотермич. р-ций – в зону с меньшей т-рой ( $T_1 > T_2$ ). Транспорт наиб. эффективен, когда при т-рах между  $T_1$  и  $T_2$  константа равновесия р-ции равна единице, а энергия Гиббса – нулю.

Перенос промежут. в-в между зонами осуществляется в результате молекулярной диффузии, естеств. или вынужденной конвекции. Поскольку чаще используют диффузию, процесс проводят под разрежением (общее давление 100–1000 Па). Градиент т-р составляет 5–1000 К, длительность процесса – от неск. часов до неск. недель.

Х. т. р. могут сопровождаться эффективной очисткой исходного твердого в-ва от примесей (если условия их хим. транспорта сильно отличаются от таковых для этого в-ва) или получением его в виде монокристалла. Одной из стадий Х. т. р. может быть *химическое осаждение из газовой фазы* (напр., осаждение А из смеси газообразных D и E).

По своей сущности к Х. т. р. близки *гидротермальные процессы*, с той лишь разницей, что в-ва В, С, D и E являются в этом случае не летучими, а р-рими.

Х. т. р. применяют для очистки редких (Zr, Hf) и цветных (Ti, Al) металлов, полупроводников (Si); для получения пленочных и нитевидных монокристаллов, монокристаллич. пьезонок; в галогенных электрич. лампах с большим сроком службы. Они протекают как побочные процессы в ходе нек-рых технол. операций и встречаются в природе (хим. транспорт В<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в fumarолах под действием паров Н<sub>2</sub>O).

Лит.: Шефер Г., *Химические транспортные реакции*, М., 1964; Роу-стедт Р. Ф., *Иодидные металлы и иодиды металлов*, пер. с англ., М., 1968; Oppertman H., «*Wiss. und Fortsch.*», 1980, Bd 30, № 1, 23–27; Work D. E., «*J. Electrochem. Soc.*», 1980, v. 127, № 8, p. 401.

Э. Г. Раков, З. Б. Мухометшина.

**ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ**, см. *Элементы химические*.

**ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**, совокупность действий, цель к-рых получение информации о хим. составе материальных тел, а также об их строении (структуре). Под хим. составом понимают вид и кол-во элементов или их соед. в анализируемом объекте и форму, в к-рой они присутствуют. Под строением в-в понимают порядок и пространство. расположение составляющих их структурных единиц (молекул, атомов, ионов). Термин «хим. анализ» введен Р. Бойлем в 1661, однако анализ. определения проводились с древнейших времен, а руководства по анализу разл. объектов появились значительно раньше 17 в.

В зависимости от поставленной задачи различают элементный (установление элементного состава), молекулярный (определение хим. соед., напр. оксидов в газовой смеси, орг. в-в в сточных водах), вещественный (установление и определение разных форм существования элемента и его соед., напр. в разных степенях окисления), структурно-групповой (определение функц. групп орг. соединений); фазовый (анализ включений в неоднородном объекте, напр. в минерале), изотопный анализ. Строение в-в устанавливают гл. обр. физ. и физ.-хим. методами анализа, напр., методами *структурного анализа*.

Х. а. составляет прикладной аспект *аналитической химии*. Он включает ряд последоват. стадий, обеспечивенных соответствующими методами: пробоотбор, пробоподготовка, в т. ч. разделение компонентов, обнаружение (идентификация), определение, обработка результатов измерений. Существуют также гибридные методы, сочетающие разделение и определение (напр., в хроматографии), или пробоподготовку, разделение и определение (напр., при гравиметрич. определении кремния).

Конкретное воплощение метод находят в методике – подробном описании всех процедур на каждой стадии анализа определенного объекта. Для осуществления методики используют приборы, реактивы, стандартные образцы, программы для ЭВМ и др.

Наиб. значение имеют методы обнаружения и особенно определения. Все они основаны на зависимости между хим. составом в-ва и к.-л. его хим. или физ. св-вом. Св-ва, не зависящие от кол-ва в-ва, напр. положение линии в спектре, лежат в основе методов обнаружения (качественный анализ); св-ва, функционально связанные с кол-вом (или концентрацией) в-ва, напр. интенсивность спектральной линии, – в основе методов определения (количественный анализ). Помимо пары качественной–количественной, можно выделить др. пары видов анализа: валовый–локальный, разрушающий–неразрушающий, контактный–дистанционный, дискретный–непрерывный и т. д.

По характеру анализ. сигнала методы определения делят на химические, основанные на взаимодей. в-в друг с другом (хим. р-ции и процессы) и физические, основанные на взаимодей. в-ва с потоком энергии. Деление условно – многие методы можно отнести и к той и к другой группе, напр. в фотометрич. методах часто используют р-цию образования окрашенного соединения, а анализ. сигнал получают при взаимодей. этого соед. с электромагн. излучением. Иногда такие методы называют физ.-химическими. Часто физ. и физ.-хим. методы объединяют под назв. «инструментальный анализ». К отдельной группе относят биол. методы, основанные на явлениях, наблюдаемых в живой природе.

Х. а. – основная задача анализ. службы – сети сервисных лабораторий, к-рые обеспечивают контроль хим. состава продуктов произ-ва, сырья, природных и сточных вод, биомасс (клинич. анализ), предметов искусства и др. Для выполнения этих задач используют спец. нормативы (методич. указания, стандарты, фармакопей). Пром. Х. а. бывает непрерывным и выборочным, констатирующим и экспрессным (результаты его используют для немедленной корректировки технол. процесса). Х. а. все больше автоматизируется (см. *Автоматизированный анализ*). Важное значение приобретают дистанционные (анализ на расстоянии) и неdestructивные (без разрушения объекта) методы.

Х. а. – существ. часть нормального функционирования ведущих отраслей народного хозяйства, систем охраны природы и здоровья, оборонного комплекса, развития смежных областей знания.

Лит.: Золотов Ю. А., *Очерки аналитической химии*, М., 1977; Шавич А. Б., *Аналитическая служба как система*, М., 1981; Золотов Ю. А., *Аналитическая химия: проблемы и достижения*, М., 1992. Е. Н. Дорохова.

**ХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ**, термодинамич. параметр  $\mu$ , характеризующий состояние хим. и фазового равновесия в макроскопич. системе. Наряду с давлением  $p$ , т-рой  $T$  и др. параметрами Х. п. относится к интенсивным величинам, т. к. не зависит от массы системы (см. *Параметры состояния*). Наиб. употребительно определение Х. п.  $i$ -го компонента как первой производной энергии Гиббса  $G$  системы по числу молей  $n_i$  этого компонента при постоянстве чисел молей всех остальных компонентов, т-ры  $T$  и давления  $p$ :

$$\mu_i = \left( \frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{n_{j \neq i}, T, p} \quad (1)$$

Поскольку для энергии Гиббса числа молей компонентов  $n_1, \dots, n_k$  ( $k$  – число компонентов в системе) являются единственными экстенсивными переменными, справедливо соотношение:

$$G = \sum_{i=1}^k n_i \mu_i \quad (2)$$

Т. обр., по определению, Х. п. есть *парциальная молярная энергия Гиббса* (см. *Парциальные молярные величины*). Для однокомпонентной системы  $\mu_1 = G/n_1$ , т. е. Х. п. равен молярной энергии Гиббса.

Возможно определение Х. п.  $i$ -го компонента как изменение любого другого термодинамич. потенциала при изменении числа молей  $n_i$  – энергии Гельмгольца  $F$ , энтальпии  $H$ , внутр. энергии  $U$ :

$$\mu_i = \left( \frac{\partial F}{\partial n_i} \right)_{n_j, T, V} = \left( \frac{\partial H}{\partial n_i} \right)_{p, S, n_j} = \left( \frac{\partial U}{\partial n_i} \right)_{n_j, V, S}$$

где  $V$  – объем системы,  $S$  – энтропия. Однако соотношение типа (2) для потенциалов  $F$ ,  $U$  и  $H$  не имеют места.

В состоянии *термодинамического равновесия* однофазной системы каждый из компонентов характеризуется одним и тем же Х. п. во всем объеме. Для  $r$ -фазной системы *фазовое равновесие* определяется условиями:

$$\begin{aligned} \mu_1^I &= \mu_1^2 = \dots = \mu_1^r \\ &\dots \dots \dots \\ \mu_k^I &= \mu_k^2 = \dots = \mu_k^r \end{aligned}$$

то есть  $X$ . п. любого из компонентов одинаков во всех фазах, где данный компонент присутствует. Если для двух фаз 1 и 2  $\mu_1^i > \mu_2^i$ , имеет место перенос компонента из фазы 1 в фазу 2. Если такой перенос невозможен, напр. из-за разделения фаз не проницаемой для компонента мембраной, между фазами 1 и 2 возникает осмотич. давление (см. *Осмос*).

В системе, где между компонентами  $A_i$  (исходные в-ва) происходит хим. р-ция с образованием компонентов  $B_j$  (продукты) типа  $\sum_i \nu_i \mu_{A_i} = \sum_j \nu_j \mu_{B_j}$  ( $\nu_i, \nu_j$  – стехиометрич. коэф.),

устанавливается *химическое равновесие*, если выполняется условие:

$$\sum_j \nu_j \mu_{B_j} - \sum_i \nu_i \mu_{A_i} = 0.$$

Если  $\sum_i \nu_i \mu_{A_i} > \sum_j \nu_j \mu_{B_j}$ , в системе увеличивается содержание продуктов  $B_j$  (прямая р-ция); если  $\sum_i \nu_i \mu_{A_i} < \sum_j \nu_j \mu_{B_j}$ , продукты

р-ции превращаются в исходные в-ва (обратные р-ции). Величина  $A = \sum_j \nu_j \mu_{B_j} - \sum_i \nu_i \mu_{A_i}$  наз. *химическим сродством* данной р-ции.

Важнейшей термодинамич. закономерностью является концентрационная зависимость  $X$ . п. В случае идеального газа  $X$ . п. определяется парциальным давлением компонента  $i$  согласно ур-нию:

$$\mu_i = \mu_{i,1}^0 + RT \ln p_i,$$

где  $R$  – универс. газовая постоянная.

Для реальных систем подобная форма записи концентрации  $X$ . п. получается при использовании летучести компонента  $f_i$  (реальные газы) или термодинамич. активности  $a_i$  (р-ры):

$$\mu_i = \mu_{i,2}^0 + RT \ln f_i; \quad \mu_i = \mu_{i,3}^0 + RT \ln a_i.$$

Для идеального р-ра справедливо соотношение:

$$\mu_i = \mu_{i,4}^0 + RT \ln x_i,$$

где  $x_i$  – молярная доля  $i$ -го компонента. В этих соотношениях  $\mu_{i,1}^0, \mu_{i,2}^0, \mu_{i,3}^0, \mu_{i,4}^0$  –  $X$ . п.  $i$ -го компонента в определенном образом выбранном *стандартном состоянии* [в стандартном состоянии  $p_i$  (или  $f_i, a_i, x_i$ ) равно 1].

Особый случай представляют электрхим. системы, где присутствуют заряженные частицы, а в потенциалы  $G, H, F, U$  для данной фазы вносит вклад электростатич. энергия  $\phi_e$  ( $e$  – заряд фазы,  $\phi$  – внутр. потенциал фазы). Для таких систем  $X$ . п. заменяется во всех ур-ниях на *электрохимический потенциал*  $\bar{\mu}_i$ :

$$\bar{\mu}_i = \mu_i + \Phi z_i \phi,$$

где  $z_i$  – зарядовое число частиц сорта  $i$ ,  $\Phi$  – постоянная Фарадея.

В *статистической термодинамике* для определения  $X$ . п. используется соотношение:

$$\left( \frac{\partial k \ln W}{\partial N_i} \right)_{E, V, N_j} = - \frac{\mu_i}{T},$$

где  $W$  – термодинамич. вероятность,  $k$  – постоянная Больцмана,  $N_i$  – число частиц сорта  $i$ ,  $N_j$  – числа всех остальных частиц.

Термодинамич. вероятность  $W(E, N_1, \dots, N_k)$  равна числу возможных состояний системы, при  $k$ -рых последняя обладает внутр. энергией  $E$  и содержит  $N_1, \dots, N_k$  частиц соответствующих сортов. Равновесие двух систем  $A$  и  $B$ , определенное равенством  $X$ . п.  $\mu_1^A = \mu_1^B, \dots, \mu_k^A = \mu_k^B$  и условием  $T_A = T_B$ , соответствует наиб. вероятному распределению энергии  $E$  между  $A$  и  $B$ . Если система  $B$  представляет собой обширный тепловой резервуар ( $E_B \gg E_A$ ) и обширное хранилище частиц ( $N_B \gg N_A$ ),  $X$ . п. и  $T$ -ра определяют плотность вероятности нахождения системы  $A$  в состоянии с заданной энергией при

заданных числах частиц всех сортов (большое канонич. распределение Гиббса).

Понятие  $X$ . п. может быть использовано для характеристики локального термодинамич. равновесия системы, к-рая в целом неравновесна. При локальном равновесии малые элементы объема приблизительно рассматриваются как равновесные и учитывается обмен энергией (энтропией) между ними. Локальное термодинамич. равновесие – одно из основных понятий термодинамики неравновесных процессов.

$X$ . п. используется в ряде соотношений физ. химии. Среди них:

1) ур-ние Гиббса–Дюгема для однофазной  $k$ -компонентной системы при постоянных давлении и  $T$ -ре:

$$\sum_i n_i d\mu_i = 0.$$

2) Ур-ние, связывающее константу равновесия хим. р-ции  $K$  и изменение стандартной энергии Гиббса  $\Delta G_T^0$ :

$$\Delta G_T^0 = \sum_i \nu_i \mu_i^0 = -RT \ln K,$$

где  $\nu_i$  – стехиометрич. коэф. в-в, участвующих в р-ции.

3) Ур-ние, связывающее поверхностное натяжение  $\sigma$  с адсорбциями компонентов  $\Gamma_1, \dots, \Gamma_i$ :

$$d\sigma = - \sum_i \Gamma_i d\mu_i.$$

$X$ . п. выражают в Дж/моль (в статистич. термодинамике – в Дж/частица). Термин введен Дж. Гиббсом в 1874–78.

Лит. см. при ст. *Статистическая термодинамика*, *Химическая термодинамика*. М. В. Коробов.

**ХИМИЧЕСКИЙ СДВИГ**, см. *Мёссбауэровская спектроскопия*, *Рентгеноэлектронная спектроскопия*, *Ядерный магнитный резонанс*.

**ХИМИЧЕСКИЙ ЭКВИВАЛЕНТ**, см. *Эквивалент химический*.

**ХИМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ТЕОРИЯ**, см. *Органическая химия*.

**ХИМИЧЕСКОЕ ОРУЖИЕ**, боеприпас (боевая часть ракеты, снаряд, мина, авиационная бомба и др.), снаряженный боевым отравляющим в-вом (ОВ) и предназначенный для поражения живой силы, заражения местности, техники, вооружения. В соответствии с международным правом (Парижская конвенция, 1993) под  $X$ . о. подразумевают также каждую из его составных частей (боеприпас и ОВ) в отдельности. Т. наз. бинарное  $X$ . о. представляет собой боеприпас, комплектующий двумя или неск. контейнерами, содержащими нетоксичные компоненты. Во время доставки боеприпаса к цели контейнеры вскрываются, их содержимое перемешивается и в результате хим. р-ции между компонентами образуется ОВ.

$X$ . о. – один из типов оружия массового поражения, применение к-рого приводит к поражениям разл. степени тяжести (от вывода из строя на неск. минут до летального исхода) только живой силы и не поражает технику, вооружение, имущество. Действие  $X$ . о. основано на доставке ОВ к цели; переводе ОВ в боевое состояние (пар, аэрозоль разл. степени дисперсности) взрывом, распылом, пиротехн. возгонкой; распространении образовавшегося облака и воздействии ОВ на живую силу.

$X$ . о. предназначено для использования в тактич. и оперативно-тактич. зоне боевых действий; способно эффективно решать ряд задач в стратегич. глубине.

Эффектность  $X$ . о. зависит от физ.-хим. и токсикологич. св-в ОВ, конструктивных особенностей ср-ва применения, обеспеченности живой силы ср-вами защиты, своевременности перевода в боевое состояние (степени достижения тактич. внезапности использования  $X$ . о.), метеоусловий (степень вертикальной устойчивости атмосферы, скорость ветра). Эффективность  $X$ . о. в благоприятных условиях существенно выше эффективности обычных ср-в поражения, особенно при воздействии на живую силу, расположенную в открытых инженерных сооружениях (окопы, траншеи), негерметизир. объектах техники, зданиях и сооружениях. Заражение техники, 500

вооружения, местности приводит к вторичным поражениям находящейся на зараженных участках живой силы, сковыванию ее действий и изнурению вследствие необходимости длительное время находиться в ср-вах защиты.

На 1993 суммарное кол-во Х. о. в России (по массе ОВ) составляло 40,02 тыс. т (фосфорорг. ОВ 32,3 тыс. т; люизита, иприта и их смесей 7,72 тыс. т); в США – 29 тыс. т (из них фосфорорг. ОВ 10,5 тыс. т, иприта 15,8 тыс. т). Официально о неoblладании Х. о. заявили Великобритания, Франция, Италия, Япония и др. страны.

Защита от Х. о.: индивидуальные (*защитная одежда, противогазы*), коллективные (герметич. объекты, оборудованные фильтровентиляц. установками) ср-ва, своевременная дегазация, мед. ср-ва (*антидоты*).

Объявив себя правопреемником СССР, Россия в 1992 официально сняла с себя оговорки СССР в отношении Женевского протокола (1925; см. *Отравляющие вещества*), в т. ч. и о возможном ответном использовании Х. о. В январе 1993 Россия подписала Парижскую конвенцию о запрещении разработки, производства, накопления и применения Х. о. и его уничтожении. В частности, в соответствии с этой конвенцией каждое государство-участник обязуется никогда, ни при каких обстоятельствах: 1) не разрабатывать, не производить, не приобретать иным способом, не накапливать или не сохранять Х. о.; 2) не применять Х. о.; 3) не проводить любых военных приготовлений к применению Х. о.; 4) не помогать, не поощрять или не побуждать к.-л. образом кого бы то ни было к любой деятельности, запрещенной государству-участнику по этой конвенции.

Кроме того, каждое государство-участник обязуется не использовать хим. ср-ва борьбы с внутр. беспорядками в качестве ср-в ведения войны.

Конвенция также предусматривает, что все существующие запасы Х. о. подлежат уничтожению под строгим международным контролем. Уничтожение начинается не позже, чем через 2 года, и заканчивается не позднее, чем через 10 лет после вступления конвенции в силу. Уничтожению подлежат и объекты по производству Х. о.

Согласно конвенции, каждое государство определяет, каким образом оно будет уничтожить свое Х. о., однако для этого не м. б. использовано затопление в водоемах, захоронение в земле или сжигание на открытом воздухе.

Уничтожение Х. о. должно осуществляться на спец. объектах, к-рые в связи с возможным вредным воздействием на природу и человека относятся к особо опасным. В России практически отсутствуют нормативные требования к выбору места размещения таких объектов, учитывающие не только техн., но и социально-психологич. аспекты этой проблемы.

Удаление особо опасных хим. предприятий (в т. ч. по уничтожению Х. о.) от населенных пунктов и др. объектов м. б. оценено радиусами экологич. и аварийной безопасности. Первый характеризует такое удаление от объекта, за пределами к-рого на население и окружающую среду не оказывается никакого отрицат. влияния при штатном функционировании объекта (это удаление м. б. коррелировано с размерами санитарно-защитной зоны). Радиус аварийной безопасности – удаление от объекта, за пределами к-рого в случае любой запроектной аварии (напр., целенаправленной диверсии) на окружающее население и природную среду не оказывается никакого отрицат. воздействия и не требуется никаких мероприятий, связанных с ликвидацией последствий этой аварии.

Анализ опыта создания объектов, близких по опасности к объектам уничтожения Х. о., показал, что наряду с радиусами экологич. и аварийной безопасности необходимо также учитывать радиус т. наз. психологич. безопасности (характеризует удаление от потенциально опасного объекта, за пределами к-рого население не связывает состояние своего здоровья, свою безопасность и экологич. чистоту района с функционированием данного объекта). Этот радиус обычно на 1–2 порядка больше радиуса аварийной безопасности и может составлять сотни километров.

Полагают, что объекты по уничтожению Х. о. должны быть удалены от населенных пунктов на 25–175 км (в зависимости от численности населения); от нефте-, газо-, продуктопрово-

дов, магистральных железных дорог, газо-, нефтехранилищ – на 10–20 км; от атомных электростанций, аэродромов, курортных зон, заповедников – на 50–100 км.

Процесс уничтожения Х. о. содержит неск. осн. стадий, к-рые м. б. разнесены по времени и месту. К ним относятся: хранение ОВ, транспортирование Х. о. к месту уничтожения, расщепление боеприпасов (емкостей) и детоксикация ОВ, транспортировка и уничтожение реакц. масс, захоронение твердых отходов.

При разработке технологий уничтожения Х. о. в России рассматривается возможность утилизации продуктов его переработки. При уничтожении фосфорорг. ОВ отработана двухстадийная технология. На первой стадии осуществляется хим. р-ция, в результате к-рой образуются нетоксичные продукты (щелочной гидролиз, окислит. хлорирование и алкоголиз), а второй – проводится термич. дегазация корпусов боеприпасов и уничтожение нетоксичных реакц. масс. Возможно их сжигание с послед. захоронением твердых отходов на спец. полигонах, а также битумизация реакц. масс с послед. утилизацией или захоронением. Полной утилизации в металл подлежат корпуса хим. боеприпасов после их термич. дегазации и переплавки.

Отработана также одностадийная технология, основанная на термич. разложении ОВ, боеприпасов малого калибра без их предварит. вскрытия, что исключает наличие реакц. масс.

Большое внимание уделяется технологии утилизации люизита. Целесообразность такого подхода обусловлена присутствием в нем мышьяка (36% по массе), что позволяет рассматривать данное в-во как источник As для нужд разл. отраслей пром-сти, прежде всего, радиоэлектронной. Исследуется технология, включающая щелочной гидролиз люизита с послед. электролизом реакц. массы. Этот способ имеет замкнутый цикл по водным средам и осуществляется без образования твердых и жидких отходов. Рассматривается также метод утилизации люизита путем его восстановления водородом с получением металлич. мышьяка (в одну стадию), а также технология, одной из стадий к-рой является алкоголиз люизита. Разработана и апробирована технология уничтожения люизита путем его взамод. с серой с образованием нерастворимых масс, подлежащих захоронению на спец. полигонах.

В США в качестве основной принята технология, включающая сжигание ОВ на спец. установке (на одном из атolloв в Тихом океане). Существенный недостаток этой технологии – возможность выброса компонентов топливной смеси, ОВ и продуктов их сгорания. Разработана также одностадийная технология уничтожения ОВ, содержащих P, S, As и др., в солевом расплаве. Необходимая законодат. база, позволяющая решать проблему уничтожения Х. о., была принята в этой стране к нач. 70-х гг.

Уничтожение Х. о. производилось и ранее, напр., в связи с ухудшением его боевых св-в при хранении. Мероприятия по уничтожению Х. о. были обычно связаны с нанесением ущерба окружающей среде, в т. ч. здоровью людей.

К кон. второй мировой войны запасы Х. о. (по массе ОВ) составляли в США 135 тыс. т, в Великобритании – 108 тыс. т. После капитуляции Германии на Потсдамской конференции в 1945 странами Тройственного союза (Великобритания, СССР, США) было принято решение об уничтожении всех запасов трофейного немецкого Х. о., к-рые составили 311 тыс. т. Его уничтожение осуществлялось без достаточного учета требований экологии в местах хранения и затоплением в море. Великобритания и США затопили часть Х. о. на внешнем рейде города Килия.

В СССР трофейное немецкое Х. о. уничтожалось сжиганием в местах хранения в спец. печах и в открытых котлованах, подрывом хим. артиллерийских снарядов и авиабомб, переработкой ОВ и полупродуктов их получения для использования в мирных целях, затоплением в Балтийском море (до 60% от всего кол-ва Х. о.).

Лит.: Защита от оружия массового поражения, М., 1989; «Росс. хым. журнал. Ж. Росс. хым. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1993, т. 37, № 3; то же, 1994, т. 38, № 2; National implementation of the future chemical weapons convention, ed. by T. Stock, R. Sutherland, Oxf., 1990.

И. Б. Евстафьев, В. И. Холстов.



**ХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ**, получение твердых в-в р-циями с участием газообразных соединений. По механизму р-ций подразделяется на 4 вида: 1) термич. разложение или диспропорционирование газообразных соед., напр.  $\text{SiH}_4 \rightarrow \text{Si}$ ,  $\text{ZrI}_4 \rightarrow \text{Zr}$ ,  $\text{Ni}(\text{CO})_4 \rightarrow \text{Ni}$ ,  $\text{AlF} \rightarrow \text{Al}$ ,  $\text{MR}_n \rightarrow \text{M}$ , где М – металл, R – орг. радикал; 2) взаимодей. двух или более газообразных в-в, напр.  $\text{WF}_6 + \text{H}_2 \rightarrow \text{W}$ ,  $\text{SiCl}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{UF}_6 + \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{UO}_2$ ; 3) пиролиз газообразных углеводородов (отличается многостадийностью и разветвленностью); 4) взаимодей. газообразных в-в с твердыми (контактное осаждение), напр.:  $\text{WF}_6 + \text{Si} \rightarrow \text{W}$ . Наиб. многочисленны р-ции второго вида. Р-ции поглощения газообразных оксидов или галогенидов твердыми в-вами (типа  $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ ,  $\text{NaF} + \text{HF} \rightarrow \text{NaHF}_2$ ) не относят к хим. осаждению из газовой фазы (Х. о.).

Процессы Х. о. проводят при обычном или пониженном давлении. Для активирования используют один из трех осн. методов: термический, фотохим. (включая лазерный) и плазменный.

Как правило, Х. о. проводят на неподвижной подложке. Однако известны конструкции аппаратов для Х. о., в к-рых подложки перемещаются вдоль реакционной зоны, качаются или вращаются в ней, а также находятся во взвешенном состоянии. Это позволяет получать плоские, цилиндрич. и сферич. покрытия, ленты, конусы, нити, стержни и тела произвольной формы, а в сочетании с фотолитографией – сложные микроструктуры (см. *Планарная технология*). Х. о. может протекать в объеме и использоваться для получения порошков (подложками служат зародыши твердых продуктов).

С помощью Х. о. получают ок. 200 в-в, среди к-рых простые в-ва и неорг. соед., а также неск. орг. соединений (напр., разновидности полиэтилена), сплавы металлов, аморфные «сплавы» Si с H, F, Cl и др.

Осн. области применения Х. о.: нанесение функц. слоев проводников, полупроводников и диэлектриков (W, Si,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и др.) при произ-ве электронных приборов и схем; нанесение разнообразных защитных и декоративных покрытий на детали машин и аппаратов, на инструменты, нанесение защитных и отражающих оптич. покрытий; изготовление деталей и изделий из тугоплавких в-в, напр. сопел из графита или W для ракетных двигателей; выращивание заготовок для кварцевых оптич. волокон, в т. ч. с переменным по диаметру показателем преломления; произ-во ядерного топлива (микротвзлов); произ-во объемных монокристаллов и «кусов» для композиционных материалов; произ-во высокопористых ультрадисперсных порошков (напр., компонентов керамики, наполнителей, адсорбентов). Х. о. может быть одной из стадий *химических транспортных реакций*.

Лит.: Осаждение пленок и покрытий разложением металлоорганических соединений, М., 1981; Королев Ю. М., Столяров В. И., Восстановление фторидов тугоплавких металлов водородом, М., 1981; Сыркин В. Г., Газофазная металлизация через карбонилы, М., 1984; Емашев А. В., Газофазная металлизация тугоплавких соединений, М., 1987; Раков Э. Г., Тесленко В. В., Химия в микроэлектронике. (Химическое осаждение из газовой фазы), М., 1988; Тесленко В. В., «Успехи химии», 1990, т. 59, в. 2, с. 177–96.

Э. Г. Раков, В. В. Тесленко.

**ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ**, термодинамич. равновесие в системе, между компонентами к-рой происходит хим. р-ции. Для данной р-ции  $\sum_i \nu_i A_i \rightleftharpoons \sum_j \nu_j B_j$ , где  $A_i$  – исходные реагенты;  $B_j$  – продукты;  $\nu_i$  и  $\nu_j$  – их стехиометрич. коэффициенты соотв., Х. р. достигается при условии:

$$\sum_j \nu_j \mu_j - \sum_i \nu_i \mu_i = 0, \quad (1)$$

где  $\mu_i$  и  $\mu_j$  – хим. потенциалы соотв. исходных реагентов и продуктов.

Условие Х. р. может быть выведено из любого условия *термодинамического равновесия*, в частности из условия минимума энергии Гиббса системы  $dG_{T,p} = 0$  при постоянных абс. т-ре T и давлении p.

К условию Х. р. (1) добавляется требование постоянства т-ры и давления по всему объему системы (в случае гетеро-

генных р-ций для Х. р. необходимо, чтобы т-ра и давление были одинаковы во всех фазах системы).

В состоянии Х. р. система характеризуется *константой равновесия*  $K_p$ , выражающей для р-ции в р-рах соотношение между активностями  $a_A$  исходных реагентов и активностями  $a_B$  продуктов:

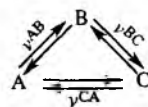
$$K_p = \prod_j a_{B_j}^{\nu_j} / \prod_i a_{A_i}^{\nu_i} \quad (2)$$

(Π – знак произведения). В случае идеальных р-ров вместо активностей компонентов используют их молярные доли x. Для р-ций в газах активности в-в заменяют летучестями (константа равновесия  $K_p$ ); если реагирующую систему можно считать идеальной газовой смесью, вместо летучестей возможно применение парциальных давлений компонентов (константа равновесия  $K_p$ ). Для идеальных систем соотношение (2) наз. *действующих масс законом*.

Помимо термодинамич. определения Х. р., к-рое выражается соотношением (1), существует и кинетич. определение: Х. р. устанавливается при условиях, когда скорость прямой р-ции (исходные реагенты → продукты) v становится равной скорости обратного превращения (продукты → исходные реагенты)  $v_{-1}$ . Константа равновесия

$$K = \frac{k_1}{k_{-1}}, \quad (3)$$

где  $k_1$  и  $k_{-1}$  – константы скорости прямой и обратной р-ций соотв. Кинетич. определение подчеркивает динамич. характер Х. р.: при его достижении р-ции в системе не прекращаются. Если в системе происходят несколько связанных между собой хим. р-ций, кинетич. определение Х. р. (3) выполняется, когда справедлив *детального равновесия принцип*, т. е. для каждой из р-ций достигается равенство скоростей в прямом и обратном направлениях. Напр., если в системе протекает циклич. превращение



и  $\mu_A = \mu_B = \mu_C$  (термодинамич. условие Х. р.), то обязательно  $v_{AB} = v_{BA}$ ,  $v_{BC} = v_{CB}$ ,  $v_{CA} = v_{AC}$  (кинетич. определение).

Отклонение от Х. р. сопровождается изменением состава системы и м. б. выражено *химическим сродством* р-ции Δ. Устойчивость Х. р. определяется условием:

$$\frac{\partial \Delta}{\partial \xi} < 0,$$

где  $\partial \xi = \partial n_j / \partial \nu_j$  – степень полноты р-ции, равная отношению изменения числа молей n<sub>j</sub> любого из участвующих в р-ции в-в к его стехиометрич. коэф.  $\nu_j$ .

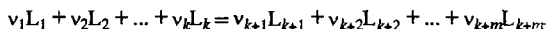
Для нек-рых неравновесных систем м. б. использовано понятие *локального Х. р.*, к-рое устанавливается в мат. объеме системы и соответствует локальным значениям т-ры и давления, хим. потенциалов компонентов.

Важной практич. задачей является термодинамич. расчет Х. р., т. е. определение равновесных составов системы. В сер. компьютерных программах такой расчет, как правило, выполняется путем прямой минимизации энергии Гиббса системы без использования констант равновесия. Для идеальных систем результатом расчетов являются концентрации хим. в-в в состоянии равновесия, для реальных систем мат. определение концентрации требует дополнительного знания коэф. активности (или летучести).

Лит. см. при ст. *Химическая термодинамика*.

М. В. Коротаев

**ХИМИЧЕСКОЕ СРОДСТВО** (сродство р-ции), параметр термодинамич. системы, характеризующий отклонение от состояния хим. равновесия. Если р-цию записать в виде



где  $L_1, \dots, L_k$  – исходные реагенты,  $L_{k+1}, \dots, L_{k+m}$  – продукты р-ции,  $v_1, \dots, v_k$  и  $v_{k+1}, \dots, v_{k+m}$  – стехиометрич. коэф., то Х. с. А равно:

$$A = \sum_{i=1}^k v_i \mu_i - \sum_{j=k+1}^{k+m} v_j \mu_j,$$

где  $\mu_i, \mu_j$  – хим. потенциалы соотв. исходных реагентов и продуктов. В состоянии равновесия

$$\sum_{i=1}^k v_i \mu_i - \sum_{j=k+1}^{k+m} v_j \mu_j = 0, \text{ или } A = 0.$$

При  $A > 0$  неравновесное состояние системы характеризуется избытком исходных реагентов и для достижения равновесия р-ция должна идти слева направо; при  $A < 0$ , наоборот, система содержит избыток продуктов и р-ция должна идти в противоположном направлении. Х. с. равно макс. полезной работе р-ции, взятой со знаком минус. Х. с. определяет собственно хим. процесс, связанный лишь с изменением состава системы и не связанный с работой по преодолению сил внеш. давления (см. *Максимальная работа реакции*).

Единица измерения Х. с. – Дж/моль.

Стандартное Х. с.  $A^0$  определяется соотношением:

$$A^0 = \sum_{i=1}^k v_i \mu_i^0 - \sum_{j=k+1}^{k+m} v_j \mu_j^0,$$

где  $\mu_i^0, \mu_j^0$  – стандартные хим. потенциалы соотв. реагентов и продуктов (см. *Стандартное состояние*). Стандартное Х. с. связано со стандартным изменением энергии Гиббса  $\Delta G^0$  и константой равновесия р-ции  $K$ :

$$A^0 = -\Delta G^0 = RT \ln K,$$

где  $T$  – абс. т-ра;  $R$  – газовая постоянная.

В хим. термодинамике Х. с. рассматривается в сочетании с хим. переменной  $\xi$  (наз. также степенью полноты р-ции, числом пробегов р-ции). Если в системе изменение чисел молей компонентов  $dn_i$  происходит лишь в результате хим. р-ции (закрытая система), то  $dn_i$  связаны соотношением:

$$-dn_1/v_1 = \dots = -dn_k/v_k = dn_{k+1}/v_{k+1} = \dots = dn_{k+m}/v_{k+m} = d\xi.$$

Интегрирование этого соотношения приводит к выражениям:

$$n_i = n_i^0 + \xi v_i; \quad n_j = n_j^0 + \xi v_j,$$

где  $n_i^0, n_j^0$  – соотв. числа молей исходных компонентов и продуктов в начальный момент времени. Эти выражения являются определяющими для хим. переменной  $\xi$ . Энергия Гиббса системы

$$G = \sum_{i=1}^{k+m} \mu_i n_i = \sum_{i=1}^{k+m} \mu_i n_i^0 + A \xi.$$

С помощью Х. с. и хим. переменной можно провести термодинамич. описание *закрытой системы*, где обратимо протекает хим. р-ция, способом, отличным от традиционного описания Гиббса. Цель подобного описания – уменьшить число переменных  $n_i, n_j$  благодаря учету стехиометрии р-ции. Полные дифференциалы *термодинамических потенциалов* такой системы – внутр. энергии  $U$ , энтальпии  $H$ , энергии Гиббса  $G$ , свободной энергии Гельмгольца  $F$  – м. б. представлены в виде ф-л:

$$\begin{aligned} dU &= TdS - pdV - Ad\xi; \\ dH &= Vdp + TdS - Ad\xi; \\ dG &= -SdT + Vdp - Ad\xi; \\ dF &= -pdV - SdT - Ad\xi \end{aligned}$$

( $S$  – энтропия системы;  $V$  – объем;  $p$  – давление).

Отсюда следует:

$$(\partial G / \partial \xi)_{T,p} = (\partial H / \partial \xi)_{p,S} = (\partial F / \partial \xi)_{V,T} = (\partial U / \partial \xi)_{S,V} = -A,$$

т. е. Х. с. является производной любого термодинамич. потенциала по хим. переменной при постоянстве естеств. перемен-

505

ных каждого из потенциалов. В этих выражениях член  $-Ad\xi$  заменяет сумму  $\sum_{i=1}^{k+m} \mu_i dn_i$ , используемую при традиционном

(Гиббсовом) описании. При этом вместо числа переменных ( $k + m$ ) достаточно одной независимой переменной  $\xi$ . Если в системе протекает  $r$  независимых р-ций, для описания системы нужно ввести  $r$  хим. переменных и  $r$  величин Х. с. А.

Х. с. и хим. переменную  $\xi$  обычно относят к т. наз. внутренним параметрам макроскопич. системы. Это означает, что, во-первых, А и  $\xi$  однозначно выражаются через параметры системы (хим. потенциалы, числа молей) и стехиометрич. коэф. и, во-вторых, А и  $\xi$  не характеризуют однозначно состояние термодинамич. равновесия ( $A = 0$  для всех состояний равновесия). В *термодинамике необратимых процессов* величина  $A/T$  рассматривается как обобщенная термодинамич. сила, а скорость хим. р-ции  $w = d\xi/dt$  ( $t$  – время) – как обобщенный поток. Произведение  $(A/T)w$  обуславливает произ-во энтропии в системе вследствие хим. реакции. Вблизи состояния термодинамич. равновесия постулируется связь между  $w$  и  $A/T$  типа:

$$w = L_{хим} A/T,$$

коэф.  $L_{хим}$  наз. хим. проводимостью.

Понятие Х. с. введено Т. де Донде в 1922.

Лит. см. прв ст. *Термодинамика необратимых процессов*, *Термодинамические потенциалы*.

М. В. Коробов.

**ХИМИЯ**, наука, изучающая строение в-в и их превращения, сопровождающиеся изменением состава и(или) строения. Хим. св-ва в-в (их превращения; см. *Реакции химические*) определяются гл. обр. состоянием внеш. электронных оболочек атомов и молекул, образующих в-ва; состояния ядер и внутр. электронов в хим. процессах почти не изменяются. Объектом хим. исследований являются *элементы химические* и их комбинации, т. е. атомы, простые (одноэлементные) и сложные (молекулы, ионы, ион-радикалы, карбены, свободные радикалы) хим. соед., их объединения (ассоциаты, кластеры, сольваты, клатраты и т. п.), материалы и др. Число хим. соед. огромно и все время увеличивается; поскольку Х. сама создает свой объект; к кон. 20 в. известно ок. 10 млн. хим. соединений.

Х. как наука и отрасль пром-сти существует недолго (ок. 400 лет). Однако хим. знание и хим. практика (как ремесло) прослеживаются в глубинах тысячелетий, а в примитивной форме они появились вместе с человеком разумным в процессе его взаимод. с окружающей средой. Поэтому строгая дефиниция Х. может основываться на широком, вневременном универсальном смысле – как области естествознания и человеческой практики, связанной с хим. элементами и их комбинациями.

Слово «химия» происходит либо от наименования Древнего Египта «Хем» («темный», «черный» – очевидно, по цвету почвы в долине реки Нил; смысл же назв. – «египетская наука»), либо от древнегреч. *chēmeía* – искусство выплавки металлов. Совр. назв. Х. производится от позднелат. *chīmia* и является интернациональным, напр. нем. *Chemie*, франц. *chimie*, англ. *chemistry*. Термин «Х.» впервые употребил в 5 в. греч. алхимик Зосима.

**История химии.** Как основанная на опыте практика, Х. возникла вместе с зачатками человеческого общества (использование огня, приготовление пищи, дубление шкур) и в форме ремесел рано достигла изоциренности (получение красок и эмалей, ядов и лекарств). Вначале человек использовал хим. изменения биол. объектов (брожение, гниение), а с полным освоением огня и горения – хим. процессы спекания и сплавления (гончарное и стекольное произ-ва), выплавку металлов. Состав древнеегипетского стекла (4 тыс. лет до н. э.) существенно не отличается от состава совр. бутылочного стекла. В Египте уже за 3 тыс. лет до н. э. выплавляли в больших кол-вах медь, используя уголь в качестве восстановителя (самородная медь применялась с незапамятных времен). Согласно клинописным источникам, развитое произ-во железа, меди, серебра и свинца существовало в Месопотамии также за 3 тыс. лет до н. э. Освоение хим. процессов произ-ва меди и бронзы, а затем и железа являлось ступенями эволюции

506

не только металлургии, но цивилизации в целом, изменяло условия жизни людей, влияло на их устремления.

Одновременно возникли и теоретич. обобщения. Напр., китайские рукописи 12 в. до н. э. сообщают о «теоретич.» построениях систем «основных элементов» (вода, огонь, дерево, золото и земля); в Месопотамии родилась идея рядов пар противоположностей, взаимод. к-рых «составляют мир»: мужское и женское, тепло и холод, влага и сухость и т. д. Очень важной была идея (астрологич. происхождения) единства явлений макрокосма и микрокосма.

К концептуальным ценностям относится и атомистич. учение, к-рое было развито в 5 в. до н. э. древнегреч. философиями Левкиппом и Демокритом. Они предложили аналоговую семантику. модель строения в-ва, имеющую глубокий комбинаторный смысл: комбинации по определенным правилам небольшого числа неделимых элементов (атомов и букв) в соединении (молекулы и слова) создают информационное богатство и разнообразие (в-ва и языки).

В 4 в. до н. э. Аристотель создал хим. систему, основанную на «принципах»: сухость – влажность и холод – тепло, с помощью попарных комбинаций к-рых в «первичной материи» он выводил 4 основных элемента (земля, воздух, вода и огонь). Эта система почти без изменений просуществовала 2 тыс. лет.

После Аристотеля лидерство в хим. знании постепенно перешло из Афин в Александрию. С этого времени создаются рецептуры получения хим. в-в, возникают «учреждения» (как храм Сераписа в Александрии, Египет), занимающиеся деятельностью, к-рую позже арабы называют «аль-химия».

В 4–5 вв. хим. знание проникает в Малую Азию (вместе с несторианством), в Сирии возникают философские школы, транслировавшие греч. натурфилософию и передавшие хим. знание арабам.

В 3–4 вв. возникла алхимия – философское и культурное течение, соединяющее мистику и магию с ремеслом и искусством. Алхимия внесла значит. вклад в лаб. мастерство и технику, получение многих чистых хим. в-в. Алхимики дополнили элементы Аристотеля 4 началами (масло, влажность, ртуть и сера); комбинации этих мистич. элементов и начал определяли индивидуальность каждого в-ва. Алхимия оказала заметное влияние на формирование западноевропейской культуры (соединение рационализма с мистикой, познания с созданием, специфич. культ золота), но не получила распространения в др. культурных регионах.

Джабир ибн Хайян, или по-европейски Гебер, Ибн Сина (Авиценна), Абу-ар-Рази и др. алхимики ввели в хим. обиход фосфор (из мочи), порох, мн. соли, NaOH, HNO<sub>3</sub>. Книги Гебера, переведенные на латынь, пользовались огромной популярностью. С 12 в. арабская алхимия начинает терять практич. направленность, а с этим и лидерство. Проникая через Испанию и Сицилию в Европу, она стимулирует работу европейских алхимиков, самыми известными из к-рых были Р. Бэкон и Р. Луллий. С 16 в. развивается практич. европейская алхимия, стимулированная потребностями металлургии (Г. Агрикола) и медицины (Т. Парацельс). Последний основал фармакологич. отрасль химии – я т р о х и м и ю и вместе с Агриколой выступал фактически как первый реформатор алхимии.

Х. как наука возникла в ходе научной революции 16–17 вв., когда в Западной Европе возникла новая цивилизация в результате череды тесно связанных революций: религиозной (Реформация), давшей новое толкование богоугодности земных дел; научной, давшей новую, механистич. картину мира (гелиоцентризм, бесконечность, подчиненность естественным законам, описание на языке математики); промышленной (возникновение фабрики как системы машин с использованием энергии ископаемого топлива); социальной (разрушение феодального и становление буржуазного общества).

Х., вслед за физикой Г. Галилея и И. Ньютона, могла стать наукой лишь на пути механицизма, к-рый задал основные нормы и идеалы науки. В Х. это было гораздо сложнее, чем в физике. Механика легко абстрагируется от особенностей индивидуального объекта. В Х. каждый частный объект

(в-во) – индивидуальность, качественно отличная от других. Х. не могла выразить свой предмет чисто количественно и на всем протяжении своей истории оставалась мостом между миром количества и миром качества. Однако надежды антимеханицистов (от Д. Дидро до В. Оствальда) на то, что Х. заложит основы иной, немеханистич. науки, не оправдались, и Х. развивалась в рамках, определенных ньютоновской картиной мира.

Более двух веков Х. вырабатывала представление о материальной природе своего объекта. Р. Бойль, заложивший основы рационализма и эксперим. метода в Х., в своем труде «Химик-скептик» (1661) развил представления о хим. атомах (корпускулах), различия в форме и массе к-рых объясняют качества индивидуальных в-в. Атомистич. представления в Х. подкреплялись идеологич. ролью атомизма в европейской культуре: человек-атом – модель человека, положенная в основу новой социальной философии.

Металлургич. Х., имевшая дело с р-циями горения, окисления и восстановления, кальцинации – прокаливания металлов (Х. называли пиротехникой, т. е. огненным искусством) – привлекла внимание к образующимся при этом газам. Я. ван Гельмонт, введший понятие «газ» и открывший углекислый газ (1620), положил начало п н е в м а т и ч. х и м и и. Бойль в работе «Огонь и пламя, взвешенные на весах» (1672), повторяя опыты Ж. Рея (1630) по увеличению массы металла при обжиге, пришел к выводу, что это происходит за счет «захвата металлом весомых частиц пламени». На границе 16–17 вв. Г. Шталь формулирует общую теорию Х. – теорию ф л о г и с т о н а (теплорода, т. е. «в-ва горючести», удаляющегося с помощью воздуха из в-в при их горении), к-рая освободила Х. от прудержавшейся 2 тыс. лет системы Аристотеля. Хотя М. В. Ломоносов, повторив опыты по обжигу, открыл закон сохранения массы в хим. р-циях (1748) и смог дать правильное объяснение процессам горения и окисления как взаимод. в-ва с частицами воздуха (1756), познание горения и окисления было невозможно без развития пневматич. химии. В 1754 Дж. Блэк открыл (повторно) углекислый газ («фиксированный воздух»); Дж. Пристли (1774) – кислород, Г. Кавендиш (1766) – водород («горючий воздух»). Эти открытия дали всю информацию, необходимую для объяснения процессов горения, окисления и дыхания, что и сделал А. Лавуазье в 1770–90-х гг., фактически похоронив этим теорию флогистона и стяжав себе славу «отца современной Х.».

К нач. 19 в. пневматохимия и исследование состава в-в приблизили химиков к пониманию того, что хим. элементы соединяются в определенных, эквивалентных соотношениях; были сформулированы законы постоянства состава (Ж. Пруст, 1799–1806) и объемных отношений (Ж. Гей-Люссак, 1808). Наконец, Дж. Дальтон, наиб. полно изложивший свою концепцию в сочинении «Новая система химической философии» (1808–27), убедил современников в существовании атомов, ввел понятие атомного веса (массы) и возвратил к жизни понятие элемента, но уже в совсем ином смысле – как совокупности атомов одного вида.

Гипотеза А. Авогадро (1811, принята научным сообществом под влиянием С. Канниццаро в 1860) о том, что частицы простых газов представляют собой молекулы из двух одинаковых атомов, разрешила целый ряд противоречий. Картина материальной природы хим. объекта была завершена с открытием периодич. закона хим. элементов (Д. И. Менделеев, 1869). Он связал количеств. меру (атомная масса) с качеством (хим. св-ва), вскрыл смысл понятия хим. элемент, дал химику теорию большой предсказательной силы. Х. стала совр. наукой. Периодич. закон узаконил собственное место Х. в системе наук, разрешил подспудный конфликт хим. реальности с нормами механицизма.

Одновременно шел поиск причин и сил хим. взаимодействия. Возникла дуалистич. (электрохим.) теория (Й. Берцелиус, 1812–19); введены понятия «валентность» и «хим. связь», к-рые наполнились физ. смыслом с развитием теории строения атома и квантовой Х. Им предшествовали интенсивные исследования орг. в-в в 1-й пол. 19 в., приведшие к разделению Х. на 3 части: *неорганическая химия, органическая химия*

и аналитическая химия (до 1-й пол. 19 в. последняя была основным разделом Х.). Новый эмпирич. материал (р-ции замещения) не укладывался в теорию Берцелиуса, поэтому были введены представления о группах атомов, действующих в р-циях как целое — радикалах (Ф. Вёлер, Ю. Либих, 1832). Эти представления были развиты Ш. Жераром (1853) в теорию типов (4 типа), ценность к-рой состояла в том, что она легко связывалась с концепцией валентности (Э. Франкленд, 1852).

В 1-й пол. 19 в. было открыто одно из важнейших явлений Х. — катализ (сам термин предложен Берцелиусом в 1835), очень скоро найдшее широкое практич. применение. В сер. 19 в. наряду с важными открытиями таких новых в-в (и классов), как анилин и красители (В. Перкин, 1856), были выдвинуты важные для дальнейшего развития Х. концепции. В 1857–58 Ф. Кекуле развил теорию валентности применительно к орг. в-вам, установил четырехвалентность углерода и способность его атомов связываться друг с другом. Этим был проложен путь теории хим. строения орг. соед. (структурной теории), построенной А. М. Бутлеровым (1861). В 1865 Кекуле объяснил природу ароматич. соед. Я. Вант-Гофф и Ж. Ле Бель, постулирував тетраэдрич. структуры (1874), проложили путь трехмерному взгляду на структуру в-ва, заложив основы *стереохимии* как важного раздела Х.

В сер. 19 в. одновременно было положено начало исследованиям в области *кинетики химической* и *термохимии*. Л. Вильгельми изучил кинетику гидролиза углеводов (впервые дав ур-ние скорости гидролиза; 1850), а К. Гульдберг и П. Вааге в 1864–67 сформулировали закон действующих масс. Г. И. Гесс в 1840 открыл основной закон термохимии, М. Бергто и В. Ф. Лугинин исследовали теплоты мн. р-ций. В это же время развиваются работы по *коллоидной химии*, *фотохимии* и *электрохимии*, начало к-рым было положено еще в 18 в.

Работами Дж. Гиббса, Вант-Гоффа, В. Нернста и др. создается *химическая термодинамика*. Исследования электропроводности р-ров и электролиза привели к открытию электролит. диссоциации (С. Аррениус, 1887). В этом же году Оствальд и Вант-Гофф основали первый журнал, посвященный *физической химии*, и она оформилась как самостоятельная дисциплина. К сер. 19 в. принято относить зарождение *агрохимии* и *биохимии*, особенно в связи с пионерскими работами Либиха (1840-е гг.) по изучению ферментов, белков и углеводов.

19 в. по праву м. б. назван веком открытий хим. элементов. За эти 100 лет было открыто более половины (50) существующих на Земле элементов. Для сравнения: в 20 в. открыто 6 элементов, в 18 в. — 18, ранее 18 в. — 14.

Выдающиеся открытия в физике в кон. 19 в. (рентгеновские лучи, радиоактивность, электрон) и развитие теоретич. представлений (квантовая теория) привели к открытию новых (радиоактивных) элементов и явления изотопии, возникновению *радиохимии* и *квантовой химии*, новым представлениям о строении атома и о природе хим. связи, дав начало развитию совр. Х. (химии 20 в.).

Успехи Х. 20 в. связаны с прогрессом аналит. Х. и физ. методов изучения в-в и воздействия на них, проникновением в механизмы р-ций, с синтезом новых классов в-в и новых материалов, дифференциацией хим. дисциплин и интеграцией Х. с другими науками, с удовлетворением потребностей совр. пром-сти, техники и технологии, медицины, строительства, сельского хозяйства и др. сфер человеческой деятельности в новых хим. знаниях, процессах и продуктах. Успешное применение новых физ. методов воздействия привело к формированию новых важных направлений Х., напр. *радиационной химии*, *плазменной химии*. Вместе с Х. низких температур (*криохимией*) и Х. высоких давлений (см. *Давление*), *сонохимией* (см. *Ультразвук*), *лазерной химией* и др. они стали формировать новую область — Х. экстремальных воздействий, играющую большую роль в получении новых материалов (напр., для электроники) или старых ценных материалов

сравнительно дешевым синтетич. путем (напр., алмазов или нитридов металлов).

На одно из первых мест в Х. выдвигаются проблемы предсказания функциональных св-в в-ва на основе знания его структуры и определения структуры в-ва (и его синтез), исходя из его функционального назначения. Решение этих проблем связано с развитием расчетных квантово-хим. методов и новых теоретич. подходов, с успехами в неорг. и орг. синтезе. Развиваются работы по генной инженерии и по синтезу соед. с необычными строением и св-вами (напр., высокотемпературные *сверхпроводники*, *фуллерены*). Все шире применяются методы, основанные на *матричном синтезе*, а также использующие идеи *планарной технологии*. Получают дальнейшее развитие методы, моделирующие биохим. р-ции. Успехи спектроскопии (в т. ч. сканирующей туннельной) открыли перспективы «конструирования» в-в на мол. уровне, привели к созданию нового направления в Х. — т. наз. н а н о т е х н о л о г и и. Для управления хим. процессами как в лаб., так и в пром. масштабе, начинают использоваться принципы мол. и надмол. организации ансамблей реагирующих молекул (в т. ч. подходы, основанные на *термодинамике иерархических систем*).

**Химия как система знания о в-вах и их превращениях.** Это знание содержится в запасе фактов — надежно установленных и проверенных сведений о хим. элементах и соед., их р-циях и поведении в природных и искусств. средах. Критерии надежности фактов и способы их систематизации постоянно развиваются. Крупные обобщения, надежно связывающие большие совокупности фактов, становятся научными законами, формулировка к-рых открывает новые этапы Х. (напр., законы сохранения массы и энергии, законы Дальтона, периодич. закон Менделеева). Теории, используя специфич. понятия, объясняют и прогнозируют факты более частной предметной области. По сути, опытное знание становится фактом только тогда, когда получает теоретич. толкование. Так, первая хим. теория — теория флогистона, будучи неверной, способствовала становлению Х., т. к. соединяла факты в систему и позволяла формулировать новые вопросы. Структурная теория (Бутлеров, Кекуле) упорядочила и объяснила огромный материал орг. Х. и обусловила быстрое развитие хим. синтеза и исследования структуры орг. соединений.

Х. как знание — система очень динамичная. Эволюционное накопление знаний прерывается революциями — глубокой перестройкой системы фактов, теорий и методов, с возникновением нового набора понятий или даже нового стиля мышления. Так, революцию вызвали труды Лавуазье (материалистич. теория окисления, внедрение количеств. методов эксперимента, разработка хим. номенклатуры), открытие периодич. закона Менделеева, создание в нач. 20 в. новых аналит. методов (микроанализ, хроматография). Революцией можно считать и появление новых областей, вырабатывающих новое видение предмета Х. и влияющих на все ее области (напр., возникновение физ. Х. на базе хим. термодинамики и хим. кинетики).

Хим. знание обладает развитой структурой. Каркас Х. составляют основные хим. дисциплины, сложившиеся в 19 в.: аналит., неорг., орг. и физ. Х. В дальнейшем в ходе эволюции структуры Х. образовалось большое число новых дисциплин (напр., биохимия, кристаллохимия), а также новая инженерная отрасль — *химическая технология*.

На каркасе дисциплин вырастает большая совокупность исследовательских областей, часть из к-рых входит в ту или иную дисциплину (напр., Х. элементоорг. соед. — часть орг. Х.), другие носят многодисциплинарный характер, т. е. требуют объединения в одном исследовании ученых из разных дисциплин (напр., исследование структуры биополимеров с использованием комплекса сложных методов). Третьи являются междисциплинарными, т. е. требуют подготовки специалиста нового профиля (напр., Х. нервного импульса).

Поскольку почти вся практич. деятельность людей связана с применением материи как в-ва, хим. знание необходимо во всех областях науки и технологии, осваивающих материальный мир. Поэтому сегодня Х. стала, наравне с математикой,

хранилищем и генератором такого знания, к-рое «пропитывает» почти всю остальную науку. То есть, выделяя Х. как совокупность областей знания, можно говорить и о хим. аспекте большинства других областей науки. На «границах» Х. существует множество гибридных дисциплин и областей.

На всех этапах развития как науки Х. испытывает мощное воздействие физ. наук – сначала ньютоновской механики, потом термодинамики, атомной физики и квантовой механики. Атомная физика дает знание, входящее в фундамент Х., раскрывает смысл периодич. закона, помогает понять закономерности распространенности и распределения хим. элементов во Вселенной, чему посвящены ядерная астрофизика и космохимия.

Фундам. влияние оказала на Х. термодинамика, устанавливающая принципиальные ограничения на возможность протекания хим. р-ций (хим. термодинамика). Х., весь мир к-рой был изначально связан с огнем, быстро освоила термодинамич. способ мышления. Вант-Гофф и Аррениус связали с термодинамикой исследование скорости р-ций (кинетика) – Х. получила совр. способ изучения процесса. Изучение хим. кинетики потребовало привлечения многих частных физ. дисциплин для понимания процессов переноса в-в (см., напр., Диффузия, Массообмен). Расширение и углубление математизации (напр., применение мат. моделирования, графов теории) позволяет говорить о формировании мат. Х. (ее предсказал Ломоносов, назвав одну из своих книг «Элементы математической химии»).

**Язык химии. Система информации.** Предмет Х. – элементы и их соед., хим. взаимод. этих объектов – обладает огромным и быстро растущим разнообразием. Соответственно сложен и динамичен язык Х. Его словарь включает назв. элементов, соединений, хим. частиц и материалов, а также понятия, отражающие структуру объектов и их взаимодействие. Язык Х. имеет развитую морфологию – систему префиксов, суффиксов и окончаний, позволяющих выразить качественное многообразие хим. мира с большой гибкостью (см. *Наomenclatura химическая*). Словарь Х. переведен на язык символов (знаков, ф-л, ур-ний), к-рые позволяют заменить текст очень компактным выражением или зрительным образом (напр., пространств. модели). Создание научного языка Х. и способа записи информации (прежде всего на бумаге) – один из великих интеллектуальных подвигов европейской науки. Международное сообщество химиков сумело наладить конструктивную всемирную работу в столь противоречивом деле, как выработка терминологии, классификации и номенклатуры. Было найдено равновесие между обычным языком, историческими (тривиальными) названиями хим. соединений и их строгими формульными обозначениями. Создание языка Х. – удивительный пример сочетания очень высокой мобильности и прогресса с устойчивостью и преемственностью (консерватизмом). Совр. хим. язык позволяет очень коротко и однозначно записывать огромный объем информации и обмениваться ею между химиками всего мира. Созданы машиночитаемые версии этого языка.

Многообразие объекта Х. и сложность языка делают информационную систему Х. наиб. крупной и изощренной во всей науке. Ее основу составляют *химические журналы*, а также монографии, учебники, справочники. Благодаря рано возникшей в Х. традиции международной координации, более века назад сложились нормы описания хим. в-в и хим. р-ций и положено начало системы периодически пополняющихся указателей (напр., указатель орг. соед. Бейльштейна; см. также *Химические справочники и энциклопедии*). Огромные масштабы хим. литературы уже 100 лет назад побудили искать способы ее «сжатия». Возникли реферативные журналы (РЖ); после 2-й мировой войны в мире издавалось два максимально полных РЖ: «Chemical Abstracts» и «РЖ Химия». На базе РЖ развиваются автоматизир. *информационно-поисковые системы*.

**Химия как социальная система** – крупнейшая часть всего сообщества ученых. На формирование химика как типа ученого оказали влияние особенности объекта его науки и способа деятельности (хим. эксперимента). Трудности мат.

формализации объекта (по сравнению с физикой) и в то же время многообразие чувственных проявлений (запах, цвет, биол. и др. активность) с самого начала ограничивали господство механицизма в мышлении химика и оставляли значит. поле для интуиции и артистизма. Кроме того, химик всегда применял инструмент немеханич. природы – огонь. С другой стороны, в отличие от устойчивых, данных природой объектов биолога, мир химика обладает неисчерпаемым и быстро нарастающим многообразием. Неустраима таинственность нового в-ва придавала мироощущению химика ответственность и осторожность (как социальный тип химик консервативен). Хим. лаборатория выработала жесткий механизм «естественного отбора», отторжения самонадеянных и склонных к ошибкам людей. Это придает своеобразие не только стилю мышления, но и духовно-нравственной организации химика.

Сообщество химиков состоит из людей, профессионально занимающихся Х. и относящих самих себя к этой области. Примерно половина из них работает, однако, в других областях, обеспечивая их хим. знанием. Кроме того, к ним примыкает множество ученых и технологов – в большой мере химиков, хотя уже и не относящих себя к химикам (освоение навыков и умений химика учеными других областей затруднено из-за указанных выше особенностей предмета).

Как и любое другое сплоченное сообщество, химики имеют свой профессиональный язык, систему воспроизводства кадров, систему коммуникаций [журналы, конгрессы и т.д.], свою историю, свои культурные нормы и стиль поведения.

**Методы исследования.** Особая область хим. знания – методы хим. эксперимента (анализа состава и структуры, синтеза хим. в-в). Х. – наиб. ярко выраженная эксперим. наука. Набор навыков и приемов, к-рыми должен владеть химик, очень широк, а комплекс методов быстро растет. Поскольку методы хим. эксперимента (особенно анализа) используются почти во всех областях науки, Х. разрабатывает технологии для всей науки и объединяет ее методически. С другой стороны, Х. проявляет очень высокую восприимчивость к методам, рожденным в др. областях (прежде всего физике). Ее методы носят в высшей степени междисциплинарный характер.

В исследоват. целях в Х. используется огромный набор способов воздействия на в-во. Вначале это были термич., хим. и биол. воздействия. Затем добавились высокие и низкие давления, мех., магн. и электр. воздействия, потоки ионов и элементарных частиц, лазерное излучение и др. Сейчас все больше этих способов проникает в технологию произ-ва, что открывает новый важный канал связи науки с произ-вом.

**Организации и учреждения.** Хим. исследования – особый тип деятельности, выработавший соответствующую систему организаций и учреждений. Особым типом учреждения стала хим. лаборатория, устройство к-рой отвечает основным ф-циям, выполняемым в коллективе химиков. Одну из первых лабораторий создал Ломоносов в 1748, на 76 лет раньше, чем хим. лаборатории появились в США. Пространств. строение лабораторий и ее оборудование позволяют хранить и использовать большое число приборов, инструментов и материалов, в т.ч. потенциально очень опасных и несовместимых между собой (легко воспламеняющихся, взрывчатых и ядовитых).

Эволюция методов исследования в Х. привела к дифференциации лабораторий и выделению множества методич. лабораторий и даже приборных центров, к-рые специализируются на обслуживании большого числа коллективов химиков (анализы, измерения, воздействие на в-во, расчеты и т.д.). Учреждением, объединяющим работающие в близких областях лаборатории, с кон. 19 в. стал исследоват. ин-т (см. *Химические институты*). Очень часто хим. ин-т имеет опытное производ-во – систему полупром. установок для изготовления небольших партий в-в и материалов, их испытания и отработки технол. режимов.

Подготовка химиков ведется на хим. факультетах университетов или в специализир. высших учебных заведениях, к-рые отличаются от других большой долей практикума и интенсивным использованием демонстрационных опытов в теоретич. курсах. Разработка хим. практикумов и лекцион-

ных опытов – особый жанр хим. исследований, педагогики и во многом искусства. Начиная с сер. 20 в. подготовка химиков стала выходить за рамки вуза, охватывать более ранние возрастные группы. Возникли специализир. хим. средние школы, кружки и олимпиады. В СССР и России была создана одна из лучших в мире систем доинститутской хим. подготовки, развит жанр популярной хим. литературы.

Для хранения и передачи хим. знания существует сеть издательств, библиотек и информационных центров. Особый тип учреждений Х. составляют национальные и международные органы управления и координации всей деятельностью в этой сфере – государственные и общественные (см., напр., *Международный союз теоретической и прикладной химии*).

Система учреждений и организаций Х. – сложный организм, к-рый «вырачивался» 300 лет и во всех странах рассматривается как большое национальное достояние. Лишь две страны в мире обладали целостной системой организации Х. по структуре знания и по структуре ф-ций – США и СССР.

**Химия и общество.** Х. – наука, диапазон отношений к-рой с обществом всегда был очень широк – от восхищения и слепой веры («химизация всего народного хозяйства») до столь же слепого отрицания («нитратный бум») и хемофобии. На Х. был перенесен образ алхимика – мага, скрывающего свои цели и обладающего непонятной силой. Яды и порох в прошлом, нервно-паралитич. и психотропные в-ва сегодня – эти инструменты власти обывденное сознание ассоциирует с Х. Поскольку хим. пром-сть является важным и необходимым компонентом экономики, хемофобия нередко сознательно разжигается в конъюнктурных целях (искусств. экологич. психозы).

На деле Х. является системообразующим фактором совр. общества, т. е. совершенно необходимым условием его существования и воспроизводства. Прежде всего потому, что Х. участвует в формировании совр. человека. Из его мировоззрения нельзя изъять видение мира через призму понятий Х. Более того, в индустриальной цивилизации человек сохраняет свой статус члена общества (не маргинализуется) лишь в том случае, если достаточно быстро осваивает новые хим. представления (для чего служит целая система популяризации Х.). Вся техносфера – искусственно созданный окружающий человека мир – все быстрее насыщается продуктами хим. произ-ва, обращение с к-рыми требует высокого уровня хим. знаний, навыков и интуиции.

В кон. 20 в. все более ощущается общее несоответствие обществу ин-тов и обывденного сознания индустриального общества уровень химизации совр. мира. Это несоответствие породило цепь противоречий, ставших глобальной проблемой и создающих качественно новую опасность. На всех социальных уровнях, включая научное сообщество в целом, растет отставание уровня хим. знаний и навыков от хим. реальности техносферы и ее воздействия на биосферу. Хим. образование и воспитание в общей школе скудеет. Увеличивается пропасть между хим. подготовкой политиков и потенциальной опасностью неверных решений. Организация новой, адекватной реальности системы всеобщего хим. образования и освоение хим. культуры становится условием безопасности и устойчивого развития цивилизации. На время кризиса (к-рый обещает быть долгим) неизбежна переориентация приоритетов Х.: от знания ради улучшения условий жизни к знанию ради гарантир. сохранения жизни (от критерия «максимизации выгоды» к критерию «минимизации ущерба»).

**Прикладная химия.** Практическое, прикладное значение Х. состоит в осуществлении контроля над хим. процессами, протекающими в природе и техносфере, в произ-ве и преобразовании нужных человеку в-в и материалов. В большинстве отраслей произ-ва вплоть до 20 в. доминировали процессы, унаследованные от ремесленного периода. Х. раньше других наук стала порождать произ-ва, сам принцип к-рых был основан на научном знании (напр., синтез анилиновых красителей).

Состояние хим. пром-сти во многом определяло темпы и направление индустриализации и политич. ситуацию (как,

напр., не предвиденное странами Антанты создание крупнотоннажного произ-ва аммиака и азотной кислоты Германией по методу Гебера – Боша, что обеспечило ей достаточное для ведения мировой войны кол-во взрывчатых в-в). Развитие пром-сти минер. удобрений, а затем и ср-в защиты растений резко повысило продуктивность сельского хозяйства, что стало условием урбанизации и быстрого развития индустрии. Замена техн. культур искусств. в-вами и материалами (ткани, красители, заменители жиров и др.) равноценно значит. увеличению продовольств. ресурсов и сырья для легкой пром-сти. Состояние и экономич. эффективность машиностроения и стр-ва все больше определяется разработкой и произ-вом синтетич. материалов (пластмасс, каучуков, пленок и волокон). Развитие новых систем связи, к-рые в ближайшем будущем кардинально изменят и уже начали менять облик цивилизации, определяется разработкой оптоволоконных материалов; прогресс телевидения, информатики и компьютеризации связан с разработкой элементной базы микроэлектроники и мол. электроники. В целом развитие техносферы во многом зависит сегодня от ассортимента и кол-ва выпускаемых хим. пром-стью продуктов. Качество многих хим. продуктов (напр., лакокрасочных материалов) влияет и на духовное благополучие населения, т. е. участвует в формировании высших ценностей человека.

Невозможно переоценить роль Х. в развитии одной из важнейших проблем, стоящих перед человечеством, – защите окружающей среды (см. *Охрана природы*). Здесь задача Х. состоит в разработке и усовершенствовании методов обнаружения и определения антропогенных загрязнений, изучении и моделировании хим. р-ций, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере, создании безотходных или малоотходных хим. произ-в, разработке способов обезвреживания и утилизации пром. и бытовых отходов.

*Лит.:* Фигуровский Н. А., Очерк общей истории химии, т. 1–2, М., 1969–79; Кузнецов В. И., Диалектика развития химии, М., 1973; Соловьев Ю. И., Трифонов Д. Н., Шамин А. Н., История химии. Развитие основных направлений современной химии, М., 1978; Джуа М., История химии, пер. с итал., М., 1975; Лёгасов В. А., Буаченко А. Л., «Успехи химии», 1986, т. 55, в. 12, с. 1949–78; Фрэнкмантл М., Химия в действии, пер. с англ., ч. 1–2, М., 1991; Пьментел Дж., Купрод Дж., Возможности химии сегодня и завтра, пер. с англ., М., 1992; Partington J. R., A history of chemistry, v. 1–4, L.–N. Y., 1961–70. С. Г. Кара-Мурза, Т. А. Айзатулин.

**ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**, изучает кинетику и механизм р-ций, к-рые характеризуются существенно неравновесными концентрациями быстрых, возбужденных или ионизир. частиц, обладающих избыточной энергией по сравнению с энергией их теплового движения, а часто и с энергией хим. связей. Термин введен в СССР в нач. 60-х гг. Осн. разделы Х. в. э.: *лазерная химия, плазмохимия, радиационная химия, фотохимия*, а также изучение хим. р-ций в пучках быстрых атомов, ионов или молекул, ряд проблем *механохимии* и *ядерной химии*. Хотя р-ции, изучаемые в разл. разделах Х. в. э., инициируются или ускоряются под действием разл. факторов, их объединяет общность элементарных хим. процессов с участием электронов, ионов, свободных радикалов, ион-радикалов, электронно-возбужденных и быстрых атомов и молекул. Реализуются новые механизмы р-ций, мало вероятные в равновесных системах при обычных т-рах. Другая характерная черта Х. в. э. – общность методов исследования в разных ее направлениях. Широко распространены оптич. методы, масс-спектрометрия, радиоспектроскопия, а также эксперим. методы квантовой электроники, атомной и ядерной физики.

К осн. фундам. достижениям Х. в. э. относятся открытия *сольватированного электрона, ионно-молекулярных реакций* орг. соед. в газовой фазе, селективного возбуждения и диссоциации определенных хим. связей под действием лазерного излучения, низкотемпературного предела скорости хим. р-ций, многоквантовых фотохим. р-ций (см. *Двухквантовые реакции*), установление зависимости течения р-ций от кинетич. энергии и энергии возбуждения взаимодействующих молекул, от их взаимной ориентации, объяснение механизмов разрушения слоя озона в верхней атмосфере.

Х. в. э. находит важное практич. применение в хим. синтезе, направленном модифицировании существующих и созда-



нии новых материалов (напр., древесных пластиков и др. композиц. материалов, тугоплавких металлов и разл. соед. высокой степени чистоты, порошков с ультравысокой дисперсностью), в развитии методов обработки пов-стей и нанесения покрытий, создании новых способов очистки и переработки производств. отходов, разработке путей повышения стойкости хим. соед. и разл. материалов по отношению к действию ионизирующих излучений.

Лит.: Бугаенко Л. Т., Кузьмин М. Г., Полак Л. С., *Химия высоких энергий*, М., 1988; Пикаев А. К., «Ж. Всесоюз. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1990, т. 35, № 5, с. 534–39. В. И. Гольданский.

**ХИМИЯ ДРЕВЕСИНЫ**, наука о хим. св-вах древесины, ее компонентов и их превращениях; теоретич. основа мн. произ-в хим. и хим.-мех. переработки древесины и продуктов из нее. Наряду с гл. составными частями древесины (целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин; 90–95% по массе в расчете на сухую древесину) Х. д. рассматривает также количественно второстепенные составные части как древесины, так и корневой, сучьев, коры, листьев и хвои древесных пород (т. наз. экстрактивные в-ва – танины, терпеноиды, каротиноиды, пигменты, витамины, липиды, белки, углеводы и др.); 5–10%). См. также *Бумага, Гемицеллюлозы, Гидролизные производства, Древесина, Лесохимия, Лигнин, Целлюлоза*.

Лит.: Никитин Н. И., *Химия древесины и целлюлозы*, М. – Л., 1962; *Химия древесины*, под ред. Б. Л. Браунига, пер. с англ., М., 1967; Богомолов Б. Д., *Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений*, М., 1973; *Химия древесины*, пер. с фин., М., 1982; *Древесина. Химия, ультраструктура, реакция*, пер. с англ., М., 1988. А. М. Чащин.

**ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА** (химия твердого состояния), раздел физ. химии, изучающий строение, св-ва и методы получения твердых в-в. Х. т. т. связана с физикой твердого тела, кристаллографией, минералогией, физ.-хим. механикой, механохимией, радиационной химией, является основой технологии неорг., полимерных и композиц. материалов.

Основные задачи Х. т. т.: установление взаимосвязи структуры твердых тел с их св-вами, обоснование путей создания материалов с улучшенными эксплуатационными св-вами, разработка теории строения и реакц. способности твердых тел.

В Х. т. т. используется особый набор методов исследования (*дифракционные методы, электронная микроскопия и др.*).

Накопление фактов в областях, ныне относимых к Х. т. т., шло в течение неск. столетий, однако как самостоятельная наука она сформировалась в сер. 20 в. гл. обр. в связи с развитием электроники и технологии неорг. материалов.

Особенности строения твердых в-в проявляются прежде всего в наличии у них ближнего (аморфные в-ва и стекла) и дальнего (кристаллы) порядка, а также в способности многих твердых в-в отклоняться от законов *стехиометрии*. Еще в нач. 19 в. эта способность вызвала научную дискуссию между К. Бертолле, отстаивавшем возможность непрерывного изменения состава твердого в-ва, и Ж. Прустом, к-рый придерживался победившей тогда точки зрения о постоянстве состава. После введения в кон. 19 в. понятия твердого р-ра (Я. Вант-Гофф, 1890) и разработки основ физ.-хим. анализа (Г. Тамман, нач. 20 в.; Н. С. Курнаков, 1913) проблема противопоставления в-в постоянного состава (дальтонилов) и в-в переменного состава (бертоллидов) возникла вновь, причем бертоллиды рассматривались как твердые р-ры неустойчивых в твердом состоянии в-в.

Основы Х. т. т., как считается, заложил А. Муассан, к-рый в 1892 ввел в лаб. практику электродуговые печи и положил начало исследованиям св-в твердых тел при высоких т-рах.

Открытие дифракции рентгеновских лучей (М. Лауэ, 1912) и развитие кристаллохимии (В. Гольдшмидт, Л. Полинг, А. В. Шубников, Н. В. Белов, А. И. Китайгородский) позволили глубже понять структуру твердых в-в и не только обосновать существование обширного класса нестехиометрич. в-в, но и ввести понятие *нестехиометрии*.

Еще одна важнейшая особенность строения твердых в-в – отличие идеальной структуры кристаллов от реальной, дефектной структуры (см. *Дефекты*). Основой физ. химии кристаллов с дефектами послужили работы Я. И. Френкеля (1926), В. Шоттки и К. Вагнера (1930). Вагнер в работах 1930–40-х гг. установил зависимость реакционной способности твердых тел от характера дефектов.

На св-ва и поведение твердых тел влияют также состояние твердого тела (кристаллическое или аморфное), тип кристаллич. модификации, наличие и характер фазовых переходов.

Р-ции твердых тел носят топохим. характер (см. *Топохимические реакции*) и зачастую определяются скоростью диффузии в твердых телах. Диффузия здесь отличается от диффузии в газах и жидкостях: она может протекать на внешней пов-сти, по границам кристаллитов, в объеме твердого тела и характеризуется высокими значениями кажущейся энергии активации.

Одна из важнейших концепций в кинетике твердофазных р-ций (введена С. Хиншелвудом в 1925) состоит в протекании процессов в результате последовательного образования и роста на пов-сти или в объеме исходной фазы зародышей новой твердой фазы.

В Х. т. т. используется очень широкий набор методов синтеза – с применением низких и сверхвысоких т-р, рекордно высоких давлений и сверхглубокого вакуума, сильнейших центробежных полей, разнообразных физ. методов активирования процессов, при полном отсутствии гравитации. См., напр., *Реакции в твердых телах, Самораспространяющийся высокотемпературный синтез*.

Важными этапами в развитии Х. т. т. явилось создание совр. методов выращивания монокристаллов больших размеров (см. *Монокристаллы выращивания*) из расплава, из перегретых водных р-ров (см. *Гидротермальные процессы*), разработка процесса выращивания по механизму пар – жидкость – кристалл, методов зонной плавки кристаллов, методов управления св-вами кристалла путем наложения при его выращивании магнитных и электрич. полей. Значительное место в Х. т. т. занимает получение и исследование св-в пленок и покрытий.

Новую область в Х. т. т. открыло создание методов получения аморфных твердых материалов путем *химического осаждения из газовой фазы* с плазменной активацией. Таким путем получены необычные «сплавы» полупроводниковых элементов с водородом, фтором, азотом и др. легкими элементами, тройные и более сложные композиции, многие из к-рых обладают уникальными св-вами и имеют широкие перспективы практич. применения. Основой микроэлектроники является *планарная технология*, разработанная в США в 1959.

Среди новейших направлений развития Х. т. т. – синтез и изучение высокотемпературных сверхпроводников, открытых К. Мюллером и Дж. Беднорцем (1986), создание и исследование св-в «наноструктурированных» материалов, к-рые состоят из частиц размером 1–15 нм или пленок толщиной 1–15 нм. Относительно большая доля пограничных (приповерхностных) слоев определяет значительные (иногда на неск. порядков) отличия св-в наноструктурированных материалов от св-в кристаллов и стекол того же состава. Разрабатываются методы получения (нанотехнология) наноматериалов, а также гетероструктур с размерами составляющих их элементов (слоев) от 1 до 10 нм.

Особенности физ. и физ.-хим. св-в твердых в-в см. в ст. *Аморфное состояние, Кристаллы, Стеклообразное состояние, Твердое тело*, в статье об отдельных видах материалов: *Диэлектрики, Магнитные материалы, Полупроводники, Сверхпроводники и др.*; особенности р-ций твердых в-в – в ст. *Коррозия металлов, Металлов окисление, Травление и др.*

Лит.: *Препаративные методы в химии твердого тела*, под ред. П. Хагемюллера, пер. с англ., М., 1976; Болдырев В. В., Ляхов Н. З., Чупакин А. П., *Химия твердого тела*, М., 1982; Чеботни В. Н., *Физическая химия твердого тела*, М., 1982; Браун М., Доллимор Д., Галвей А., *Реакции твердых тел*, пер. с англ., М., 1983; Гилевич М. П., Покровский И. И., *Химия твердого тела*, Минск, 1985; Третьяков Ю. Д., Лепяев Х., *Химия и технология твердофазных материалов*, М., 1985; Вест А., *Химия твердого тела. Теория и приложения*, пер. с англ., ч. 1–2, М., 1988; Рао Ч. Р., *Новые направления в химии твердого тела*, пер. с англ., Новосибир., 1990. Э. Г. Раков.

**ХИММОТОЛОГИЯ** (от *химия* и лат. motor – приводящий в движение и греч. logos – наука), область знаний о св-вах, качестве и рациональном использовании горючих и смазочных материалов (ГСМ) в технике (двигателях, особенно внутр.

сгорания, машинах и механизмах). Термин «Х.» впервые предложен в СССР (К. К. Паюк, 1964).

Х. возникла и развивается на стыке орг., физ. и коллоидной химии, нефтехимии, физики, экономики и экологии. Формирование Х. в самостоят. направление науки обусловлено увеличением объемов потребления ГСМ, возрастанием их значения в обеспечении надежности и долговечности техники. Кроме того, перед Х. в последнее время остро встали две относительно новые проблемы: 1) стабилизация добычи нефти и получение моторных топлив из альтернативного сырья (см. *Альтернативные топлива*); 2) изучение и улучшение экологич. св-в ГСМ в связи с тем, что влияние мн. видов транспорта на окружающую среду зависит от состава и св-в применяемых топлив и масел (прекращение произ-ва этилил. бензинов, разработка т. наз. городского дизельного топлива, снижение расхода смазочных масел на угар и т. д.).

Задачи Х. можно условно разделить на 3 группы. Первая из них связана с оптимизацией качества ГСМ, обеспечением наиб. полного соответствия эксплуатац. св-в ГСМ требованиям двигателей. Решение задач этой группы базируется на исследовании комплекса физ.-хим. процессов, протекающих при использовании ГСМ (испарение, смесеобразование, сгорание, лако- и нагарообразование, коррозионный и мех. износ и т. д.). Эта же группа включает работы по оценке эффективности путей улучшения качества ГСМ (новые компоненты, методы очистки, присадки, добавки и др.) и расширения их ресурсов (напр., альтернативные топлива, синтетич. смазочные материалы).

Цель задач второй группы – повышение эффективности применения ГСМ в условиях эксплуатации. К этой группе относятся разработка и научное обоснование норм расхода ГСМ, сроков их хранения, принципов классификации, унификации сортов и марок, взаимозаменяемости, методов восстановления качества некондиционных топлив и регенерации отработавших смазочных материалов. Третья группа задач посвящена разработке и совершенствованию методов оценки качества ГСМ. В эту группу входят также исследования по совершенствованию приборов и методов аналит. контроля качества топлив и масел, совершенствованию стандартов и техн. условий на них и методы их анализа.

Одно из наиб. крупных достижений Х. – разработка новой системы первичной оценки эксплуатац. св-в ГСМ, т. наз. комплексов их квалификац. испытаний. Ранее эти св-ва оценивались гл. обр. при испытаниях на полноразмерных машинах в стендовых или эксплуатац. условиях в течение 2–3 лет с затратой больших материальных ср-в. В соответствии с новой системой каждое св-во топлива либо масла «расчленяют» или «разделяют» на простые составляющие, оценка к-рых возможна ускоренными лаб. методами, получившими назв. квалификационных. Суммирование результатов определения указанных составляющих позволяет объективно и всесторонне оценить в целом любое эксплуатац. св-во. Комплекс квалификац. методов по всем св-вам того или иного вида ГСМ дает возможность оценить его пригодность к употреблению в течение 1,5–2 мес при небольших затратах. Отечествен. система квалификац. оценки св-в топлив и масел применяется более 20 лет и уже дала большой экономич. эффект.

Осн. задачей Х. на перспективу остается создание научных основ и рекомендаций по экономии топливно-энергетич. ресурсов и обеспечению двигателей, машин и механизмов высококачеств. ГСМ с широкими сырьевыми ресурсами.

Лит.: Паюк К. К., Рагозин Н. А., Словарь по топливам, маслам, смазкам, присадкам и специальным жидкостям, 4 изд., М., 1975, с. 333–37; Гуреев А. А., Фужс И. Г., Лашхи В. Л., Химотология, М., 1986.

А. А. Гуреев.

**ХИМОЗИН** (реннин, сычужный фермент), фермент класса гидролаз, катализирующий гидролиз пептидных связей, образованных преим. остатками гидрофобных аминокислот; относится к эндопептидазам.

Мол. м. бычьего Х. ок. 35 тыс.; оптимальная каталитич. активность при рН 3–4 (для синтетич. пептидов обычно при рН 4–5); рI 4,6. Активный центр Х. (он близок по строению активному центру пепсина) содержит два остатка аспараги-

новой к-ты, избирательно модифицируемых эпокси- и диазосоединениями. Образуется Х. в слизистой желудка теллят из предшественника (прохимозина) в результате отщепления от него 42-членного пептида при рН < 5.

Р-ры Х. стабильны при рН 5,3–6,3; при рН ок. 3,5 и выше 7,0 фермент быстро теряет свою активность, однако при рН 2 р-р Х. относительно стабилен.

Х. ингибируется пепстатином (пепт. пентапептид, синтезируемый бактериями стрептомицетами). Фермент используют в произ-ве сыров (обуславливает свертывание молока в результате гидролиза пептидных связей казеина).

Лит.: Foltmann B., «Methods in Enzymology», 1970, v. 19, p. 421–36; Visser S., Van Rooijen P. J., Slangen C. J., «Eur. J. Biochem.», 1980, v. 108, № 2, p. 415–21.

Л. Д. Румш.

**ХИМОТРИПСИН**, фермент класса гидролаз, катализирующий гидролиз пептидных связей, удаленных от концов белковой цепи (эндопептидаза). С наиб. скоростью катализирует гидролиз связей, образованных карбоксильными группами гидрофобных аминокислот. Гидролизует также сложные эфиры и амиды, образованные этими аминокислотами.

Х. – фермент большинства позвоночных, синтезируется в поджелудочной железе в форме неактивного предшественника (профермента, или зимогена) химотрипсиногена, к-рый в двенадцатиперстной кишке под действием трипсина подвергается протеолиту с образованием Х.

Трипсин гидролизует в проферменте 4 пептидные связи и удаляет из молекулы два дипептида в положениях 14–15 и 147–148. Образовавшиеся три фрагмента молекулы Х. остаются соединенными двумя дисульфидными связями. Х. вместе с трипсином участвует в расщеплении белков в тонком кишечнике.

Секретируются две разные формы Х. – А и В, различающиеся по аминокислотному составу. Наиб. хорошо изучена α-модификация Х. А быка (α-Х; мол. м. 25 тыс.), образование к-рой из профермента идет через промежут. модифицир. формы Х. А (β, γ, π и δ). В ферменте имеется 6 связей S–S; размеры молекулы близки к сферической (5,5 × 3,5 × 3,8 нм). Макс. каталитич. активность α-Х. проявляется при рН 7,8–9,0; рI ок. 8.

Для проявления каталитич. действия Х. наиб. существенны группы: гидроксильная серина-195 (принято, что нумерация аминокислотных остатков в Х. соответствует их положениям в проферменте), имидазольная гистидина-57 и карбоксильная аспарагиновой к-ты-102 («активная триада»). Стабилизацию этой триады осуществляет ионная связь между α-аминогруппой изолейцина-16 и карбоксильной группой аспарагиновой к-ты-194.

Сорбция субстрата в активном центре α-Х. обеспечивается гидрофобной полостью. Ее размеры 1,0 × 0,5 × 0,4 нм оптимальны для связывания боковых цепей остатков гидрофобных аминокислот (триптофан, фенилаланин, лейцин, тирозин), а конфигурация допускает лишь определенную ориентацию субстрата. Механизм каталитич. гидролиза включает стадию сорбции субстрата, расщепления пептидной связи с образованием ацилфермента и послед. переноса ацильной группы на нуклеоф. акцептор.

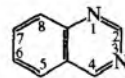
Ингибиторы Х. – ионы тяжелых металлов, борорг. к-ты, динизопропилфторфосфат и др.

Недостаток или избыток Х. проявляется в нарушениях пищеварения. Фермент применяют в медицине для расщепления некротизир. тканей, разжижения и облегчения выделения мокроты, при тромбозах и др.

Лит.: Березин И. В., Мартинек К., Основы физической химии ферментативного катализа, М., 1977, с. 126–70; Диксон М., Уэбб Э., Ферменты, пер. с англ., т. 1, М., 1982; Blow D. M., в кн.: The Enzymes, 3 ed., ed. by P. D. Boyer, v. 3, N. Y.–L., 1971, p. 185–212.

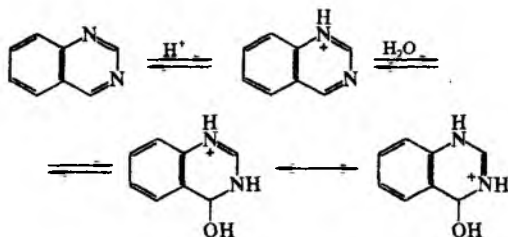
Н. Ф. Казанская.

**ХИНАЗОЛИН**, мол. м. 130,15; бесцв. кристаллы; т. пл. 48–49 °С, т. кип. 243 °С; μ 7,33·10<sup>-30</sup> Кл·м; сравнительно сильное основание (рK<sub>d</sub> 1,9). Хорошо раств. в водных р-рах сильных к-т, большинстве орг. р-рителей, не раств. в воде. Со мн. неорг. и нек-рыми орг. (напр., пикриновой) к-тами об-

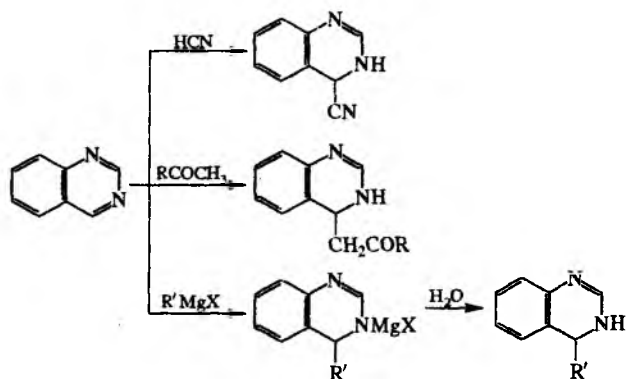


разует устойчивые одноосновные соли. При нагревании с водными р-рами к-т и щелочей разлагается на бензальдегид и муравьиновую к-ту.

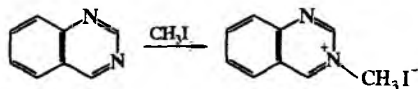
X. — π-дефицитное гетероароматич. соед. Легко протонируется в разб. к-тах, при этом образующийся катион хинаязолина обратимо присоединяет воду по связи N-3 — C-4:



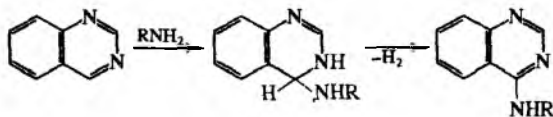
По этой же связи легко присоединяет разл. нуклеоф. агенты с образованием 4-замещенных производных 3,4-дигидрохинаязолина, напр.:



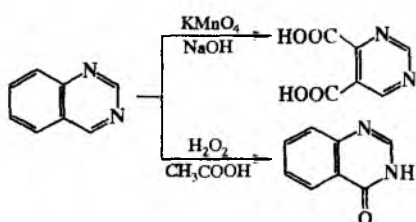
Алкилирование X. протекает гл. обр. в положение 3, напр.:



Электроф. замещение в X. происходит по бензольному кольцу, напр. при действии смеси дымящей HNO<sub>3</sub> и конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> образуется 6-нитрохинаязолин (выход 56%). С NaNH<sub>2</sub>, аминами и гидразином X. реагирует по механизму последоват. присоединения — отщепления, давая 4-замещенные хинаязолины, напр.:

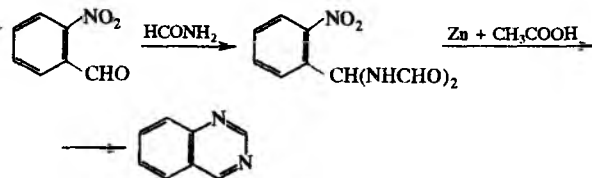


X. устойчив к окислению, однако при действии KMnO<sub>4</sub> в щелочной среде происходит расщепление бензольного кольца, приводящее к 4,5-пиримидиндикарбоновой к-те; при действии H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в среде CH<sub>3</sub>COOH окисление проходит через образование протонир. гидрата и приводит к 3,4-дигидро-4-хинаязолону:



При восстановлении Na или амальгамой Na в C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH X. превращается в 1,2,3,4-тетрагидрохинаязолин.

X. синтезируют восстановит. циклизацией диформамидного производного нитробензальдегида по р-ции:



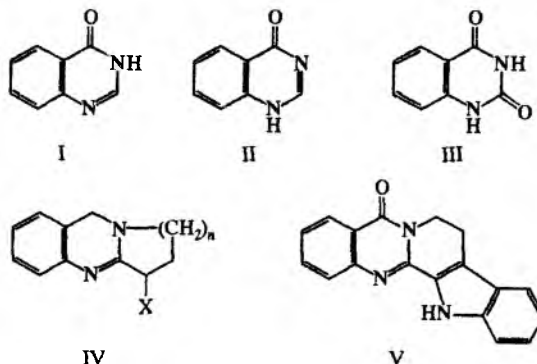
X. — структурный фрагмент хинаязолиновых алкалоидов (вазицина, фебрифутина, эводимина, рутекарпина и др.). Нек-рые производные X. обладают спотворным (метакавтон) и диуретич. действием, являются исходными соед. в синтезе нек-рых красителей (напр., 6-нитро-2,4-дихлорхинаязолин) и транквилизаторов либриума и валиума (напр., 2-хлорметил-6-хлор-4-фенилхинаязолин-3-оксид), используются как красители в цветной фотографии.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдери, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 268; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 160; Fused pyrimidines, ed. by D. I. Brown, pt 1; Armarego W. L. F., Quinoxalines, N. Y., 1967.

Р. А. Караханов, В. И. Келарев.

**ХИНАЗОЛИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ**, содержат в молекуле скелет хинаязолина. Включают более 50 соединений. Выделены из растений 10 семейств, в частности акантовых (Acanthaceae), рутовых (Rutaceae), парнолистниковых (Zugophyllaceae). Несколько этих алкалоидов выделено из микроорганизмов.

К X. а. относятся производные следующих соед.: 1) собственно хинаязолина; 2) 3,4-дигидро-4-хинаязолон (ф-ла I); 3) 1,4-дигидро-4-хинаязолон (II); 4) 2,4-хинаязолиндиона (III); 5) пирролидино- и пиперидинохинаязолинов (IV; n = 1 и 2 соотв.); 6) β-карболинохинаязолина (V). Последние чаще относят к индольным алкалоидам.



Биосинтез X. а. идет через антрацилиновую к-ту. При образовании алкалоидов типа IV вторым предшественником является орнитин или аспарагиновая к-та. Большинство X. а. синтезировано. X. а. обладают широким спектром фармакологич. действия: антихолинэстеразным, противомаларийным, желчегонным, бронходилататорным и др. Нек-рые алкалоиды и ок. 50 синтетических производных нашли применение в медицине.

Растения, богатые X. а., напр. *Peganum harmala* (местные назв. — мотильник, истрик, адраспан и др.), издавна используются в народной медицине в качестве успокаивающих, простудных, противомаларийных, противоастматических и др. средств.

Первым X. а., выделенным из растения (1888), был пеганин, или вазицин (IV; X = OH, n = 1), мол. м. 188,23, бесцв. кристаллы, т. пл. оптически активных форм 211–212 °C, [α]<sub>D</sub> ± 252° (в хлороформе); получены нитраты с т. пл. 130 °C (с разл.); т. пл. рацемата 209–210 °C, его нитрата — 168–169 °C (с разл.).

Наиб. фармакологически активен дезоксигеганин (IV;  $X = H, n = 1$ ), мол. м. 172,23, бесцв. кристаллы, т. пл. 92 °С, т. пл. перхлората 251 °С. Гидрохлорид дезоксигеганина – бесцв. кристаллы, хорошо раств. в воде. Угнетает холинэстеразу, чем облегчает проведение импульсов в холинэргических синапсах. Применяется в медицине (в виде гидрохлорида) для восстановления нервно-мышечной проводимости, при невритах, для лечения последствий нарушения мозгового кровообращения и др. Дезоксигеганин получают из широко распространенного растения *Peganum harmala*.

Лит.: Садригдьянов Ф. С., Курмуков А. Г., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980; John S. Gröger D., «Pharmazie», 1970, Jg. 25, Nr. 1, S. 22–44. М. В. Тележенецкая.

**ХИНАКРИДОНОВЫЕ ПИГМЕНТЫ**, см. *Пигменты органические*.

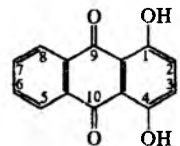
**ХИНГИДРОН**, см. *Бензохиноны*.

**ХИНГИДРОННЫЙ ЭЛЕКТРОД**, см. *Электроды сравнения*.

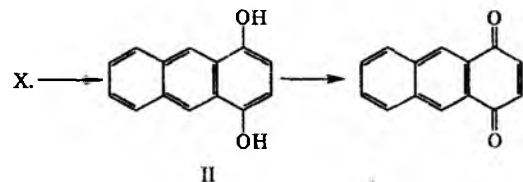
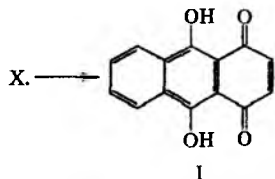
**ХИНИЗАРИН** (1,4-дигидрокси-9,10-антрахинон), мол. м. 240,22; бесцв. кристаллы, т. пл. 200–201 °С (с возг.), т. кип. 450 °С (с разл.), 196,7 °С/1 мм рт. ст.

Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, горячей воде.

Х. окисляется тетраацетатом Рb в  $CH_3COOH$  до 1,4,9,10-антрадикинона. Действием  $Na_2S_2O_4$  в р-ре соды при 80 °С в инертной атмосфере или Zn-пылью в избытке  $CH_3COOH$  восстанавливается в лейкохинизарин (ф-ла I), действием  $NaBH_4$  в метаноле в атмосфере  $N_2$  – в 1,4-дигидроксиантрацен (II), к-рый окисляется  $O_2$  воздуха в 1,4-антрахинон:



лейкохинизарин (ф-ла I), действием  $NaBH_4$  в метаноле в атмосфере  $N_2$  – в 1,4-дигидроксиантрацен (II), к-рый окисляется  $O_2$  воздуха в 1,4-антрахинон:



Хлорирование X.  $Cl_2$  в  $CH_3COOH$  приводит к 2,3-дихлорпроизводному, действие  $Br_2$  в р-ре  $KBr$  – к окислению до 1,4,9,10-антрадикинона с послед. образованием его 2,3-дибромпроизводного. Х. сульфурится 12,5%-ным олеумом с добавлением  $Na_2SO_4$  при 90–120 °С в течение 12 ч до 2-сульфопроизводного, 20%-ным олеумом в присут.  $H_3BO_3$  и  $HgO$  при 170–175 °С в течение 26 ч – до 6-сульфопроизводного (выход 83%). Нитруется  $HNO_3$  в  $CH_3COOH$  при 20 °С до 2-нитропроизводного, в  $H_2SO_4$  – до 1,2,4-тригидрокси-3-нитроантрахинона.

Х. вступает в р-ции аминирования: перемешивание его на воздухе в р-ре пиридина с пиперидином, циклогексиламином (40–50 °С), *n*-фенилэтиламином (100 °С) или с расплавом толуидина (160 °С) приводит к соответствующим 2-аминопроизводным (выход 71–90%).

В пром-сти X. получают взаимод. 4-хлорфенола с фталевым ангидридом в присут.  $H_3BO_3$  в 100%-ной  $H_2SO_4$  или разбавленном олеуме при 190–195 °С (выход 80–90%); очищают полученный продукт возгонкой или перекристаллизацией. Препаративно X. синтезируют нагреванием антрахинона с нитрозилсульфатом в присут.  $H_3BO_3$  и солей  $Hg$ , окислением антрахинона  $O_2$  воздуха в водной среде в присут.  $KBr$  или  $NaBr$  (220–300 °С), нагреванием 1,4-дигидроксиантралина с магнезиальным ангидридом в плаве  $AlCl_3 - NaCl$  при 210–220 °С.

Х. – исходное в-во в произ-ве зеленых, синих и фиолетовых антрахиноновых красителей для шерсти.

Х. угнетает деятельность центр. нервной системы.

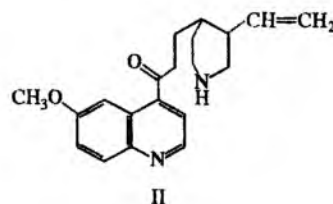
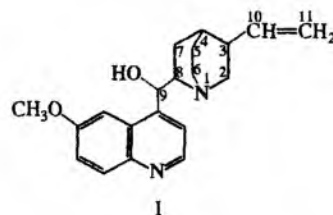
Т. воспл. 870 °С; ниж. КПВ 10,4 г/м<sup>3</sup>.

Лит.: Венкатараман К., Химия синтетических красителей, пер. с англ., т. 2, л., 1957, с. 955–86; Горелник М. В., Химия антрахинонов и их производных, М., 1983.

Н. Н. Артамонова.

**ХИНИН**, важнейший из хининовых алкалоидов, представляющий специфич. группу, свойственную определенным видам хинного дерева (*Cinchona*) и ремиджии (*Remijia*) семейства мареновых (*Rubiaceae*).

Х. (ф-ла I) – бесцв. кристаллы горького вкуса, мол. м. 324,4, т. пл. 177 °С,  $[\alpha]_D^{20} -158$  °С (этанол), плохо раств. в воде, хорошо – в этаноле, хлороформе, диэтиловом эфире. Из воды кристаллизуется в виде тригидрата, т. пл. 57 °С. Х. имеет два атома N разной основности, образует два ряда солей, в к-рых протонируется либо хинуклидиновый атом N, либо оба атома азота. Соли представляют собой бесцв. кристаллы горького вкуса. Важнейшие из них: сульфат, т. пл. 205 °С (с разл.), плохо раств. в воде и этаноле; гидрохлорид, т. пл. 158–160 °С, раств. в этаноле, хуже – в воде; дигидрохлорид, хорошо раств. в воде и этаноле. Х. легко окисляется мн. окислителями; под действием к-т при нагр. происходит перегруппировка в хинотоксин (II).



Строение X. установлено на основании анализа продуктов его окисления хромовой к-той, главные из к-рых хининовая (6-метокси-4-хинолинкарбоновая) к-та и мерохинен (3-винил-4-пиперидинуксусная к-та), и подтверждено полным синтезом (1945).

Известны 4 диастереомера X.; все они синтезированы. Наиб. значение имеет хинидин, отличающийся от X. конфигурацией при атоме С-9. Он представляет собой бесцв. кристаллы, т. пл. 173,5 °С,  $[\alpha]_D^{20} +334,2$  °С (0,1 н.  $H_2SO_4$ ); применяется как антиаритмич. ср-во.

Х. получают из коры тонких стволов, ветвей или корней хинного дерева. Для X. характерна «талейхинная» р-ция – зеленое окрашивание с избытком хлорной или бромной воды и аммиака (чувствительность 1:20 000).

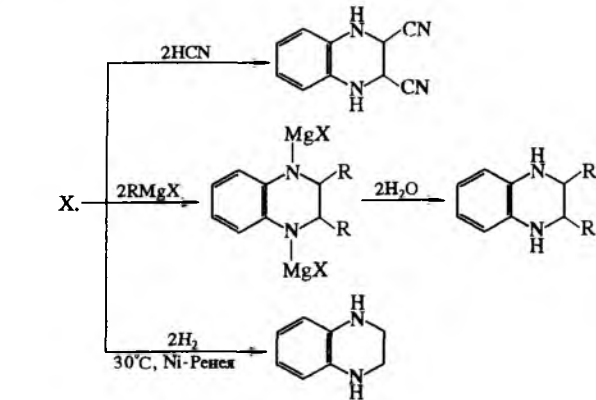
Х. токсичен по отношению ко мн. бактериям и др. одноклеточным организмам. Он оказывает разностороннее действие на организм человека: угнетает центр. нервную систему и терморегулирующие центры, понижая т-ру при лихорадочных состояниях; понижает возбудимость сердечной мышцы; возбуждает мускулатуру матки и усиливает ее сокращение, уменьшает селезенку. Характерное св-во X. – противомаларийное действие. Причем рацематы и синтетич. энантиомеры X. обладают таким же действием. В мед. практике применяют гидрохлорид, дигидрохлорид и сульфат X. В связи с появлением более эффективных синтетич. противомаларийных препаратов X. имеет ограниченное использование. Соли X. используют в акушерской практике для возбуждения и усиления родовой деятельности. Х. служит также адсорбцион-

ным индикатором в аргентометрии (появляется желто-зеленая люминесценция).

Лит.: Машковский М. Д. Лекарственные средства, 12 изд., т. 2, М., 1993, с. 411; Manske R. H. F., в кн.: The Alkaloids, v. 14, N. Y., 1973, p. 181-222. И. А. Бессонова.

**ХИНОКСАЛИН**, мол. м. 130,15; бесцв. кристаллы; т. пл. 28 °С, т. кип. 220–223 °С, 108–111 °С/12 мм рт. ст.;  $\mu$  1,69 × 10<sup>-30</sup> Кл·м; сравнительно сильное основание (рK<sub>a</sub> 0,51). Хорошо раств. в воде и большинстве орг. р-рителей; с водой образует гидрат, т. пл. 37 °С.

Х. – π-дефицитное гетероароматич. соед. Легко вступает в р-ции нуклеоф. присоединения и восстановления, напр.:



Электроф. замещение протекает по бензольному кольцу Х. в жестких условиях, напр. нитрование смесью конц. HNO<sub>3</sub> и олеума при 90 °С (в течение суток) приводит к образованию смеси 1,5% 5-нитро- и 24% 5,6-динитрохиноксалина.

Х. инертен к окислению HNO<sub>3</sub> и K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, однако окисление KMnO<sub>4</sub> в щелочном р-ре сопровождается расщеплением бензольного кольца с образованием 2,3-пирозиндикарбоновой к-ты, окисление персульфатом аммония дает 2,3-дигидроксихиноксалин (выход 30%).

Х. легко превращается в N-оксиды, напр. окисление 1 эквивалентом надуксусной к-ты приводит к 1-оксиду, избытком к-ты – к 1,4-диоксиду. Дальнейшее восстановит. хлорирование моно- или ди-N-оксидов Х. действием POCl<sub>3</sub> идет с образованием соотв. 2-хлор- и 2,3-дихлорпроизводных Х.

Получают Х. конденсацией о-фенилендиамин с глиоксаль или его бисульфитным производным при 60 °С.

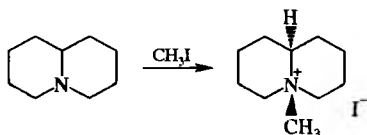
Х. – структурный фрагмент нек-рых прир. соед., напр. пептидного антибиотика эхиномицина. Нек-рые производные Х. обладают противовоспалит., антибактериальной (напр., сульфахиноксалин), анальгетич. и противомаларийной активностью.

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 373–403; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 160; Sakata G., Makino K., «Heterocycles», v. 27, 1988, p. 2481. Р. А. Караханов, В. И. Келарев.

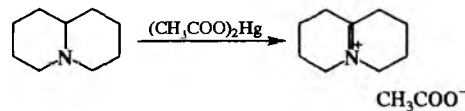
**ХИНОЛИЗИДИН** (октагидрохинолизин, норлупинин), мол. м. 139,24; бесцв. жидкость; т. кип. 169–170 °С, n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,4796. Хорошо раств. в воде и орг. р-рителях.

Х. – сильное основание, рK<sub>a</sub> 9,37. С HNAI, пикриновой и платинохлористоводородной к-тами образует устойчивые соли (т. пл. пикрата 137 °С, хлороплатината – 114 °С).

Х. обладает св-вами третичных циклич. аминов. При действии CH<sub>3</sub>I Х. превращается в соль транс-5-метилхинолизидиния:

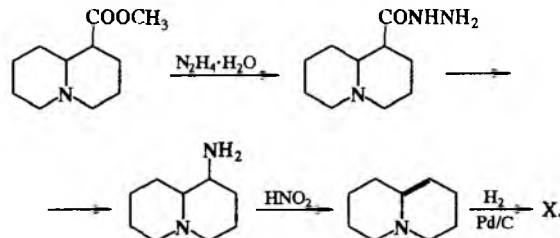


Обработка Х. ацетатом Hg приводит к дегидрированию цикла с образованием иммониевой соли:

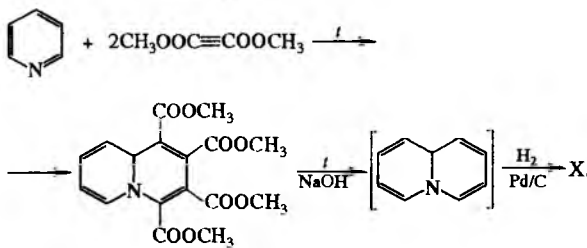
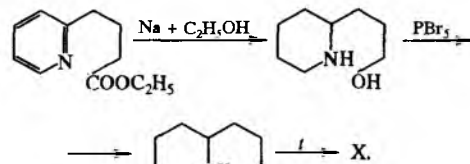
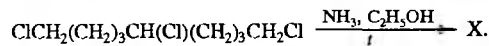


Х. и его производные – осн. структурные фрагменты хинолизиновых алкалоидов групп лупинина, нуфарина, цитизина, спартеина и матрина, входит также в состав нек-рых индольных, изохинолиновых и др. алкалоидов.

Х. получают декарбоксилированием лупиновой к-ты, выделенной из растений рода Lupinus (семейство Leguminosae), путем перегонки ее со смесью Ca(OH)<sub>2</sub> и NaOH или из метилового эфира этой к-ты по р-циям:



Осн. методы синтеза из соединений др. рядов:



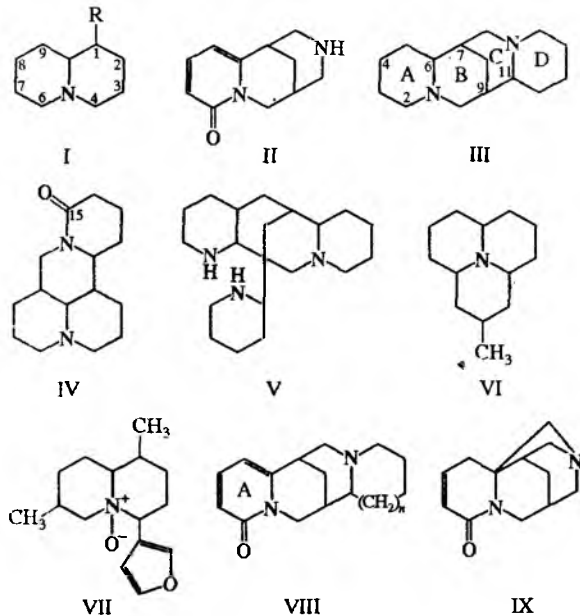
Нек-рые производные Х. – лек. препараты (напр., пахикарпин, цитизин); многие производные токсичны.

Лит.: Садыков С. А., Асланов Х. А., Кушмуратов Ю. К., Алкалоиды хинолизинового ряда, Химия, стереохимия, биогенез, М., 1975; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 286. В. И. Келарев.

**ХИНОЛИЗИДИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ** (алкалоиды лупина), содержат в молекуле ядро хинолизидина. Насчитывают ок. 200 представителей. Выделены из растений семейства бобовых (Leguminosae), родов лупин (Lupinus), ракичник (Cytisus), софора (Sophora), термопсис (Thermopsis), песчаная акация (Ammodendron), аммотамнус (Ammothamnus), а также нек-рых растений др. семейств, напр. маревых (Chenopodiaceae), барбарисовых (Berberidaceae), маковых (Papaveraceae), кувшиниковых (Nymphaeaceae).

Встречаются би-, три-, тетрациклические и димерные Х. а. Все они делятся на группы: 1) лупинина (ф-ла I; R = CH<sub>2</sub>OH);

2) цитизина (II); 3) спартеина (III); 4) матрина (IV); 5) оррозанина (V); 6) 9b-азафеналена (VI). Первую группу составляют лупинин, его сложные эфиры, структурные аналоги с кетопиперидильным заместителем в положении 1 или 3 и алкалоиды типа нуфаридина (VII). Лупинин (1-гидрокси-метилхинолизидин; мол. м. 169,27) представляет собой бесцв. кристаллы, т. пл. 69 °С; окисляется по первичной спиртовой группе до лупиновой к-ты (I; R = COOH).



Ко второй группе относятся трициклические X. а. Основоположник ряда – цитизин (II), мол. м. 190,24, бесцв. кристаллы, т. пл. 153–155 °С,  $[\alpha]_D -120'$  (вода); т. пл. его перхлората 298 °С.

Третья группа наиб. многочисленна, что объясняется наличием 4 асимметрич. атомов С в положениях 6, 7, 9 и 11 (ф-ла III), разл. степенью гидрирования и положением карбонильной, гидроксильной и сложнойэфирной групп. В зависимости от размера и места сочленения кольца D различают подгруппы спартеина (III, мол. м. 234,38, т. кип. 188 °С/18 мм рт. ст.,  $[\alpha]_D -16,4'$ ), леонтидина (VIII, n = 0) и тзукушинамина С (IX). К подгруппе спартеина относятся также пахикарпин [(+)-спартеин], анагирин (VIII, n = 1; мол. м. 244,34; т. кип. 210/4 мм рт. ст.;  $[\alpha]_D -165'$ ) и лупанин (отличается от анагирина тем, что кольцо А в нем полностью гидрировано; мол. м. 248,37; т. пл. 40 °С,  $[\alpha]_D +61'$ ). Наиб. значение имеет пахикарпин – маслообразное в-во, т. кип. 135 °С/1 мм рт. ст.,  $[\alpha]_D +17'$  (этанол); для перхлората и пикрата т. пл. 173 и 98 °С соответственно.

Молекулы X. а. группы матрина (IV) состоят из двух сконденсированных хинолизидиновых систем, для к-рых известно 7 стериц. изомеров из 8 возможных. Выделено более 40 алкалоидов этой группы. Все они имеют лактамную группировку в положении 15 и различаются положением гидроксильных групп и двойных связей. Из растений часто выделяются в виде N-оксидов.

Алкалоиды пятой группы встречаются в растении Otmosia; среди них имеются димерные соединения.

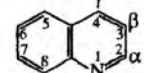
Установлены конформации и конфигурации и осуществлен синтез многих X. а. Их биогенетич. предшественником является лизин.

X. а. обладают разл. физиологич. активностью. В частности влияют на артериальное давление, стимулируют дыхание, приводят к возбуждению и сокращению мускулатуры матки, оказывают местноанестезирующее действие. В мед. практике применяют цитизин для возбуждения дыхания и пахикарпин в качестве ганглиоблокатора.

Лит.: Садыков С.А., Асланов Х.А., Кушмурадов Ю.К., Алкалоиды хинолизидинового ряда. Химия, стереохимия, биогенез, М., 1975; Alkaloids: chemical and biological perspectives, ed. S. W. Pelletier, v. 7, N. Y., 1984, p. 105.

В. И. Виноградова.

**ХИНОЛИН**, мол. м. 129,15; бесцв. жидкость с запахом пиридина, во влажном воздухе на свету желтеет; т. пл. –15,2 °С, т. кип. 236,6 °С, 108,8/10 мм рт. ст.;  $d_4^{20} 1,0929$ ;  $n_D^{20} 1,6268$ ;  $\mu 7,27 \cdot 10^{-30}$  Кл·м; давление пара 0,34 кПа (75,3 °С), 1,41 кПа (104,3 °С);  $\Delta H_{пл} 83,65$  кДж/кг. Хорошо раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, мало раств. в воде (0,7% при 20 °С); гигроскопичен (захватывает до 22% H<sub>2</sub>O); перегоняется с водяным паром. С неорг. и орг. солями дает аддукты (напр., C<sub>9</sub>H<sub>7</sub>N·HgCl<sub>2</sub> с т. пл. 223,5 °С), используемые для его выделения, очистки и идентификации.



X. – основание, сильнее, чем анилин, и слабее, чем пиридин,  $pK_a$  4,90. Легко протонируется по атому N, образуя с минерк-тами ограниченно растворимые устойчивые соли (т. пл. сульфата 164, дихромата 167, фосфата 165, хлороплатината 218 °С), с алкил-, нек-рыми арил-, ацилгалогенидами и диалкилсульфатами – соответствующие четвертичные соли (соли хинолиния).

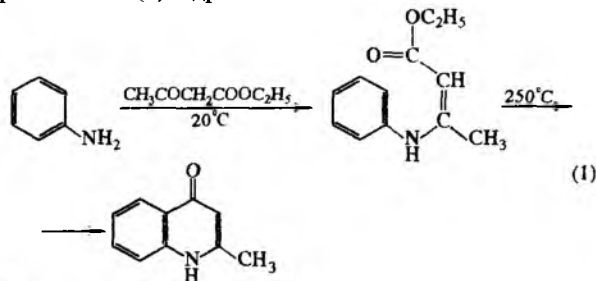
1-Алкилхинолинийгалогениды при нагр. в запаянной трубке до 300 °С претерпевают Ладенбурга реакцию с миграцией алкильного заместителя преим. в положения 2, 4 и 8; присоединяют цианид-анион с образованием 4-цианохинолинов, превращающихся в кислой среде в 4-хинолинкарбоновую (цинхиноиновую) к-ту. К 1-ацилхинолиниевым солям цианид-анион присоединяется, давая 1-ацил-2-циано-1,2-дигидрохинолины – соед. Рейсберта.

Электроф. замещение X. в мягких условиях идет преим. по положениям 5 и 8, напр. сульфирование дымящей H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при слабом нагревании, нитрование смесью HNO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при 0 °С или галогенирование в конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> без нагревания в присут. Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Сульфирование при 230 °С идет в положение 5, при 300 °С – пл. обр. в положение 6; нитрование с помощью Zr(NO<sub>3</sub>)<sub>4</sub> протекает преим. в положение 7. Нитрование смесью HNO<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при нагр. приводит к смеси 5,7- и 6,8-динитрохинолинов (вторая нитрогруппа вступает в мета-положение к первой). Галогенирование X. в CCl<sub>4</sub> и нитрование HNO<sub>3</sub> в (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O или N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> протекает с хорошими выходами по механизму присоединения – отщепления и приводит к образованию соответствующих 3-замещенных производных.

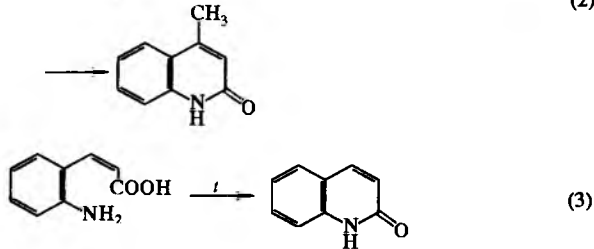
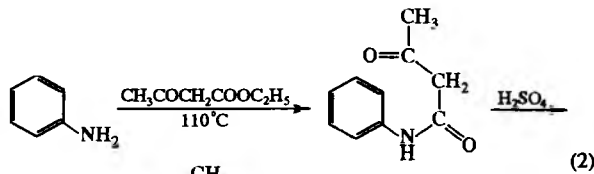
Нуклеоф. аминирование X. NaNH<sub>2</sub> по Чичибабина реакции, алкилирование и арилирование литийорг. соед. или реактивами Гриньяра и гидроксिलирование КОН или гипохлоритами щелочных металлов протекают преим. по положению 2.

При действии восстановителей или каталитич. гидрировании над Pt X. превращается в 1,2,3,4-тетрагидрохинолин, к-рый при дальнейшем гидрировании дает декагидропроизводное. Окисление надкислотами приводит к хинолин-N-оксиду, щелочным р-ром KMnO<sub>4</sub> или SeO<sub>2</sub> в кипящей H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – к 2,3-пиридиндикарбоновой (хинолиновой) к-те.

X. выделяют при перегонке кам.-уг. смолы, нефтяных дистиллятов (т. кип. 230–240 °С), табака, алкалоидов цинхонина и хинина (в присут. щелочи в жестких условиях). Получают X. и его производные по Дёбнера-Миллера реакции, Крауппа реакции, Фридендера синтезом, взаимод. ароматич. аминов с β-кетозфирами – синтеза Конрада-Лимпах (p-ция 1) и Кнорра (2), циклизацией орто-аминопроизводных коричной к-ты (3) и др.:







X. — высококипящий слабоосновный р-ритель для S, P, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и др. в-в; ксилольный р-р смеси X. с S (6:1) — яд Розенмунда-Цетше — используется при восстановлении хлорангидридов карбоновых к-т до альдегидов в присут. 0,5% Pd на BaSO<sub>4</sub> или Pd/C; X. с порошком Cu применяют для декарбокислирования непредельных к-т и дегидрогалогенирования продуктов взаимод. енолов с дихлоркарбенами. Производные X. — основа произ-ва мн. лек. препаратов, напр. *энтросептола*, аминохинола, трихомонацида, хиноцида и др., а также цианиновых красителей. Ядро X. входит в состав *хинолиновых алкалоидов*.

Лит.: Петренко Д. С., *Пиридиновые и хинолиновые основания*, М., 1975; Физер Л., Физер М., *Реагенты для органического синтеза*, т. 4, М., 1977, с. 120; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 196-255. Л. Н. Яхонтов.

**ХИНОЛИНОВАЯ КИСЛОТА** (2,3-пиридиндикарбоновая к-та), мол. м. 167,12; бесцв. кристаллы, т. пл. 190–191 °С (с разл.). Раств. в воде, плохо раств. в этаноле, диэтиловом эфире и др. орг. р-рителях. При нагр. выше 190 °С или с CH<sub>3</sub>COOH

декарбокислируется с образованием *никотиновой кислоты*. С солями тяжелых металлов легко образует плохо р-римые в воде и орг. р-рителях соли, используемые для ее идентификации, напр. соль Cu(II) голубого цвета, соль Hg(II) коричневого цвета, Fe(III) — черно-коричневого, U(IV) — желто-зеленого цвета.

При нагр. с (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O или SOCl<sub>2</sub> X.к. образует внутр. ангидрид, с NH<sub>3</sub> в сухом бензоле — имид (т. пл. 230 °С), с CH<sub>3</sub>OH в HCl — диметилловый эфир (т. пл. 53–54 °С). При взаимод. с CH<sub>3</sub>OH в конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> X.к. превращается в 2-метоксикарбонилникотиновую к-ту. Восстановление X.к. Na в кипящем этаноле приводит к гексагидрохинолиновой к-те, в кипящем изоамиловом спирте — к гексагидроникотиновой к-те.

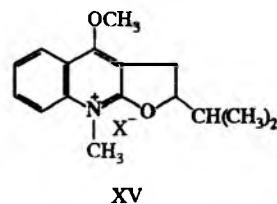
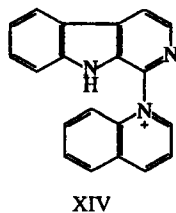
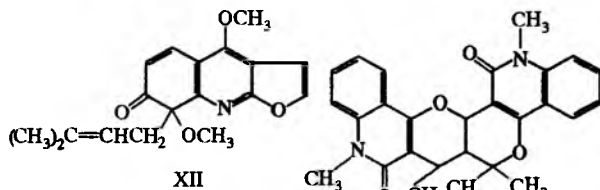
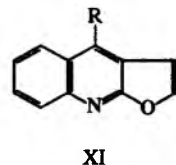
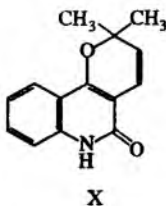
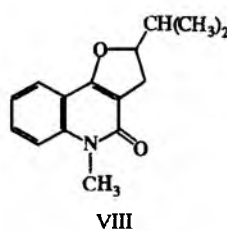
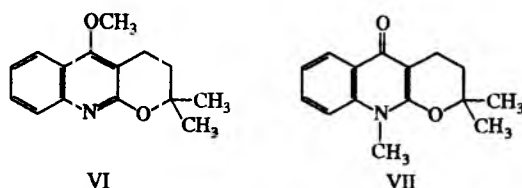
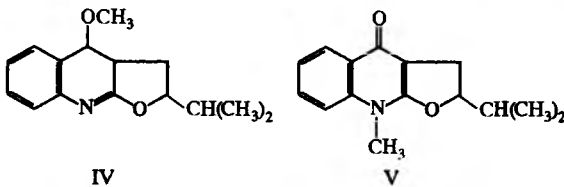
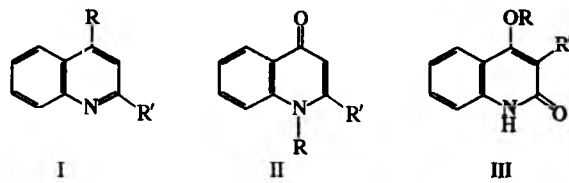
Получают X.к. окислением хинолина или 2,3-диметилпиридина щелочным р-ром KMnO<sub>4</sub>.

Лит.: *Гетероциклические соединения*, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 1, М., 1953, с. 446; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 228. Л. Н. Яхонтов.

**ХИНОЛИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ**, содержат в молекуле остаток *хинолина* или нек-рых его производных. Включают более 300 представителей. Выделены из растений 14 семейств, а также нек-рых микроорганизмов и животных. Наиб. богатые ими растения семейства рутовых (Rutaceae), мареновых (Rubiaceae), парнолистниковых (Zygophyllaceae) и сложноцветных (Compositae).

Различают след. основные группы X. а.: 1) простые хинолины (общая ф-ла I; R = H, OCH<sub>3</sub>, R' = алкил, арил), 4-хинолоны (II; R = H, CH<sub>3</sub>, R' = H, алкил, арил) и 2-хинолоны (III; R = H, CH<sub>3</sub>, R' = H, алкил, алкенил); 2) гемитерпеноидные и терпеноидные трициклич. производные типов IV–X; 3) фуранохинолины, к к-рым относятся, в частности, производные диктамина (XI; R = OCH<sub>3</sub>) и соед. типа XII; 4) димерные алкалоиды, напр. XIII. К X. а. иногда относят также соед., содержащие кроме хинолина остатки хинуклидина (в частно-

сти, *хинин*), β-карболина (как в XIV) и др.; однако чаще их выделяют в отдельный класс алкалоидов, специфичный для растений определенных родов, напр. хинного дерева (Cinchona), селитрянки (Nitraria).



Каждой группе алкалоидов присущи характерные хим. и спектральные св-ва. Общие св-ва X. а., содержащих в положениях 2 или 4 метоксигруппу: а) способность изомеризоваться при нагрев. с  $\text{CH}_3\text{I}$  в N-метил-2(или 4)-хинолоны (напр., IV изомеризуется в V, VI – в VII); б) легкость гидролиза (деметирирования) в щелочной или кислой среде, напр., XI ( $\text{R} = \text{OCH}_3$ )  $\rightarrow$  XI ( $\text{R} = \text{OH}$ ). Природные и синтетич. четвертичные X. а. при пиролизе или нагревании с безводным пиридином превращаются в соответствующие третичные основания, напр. соединение XV в IV.

2-Хинолоны, напр., 4-метокси-3-пренил-2-хинолон [III;  $\text{R} = \text{CH}_3$ ,  $\text{R}' = \text{CH}_2\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$ ] при нагрев. с конц. HCl или HBr в ледяной  $\text{CH}_3\text{COOH}$  образует трициклические X. а. типа VII и IX.

Характерная р-ция фуранохинолиновых алкалоидов (XI) – гидрогенолиз фуранового кольца с образованием 3-этил-2-хинолоновых производных (III;  $\text{R} = \text{CH}_3$ ,  $\text{R}' = \text{C}_2\text{H}_5$ ).

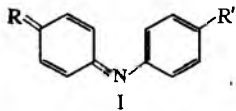
Для исследования структуры X. а. используют спектральные методы. По значению максимумов поглощения в ИК и УФ спектрах и характеру их смещения в зависимости от pH среды различают не только группы X. а., но и иногда положения заместителей. Масс-спектрометрия позволяет установить принадлежность алкалоида к определенной группе и различать такие близкие изомеры, как V и VII; VIII и IX. По положению и интегральной интенсивности полосы поглощения в области 1610–1665  $\text{cm}^{-1}$  ИК спектра можно различить 2- и 4-хинолоны, а также изомерные соединения V и VIII, VII и IX. В большинстве случаев о полной структуре X. а. можно судить по данным спектров ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ .

Различные X. а. имеют разных биогенетич. предшественников. Так биосинтез хинина и производных кинуреновой к-ты (I;  $\text{R} = \text{OH}$ ,  $\text{R}' = \text{COOH}$ ) осуществляется из триптофана, а X. а. семейства рутовых (соед. I–XIII, XV) – из антралиновой кислоты.

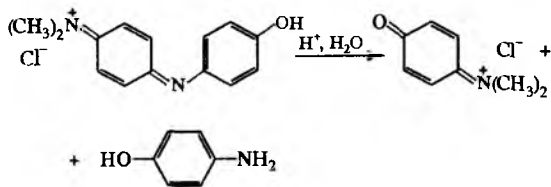
X. а. обладают широким спектром физиологич. активности. Большинство алкалоидов оказывает успокаивающее действие на центр. нервную систему: нек-рые из них, напр. флиндерсин (X), проявляют антифидантные св-ва. В медицине применяется хинин и эхинопсин (II;  $\text{R} = \text{CH}_3$ ,  $\text{R}' = \text{H}$ ) как стимулятор центр. и периферич. нервной системы.

Лит.: Садритдинов Ф. С., Курмуков А. Г., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980; Бессонова И. А., Юнусов С. Ю., «Химия прир. соед.», 1989, № 1, с. 4–18; Manske R. H. F., Rodrigo R., в кн.: The Alkaloids, v. 17, N. Y., 1979, p. 105–200. И. А. Бессонова.

**ХИНОНИМИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, содержат в молекуле остаток *n*-хинонимина или *n*-хинондиимина (см. *Хинонимины*), напр. N-арилпроизводные ф-лы I ( $\text{R} = \text{O}$  или NH,  $\text{R}' = \text{H}$ ). Обладают яркими глубокими цветами от синевато-красного до зеленого, но отличаются малой светостойкостью и очень малой устойчивостью к действию хим. реагентов.

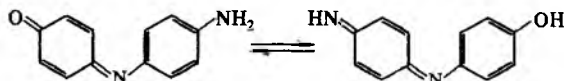


Под действием восстановителей образуют бесцв. лейкосоединения – диариламины, под действием окислителей – хиноны. Разбавленные к-ты расщепляют X. к. по двойной связи азот–хиноидное ядро, напр.:

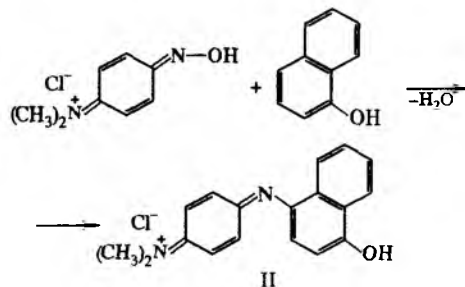


Введение в X. к. электронодонорных заместителей приводит к глубоко окрашенным соед., обладающим сродством к волокну и значит. красящей способностью.

X. к. получают совместным окислением ароматич. диамина (или аминофенола) и ароматич. амина (или фенола)  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) в кислой среде либо NaClO в щелочной среде при низкой т-ре. Другой способ – взаимодей. нитрозоариламинов с ариламином или фенолом. При окислении смеси 4-аминофенола и фенола, а также взаимодей. 4-нитрозофенола с фенолом образуется индофенол синий (I;  $\text{R} = \text{O}$ ,  $\text{R}' = \text{OH}$ ). При окислении смеси 1,4-арилендиамина с фенолом либо 4-аминофенола с ариламином получают индоанилины, к-рые существуют в двух таутомерных формах (оттенки от синего до синевато-зеленого):

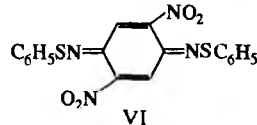
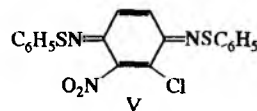
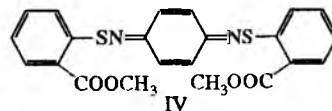
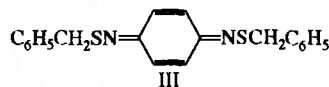


Индоанилины м. б. получены также взаимодей. 4-нитрозоариламина с фенолом или 4-нитрозофенола с ариламином. Из индоанилинов применяют  $\alpha$ -нафтоловый синий (II;  $\lambda_{\text{max}}$  605 нм) – основной X. к., получаемый взаимодей. *n*-нитрозодиметиланилина с  $\alpha$ -нафтолом при 0–5  $^\circ\text{C}$ :



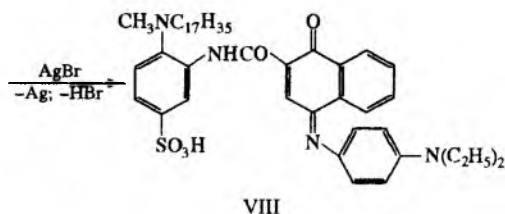
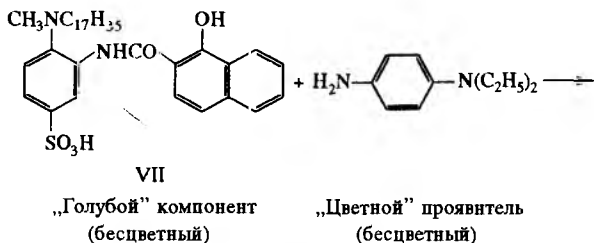
Окисление смеси 1,4-арилендиамина с ариламином приводит к индаминам (I;  $\text{R} = \text{NH}$ ,  $\text{NH}_2$ ,  $\text{NAlk}_2$ ,  $\text{R}' = \text{NH}_2$ ,  $\text{NAlk}_2$ ); последние имеют глубокие цвета от синего до зеленого (особенно четвертичные соли). Простейший краситель этой группы – зеленый Биндшедлера (см. *Оксазиновые красители*).

Известна группа достаточно устойчивых X. к., содержащих атомы серы. Последние пригодны в качестве дисперсных красителей для полиэфирных волокон. К ним относятся ярко-желтый X. к. (III,  $\lambda_{\text{max}}$  444 нм), оранжевый X. к. (IV,  $\lambda_{\text{max}}$  483 нм), синевато-красный X. к. (V,  $\lambda_{\text{max}}$  519 нм), фиолетовый X. к. (VI,  $\lambda_{\text{max}}$  545 нм).



Из-за низкой хим. стойкости X. к. не применяют для крашения большинства волокнистых материалов. Их используют для крашения бумаги, в полиграфии и лакокрасочном произ-ве.

Большое значение имеют X. к. в цветной фотографии, где с их участием воспроизводятся голубые (синие) и смешанные цвета, в к-рых голубые комбинируются с другими, напр. с желтыми – для получения зеленых окрасок, с красными – фиолетовых и т. д. В качестве голубых компонентов используют производные  $\alpha$ -нафтола, напр. соед. VII, к-рое в процессе цветного проявления окисляется засвеченным бромидом серебра совместно с цветным проявителем (N, N'-диэтил-1,4-фенилендиамином) с образованием голубого X. к. (VIII;  $\lambda_{\text{макс}}$  605 нм):

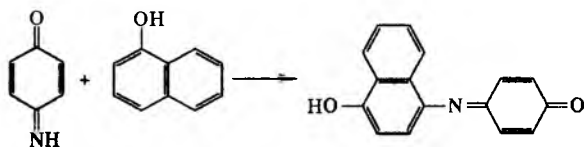


X. к. – промежуточные продукты в синтезе оксазиновых, тиазиновых, диазиновых, сернистых и кубовых красителей. Нек-рые X. к. применяют в качестве окислит.-восстановит. индикаторов.

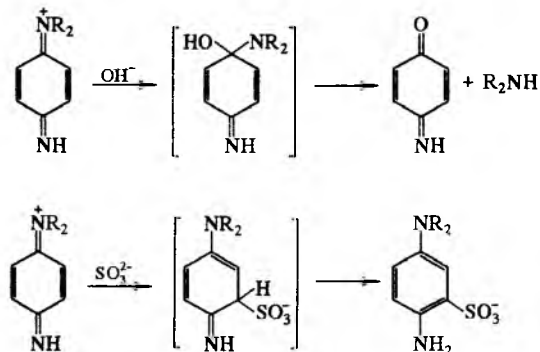
Лит.: Венкатараман К., Химия синтетических красителей, пер. с англ., т. 2, Л., 1957; Химия синтетических красителей, под ред. К. Венкатарамана, пер. с англ., т. 4, Л., 1975; Степанов Б. И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984. Б. И. Степанов.

**ХИНОНИМИНЫ.** Различают *n*- и *o*-хинонимины (ф-лы Ia и Ib) и *n*- и *o*-хинондиимины (IIa и IIб). Наиб. практич. значение имеют *пара*-изомеры. Незамещенные X. – бесцв. кристаллы, неустойчивы, разлагаются на свету и в присут. р-рителей. Замещение атомов H при атоме азота на алкил или фенил стабилизирует молекулу X., что выражается также в углублении цвета производного; так, N-метил-*n*-хинонимин – светло-желтые, N-фенил-*n*-хинонимин (т. пл. 97 °C) – красные, N, N'-дифенил-*n*-хинондиимин (т. пл. 180 °C) – темно-красные кристаллы.

Характерное св-во X. – способность к легкому гидролизу разбавленными к-тами с образованием соответствующего хинона и  $\text{NH}_3$ . Взаимод. X. с разл. восстановителями приводит к аминифенолам или диаминам. С фенолами хинонимины образуют индофенольные красители, напр. красный краситель в случае нафтола:



N-Алкилзамещенные хинондиимины в щелочной среде превращаются в хинонимин, с сульфитами щелочных металлов образуют сульфонаты:



Незамещенные X. и их N-алкильные производные вступают в диеновый синтез с циклопентадиеном.

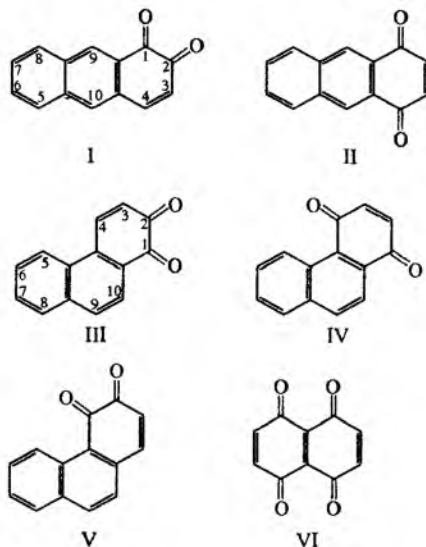
Незамещенные X. получают осторожным окислением эфирным р-ром  $\text{Ag}_2\text{O}$  *n*-аминофенола (в случае *n*-хинонимина) и *n*-фенилендиамина (в случае *n*-хинондиимина). N-Фенилхинонимин синтезируют в аналогичных условиях из *n*-аминофенола, N, N'-дифенилхинондиимин – из N, N'-дифенил-*n*-фенилендиамина.

X. – основа хинониминовых красителей.

Г. И. Пуча.

**ХИНОНЫ**, циклич. дикетоны, в молекулах к-рых кетогруппы входят в систему сопряженных двойных связей.

Наиб. практич. значение имеют бензохиноны, нафтохиноны, 9,10-антрахинон (см. Антрахинон), а также 1,2- и 1,4-антрахиноны (ф-лы I и II), 1,2-, 1,4- и 3,4-фенантрахиноны (ф-лы III–V, т. пл. 216, 153 и 133 °C, соотв.) и нек-рые дихиноны, напр. 1,4,5,8-нафтодихинон (VI).



X. – окрашенные кристаллы (табл.). Окраска X. во много зависит от взаимного расположения карбонильных групп в молекуле: 1,2-X. окрашены, как правило, в красный или оранжево-красный цвет, 1,4-X. окрашены менее интенсивно – в желтый или светло-желтый цвет. 1,4-X. обладают большей летучестью и более резким запахом, чем 1,2-X.

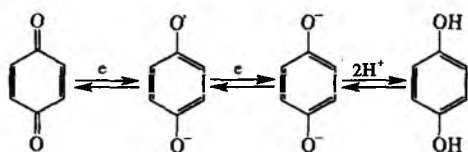
X. весьма склонны к переходу в ароматич. соед.; присоединение одного электрона приводит к образованию семихи-

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХИНОНОВ

Соединение	Цвет	Т. пл., °C	Окислит.-восстановит. потенциал, В (СН <sub>3</sub> ОН, 25 °С)*
1,2-Бензохинон	Ярко-красный	60-70	0,795 (Н <sub>2</sub> О)
1,4-Бензохинон	Светло-желтый	116	0,711 (С <sub>6</sub> Н <sub>6</sub> )
Тетраметил-1,4-бензохинон (пухрохинон)	Желтый	111-112	0,466
Тетрагидро-1,4-бензохинон	Желтый	290	0,742 (С <sub>6</sub> Н <sub>6</sub> )
1,2-Нафтохинон	Красный	145-147	0,576
1,4-Нафтохинон	Желтый	128,5	0,484
1,2-Антрахинон	Красный	185-190	0,490
1,4-Антрахинон	Желтый	218	0,401
9,10-Антрахинон	Желтый	287	0,154
9,10-Фенантрахинон	Желтый	206-208	0,460
1,4,5,8-Нафтодихинон	Желтый	220	0,972 (Н <sub>2</sub> О)

\*В скобках указан растворитель, отличный от СН<sub>3</sub>ОН.

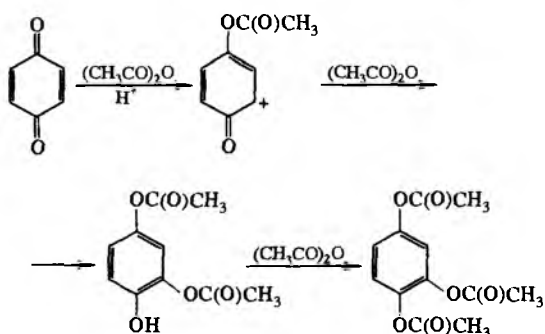
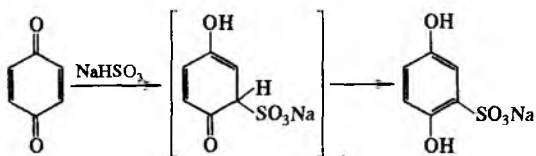
нонового анион-радикала, к-рый при присоединении еще одного электрона дает дианион, в кислой среде превращающийся в двухатомный фенол, напр. в случае 1,4-бензохинона:



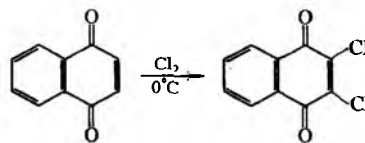
Склонность X. к участию в окислит.-восстановит. р-циях характеризруется окислит.-восстановит. потенциалом. В общем случае 1,2-X. имеют более высокие потенциалы, чем 1,4-X. Электроноакцепторные группы в молекуле X. обычно повышают его окислит.-восстановит. способность, электронодонорные – понижают.

По хим. св-вам X. аналогичны α, β-ненасыщенным кетонам. Под действием мягких восстановителей X. легко превращаются в гидрохиноны, причем легче всего восстанавливаются бензохиноны, труднее – 9,10-антрахинон. X. легко образуют комплексы с донорами электронов, напр. 1,4-бензохинон с гидрохиноном дает черно-зеленый кристаллич. комплекс хингидрона, с пиреном (1:1) в петролейном эфире – красный кристаллич. комплекс.

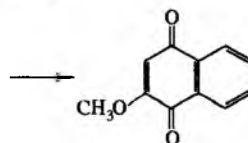
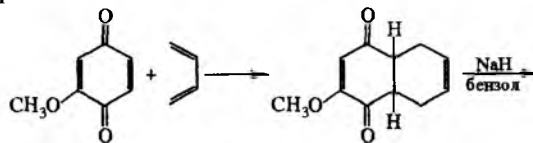
Для X. характерны р-ции присоединения, напр.:



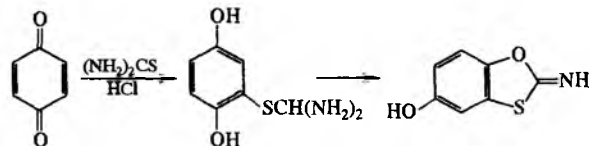
Взаимод. с Cl<sub>2</sub> при низкой т-ре протекает с сохранением хиноидной структуры, напр.:



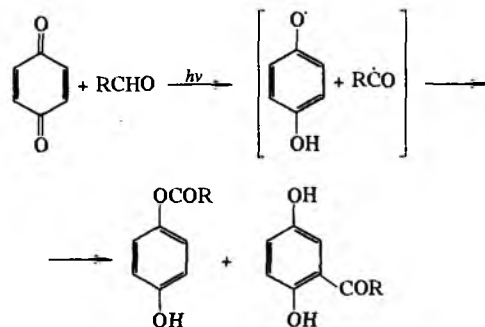
X. легко вступают в диеновый синтез, причем 1,2-X. могут выступать как диены и диенофилы, а 1,4-X. – как диенофилы, напр.:



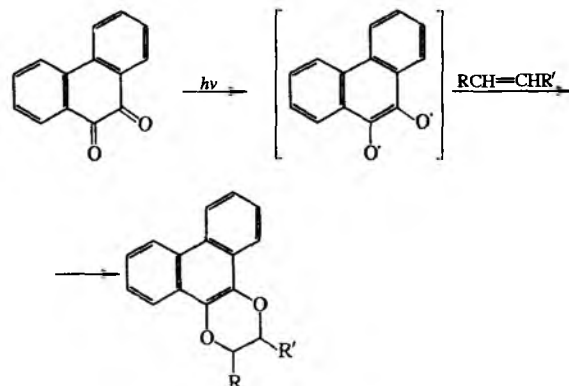
С тиомочевинной в HCl X. дают продукты, способные к дальнейшей циклизации с образованием гетероциклов, напр.:



Облучение X. УФ светом в присут. альдегидов приводит к продуктам С- и О-ацилирования, напр.:



В условиях фотохим. р-ций X. могут присоединять по кетогруппе олефины, напр.:



Получают X., как правило, окислением соответствующих фенолов, аминов или диаминов действием AgCO<sub>3</sub>, соли Фре-

ми  $(\text{KO}_3\text{S})_2\text{NO}$ ,  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{SeO})_2\text{O}$  (гл. обр. для синтеза 1,2-X), хромовой к-ты и др. окислителей.

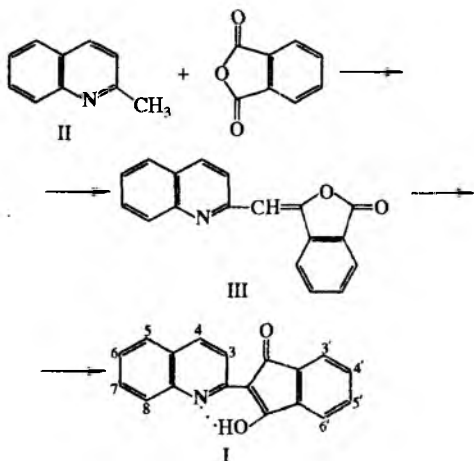
X. — структурные фрагменты прир. в-в (напр., витаминов K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub>, см. *Витамин K*), антрахиноновых красителей, фталоилкарбазолов, орг. пигментов (см. *Пигменты*); 1,4-бензохинон — окислитель в фотографии, дубящее ср-во при крашении. Нек-рые X. и их производные — катализаторы в синтезе синтетич. каучука и полиакрилатов (1,4-нафтохинон), окислит. дегидрирования (полинафтохинон) и окислит.-восстановит. процессов (алкилантрахиноны); полупродукты в синтезе полициклических кубовых красителей (2,3-дихлор-1,4-нафтохинон), бензантрона (9,10-антрахинон).

Лит.: Кэсон Д., в сб.: *Органические реакции*, пер. с англ., сб. 4, М., 1951, с. 270-336; Эфрос Л. С., Горелик М. В., *Химия и технология промежуточных продуктов*, Л., 1980; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 2, М., 1982, с. 830-47. См. также лит. при ст. *Антрахиноновые красители*.

Г. И. Пуца.

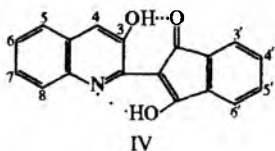
**ХИНОФТАЛОНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, группа красителей на основе хинофталона, или хинолинового желтого (ф-ла I). X. к. имеют чистую зеленовато-желтую окраску; при действии на них  $\text{CH}_3\text{ONa}$  в  $\text{CH}_3\text{OH}$  или  $\text{H}_2\text{SO}_4$  образуют соли красного цвета.

X. к. получают конденсацией 2-метилхинолина (хинальдина; II) или его производных с ангидридами ароматич. орто-дикарбоновых к-т в расклаве при 200-220 °C в присут.  $\text{ZnCl}_2$  или в орг. р-рителе (напр., о-дихлорбензоле) при 180 °C без катализатора; образующиеся производные изохинофталона (III) перегруппировываются в хинофталон (показана наиб. вероятная таутомерная форма):



При сульфировании I образуются кислотные X. к., содержащие группы  $\text{SO}_3\text{H}$  в положениях 5-8; из-за низкой устойчивости к свету эти красители и лаки на их основе потеряли свое значение.

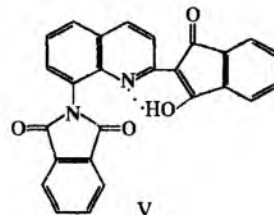
Большой устойчивостью к свету, а также более интенсивной окраской обладают производные 3-гидроксихинофталона (IV). Последние получают взаимодействием 3-гидроксихинальдина-4-карбоновой к-ты с о-фталевым ангидридом; образующаяся 3-гидроксихинофталон-4-карбоновая к-та декарбоксилируется в условиях р-ции.



Краситель IV благодаря способности легко возгоняться широко применяют в термопереводной печати, он также ограниченно пригоден в качестве дисперсного красителя, однако, при крашении полиэфирного волокна по нек-рым совр. способам, требующим нагревания до ~200 °C, неприемлем из-за сублимации в условиях крашения. Для повыше-

ния устойчивости к сублимации IV бромруют в положение 4 (4-бром-3-гидроксихинофталон — один из самых ценных желтых дисперсных красителей) либо используют IV, замещенные в индандионовом фрагменте на разл. заместители, напр. атомы галогена в положениях 3'-6', алкоксикарбонильную или карбамоильную группу в положении 4' (для синтеза этих соед. применяют соответствующие производные фталевого ангидрида).

В качестве зелено-желтых пигментов используют соед. ф-лы V, содержащие фталимидный (или тетрагалогенфталимидный) остаток. Их получают взаимодействием 8-аминохинальдина с фталевым ангидридом или его тетрагалогенпроизводным.



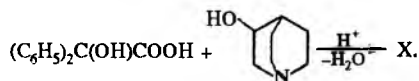
Несмотря на ограниченность цветовой гаммы X. к. сохраняют практич. значение благодаря простоте синтеза и хорошим колористич. св-вам.

Лит.: Венкатараман К., *Химия синтетических красителей*, ч. 2, Л., 1957, с. 1367-71. Л. В. Аринич.

**ХИНУКЛИДИЛ-3-БЕНЗИЛАТ** (3-хинуклидилловый эфир гидроксибензилуксусной к-ты, би-зет, BZ), бесцв. кристаллы без вкуса и запаха; т. пл. 167,5 °C, т. кип. 412 °C; плотность 1,33 г/см<sup>3</sup> (20 °C); практически не раств. в воде, раств. в алкилгалогенидах; летучесть 0,0005 мг/л (70 °C).

Химически устойчив. Гидролизуется медленно; время гидролиза на 50% при 25 °C составляет: 3-4 недели при pH 7, 7 ч при pH 10, 2 мин при pH 13. Образует водорастворимые соли с орг. и минер. к-тами, обладающие такой же биол. активностью, что и исходное основание. X. стоек к нагреванию и переводится в аэрозольное состояние методом термич. возгонки без заметного разложения.

X. получают взаимодействием бензиловой к-ты или ее метилового эфира с 3-хинуклидином:



X. — психотропное ОВ, временно (в среднем на 1 сут) выводящее живую силу из строя. Вызывает поражения через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и открытые раны. Симптомы поражения (после периода скрытого действия, длящегося 30-60 мин): расширение зрачков, сухость во рту, учащение пульса, мышечная слабость, ослабление внимания и памяти, снижение р-ции на внеш. раздражители, возникновение явлений психомоторного возбуждения, периодически сменяющихся галлюцинациями, потеря контакта с окружающим миром.

Пороговая доза при ингаляции 2 мг на человека, средняя выводящая из строя концентрация 0,11 мг/л при экспозиции 1 мин. Смертельные поражения для X. нехарактерны: при ингаляции с вероятностью 50% смерть наступает у людей при экспозиции 10 мин и концентрации 11 мг/л; при внутривенном введении мышам ЛД<sub>50</sub> 23,5 мг/кг.

Защита органов дыхания от аэрозоля X. — противогаз.

Лит. см. при ст. *Отравляющие вещества*. В. И. Емельянов.

**ХИНУКЛИДИН** (1-азабцикло[2.2.2]октан), мол. м. 111,19; бесцв. летучие кристаллы; т. пл. 158-159 °C (с возгонкой); хорошо раств. в орг. р-рителях и воде.

X. — основание, рK<sub>a</sub> 2,9; с к-тами образует соли, т. пл. гидрхлорида 315 °C, пикрата 280 °C, хлорплат-



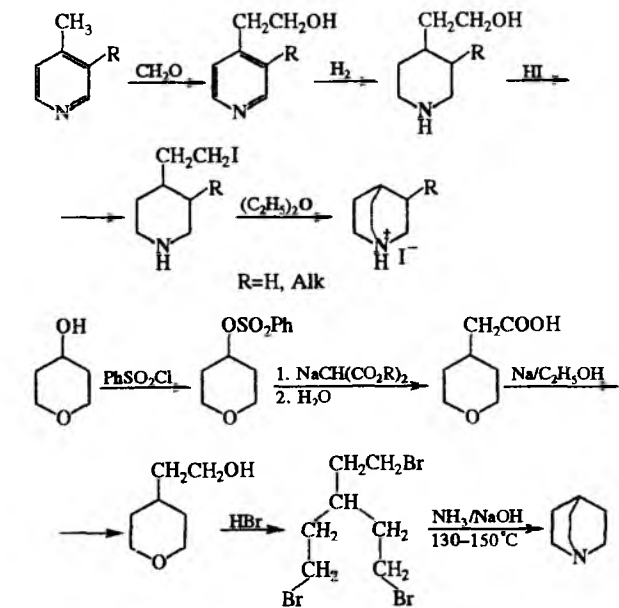
тината 238–240 °С (с разл.); с алкилгалогенидами – четвертичные соединения, т. пл. иодэтлата 270–272 °С.

Молекула X. – бициклич. система с узловым атомом N; каждый из циклов имеет жестко закрепленную форму ванны. Несвязанная электронная пара у атома N строго ориентирована по оси бицикла и не взаимодействует с соседними аксиальными связями C–N.

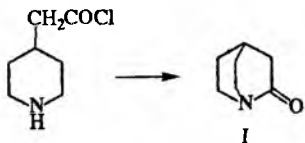
X. – устойчив к действию кипящих HCl, HI, кислого р-ра KMnO<sub>4</sub>. Легко алкилируется при взаимодействии с электроф. агентами, напр. CH<sub>3</sub>I, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CHI; с (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>N, (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>B образует аддукты; на Pd/C при 300 °С подвергается дегидрогенолизу с образованием 4-этилпиперидина.

Среди производных X. хорошо изучены 2-оксопиперидин (ф-ла I) и его производные. Формально являясь бициклич. амидом, соед. I (pK<sub>a</sub> 5,3–5,6) проявляет св-ва аминокетонов; в отличие от обычных амидов присоединяет протон по атому O; при взаимодействии с протонными нуклеофилами (H<sub>2</sub>O, амины, спирты и др.) выступает как ацилирующий агент, при этом реакция протекает с разрывом связи N–C(O) и образованием амидов, кислот, сложных эфиров и др.

X. и его алкилзамещенные м. б. получены по след. схемам:



Соед. I получают внутримол. ацилированием из производного пиперидина:



X. – структурный фрагмент некоторых хининовых алкалоидов групп цинхонина – цинхонина (выделены из растений рода Cinchona; см. Хинин), сарпагина – аймалина (из растений рода Rauwolfia; см. Аймалин), макузина (из растений рода Strychnos; см. Стрихнин). Многие производные X. – лек. ср-ва, напр. ацелидин (см. Холиномиметические средства), оксипидин, фенкарол и др.

Лит.: Яхонтов Л. Н., Михлина Е. В., «Химия гетероциклич. соединений», 1975, № 8, с. 1011–25; Коровицына И. К. [и др.], «Химия гетероциклич. соединений», 1983, № 2, с. 147–69; Mashkova M. D., Yakhontov L. N., Churukanov V. V., Handbook of experimental pharmacology, ed. by D. A. Kharkevich, v. 79, В.-Н. У., 1986, с. 371–82. Л. Н. Яхонтов.

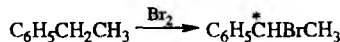
**ХИРАЛЬНОСТЬ**, св-во объекта быть несовместимым со своим отображением в идеальном плоском зеркале. В химии рассматривается X. индивидуальных молекул и их агрегатов.

537

Противоположное X. св-во – ахиральность, когда отображение в плоском зеркале совместимо с исходной фигурой.

Наряду с конфигурацией и конформацией (см. Конфигурация стереохимическая, Конформационный анализ) X. основное, фундам. понятие стереохимии. Мат. условием X. является отсутствие зеркально-поворотных осей симметрии S<sub>n</sub>. Хиральные молекулы принадлежат к точечным группам симметрии, имеющим в качестве элементов симметрии только простые поворотные оси, – это группы C<sub>n</sub>, D<sub>n</sub>, T, O, I.

Хиральные молекулы существуют в виде пар энантиомеров (см. Изомерия), различающихся только знаком оптич. вращения (см. Оптичная активность), к-рое связано с конфигурацией. Если в молекуле содержится более одного хирального фрагмента, то она существует в виде диастереомеров, различающихся по физ. и хим. св-вам. Ахиральную молекулу наз. прохиральной, если единичным структурным изменением в ней можно образовать хиральный фрагмент, напр. (звездочкой обозначен хиральный центр):



Различают центральную, осевую, планарную, винтовую и топологическую X. Первые 4 вида характеризуются наличием соответствующего элемента X.: центра, оси, плоскости, винтовой пов-сти (напр., в гелиценах, имеющих структуру спирального типа), а последняя – наличием топологич. связи (см. Топология), как в трилистном узле, или в сочетании этой связи со структурной несимметричностью, как в катенанах (рис.). Планарная X. характерна для многих металлоорг. соед., напр. для π-комплексов олефинов, аренов. Для энантиоморфных кристаллов целесообразно говорить о хиральной поверхности.

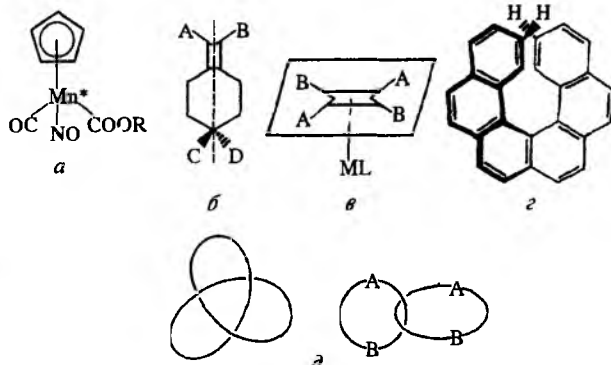


Рис. Молекулы с разл. элементами X.: а – центр; б – ось; в – плоскость; г – винтовая пов-сть; д – топологич. связь; А, В, С, D – разл. атомы или группы атомов, М – атом металла, L – лиганд.

X. лежит в основе концепции энантиотопии – диастереотопии (см. Топные отношения). Химически одинаковые атомы или группы хиральной молекулы анизохронны и проявляются как различные в спектрах ЯМР, их наз. диастереотопными. Такие группы в ахиральной молекуле энантиотопны и становятся анизохронными при взаимодействии с внеш. хиральной молекулой, напр. р-рителя.

Ввиду того, что почти все биомолекулы хиральны, X. имеет решающее значение при синтезе сложных соед., обладающих фармакологич. св-вами. Энантиоселективный синтез оптич. активных биологически активных соед. наз. хиральным синтезом. X. играет важную роль также при синтезе регулярных полимеров, жидких кристаллов, материалов для нелинейной оптики, ферроэлектриков и др.

Лит. см. при ст. Стереохимия.

В. И. Соколов.

**ХИРОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ**, объединяют родственные оптич. методы исследования оптич. активных (хиральных) соед.: поляризацию (ПМ), дисперсию оптич. вращения (ДОВ) и крутовой дихроизм (КД). X. м. основаны на взаимодействии поляризованного света с хиральными структурами, к-рые об-

538



ладают естественной оптич. активностью, т. е. вращают плоскость поляризации проходящего через них поляризованного света.

Плоскополяризованную световую волну можно представить как комбинацию левого и правого поляризованных по кругу лучей с соответствующими векторами  $E_l$  и  $E_r$ . Если взаимодей. левого и правого поляризованных по кругу лучей со средой одинаково (это характерно для изотропных сред), то векторы имеют одинаковые величины (рис. 1, а).

Когда поляризованный свет проходит через анизотропную (хиральную) среду, то один из этих лучей распространяется быстрее другого, в результате чего суммарный вектор оказывается повернутым на нек-рый угол  $\alpha$ , тем больший, чем больше разность скоростей распространения света в среде, т. е. показателей преломления  $n_l$  и  $n_r$  лучей, поляризованных по кругу влево и вправо. Это явление наз. двойным круговым (циркулярным) лучепреломлением (рис. 1, б).

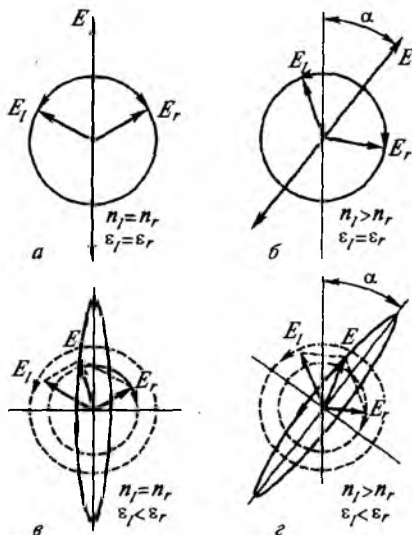


Рис.1. Схема возникновения оптич. активности и эллиптичности: а - плоскополяризованный луч; б - плоскополяризованный луч после прохождения через оптически активное в-во (без КД); в - эллиптически поляризованный луч; г - эллиптически поляризованный луч после прохождения через оптически активное в-во (с КД).

Левый и правый поляризованные по кругу лучи по-разному поглощаются средой, т. е.  $\epsilon_l \neq \epsilon_r$ , где  $\epsilon_l$  и  $\epsilon_r$  - коэффициенты экстинкции для лучей с левой и правой круговой поляризации. Суммирование соответствующих им векторов неравной величины  $E_l$  и  $E_r$  дает результирующий вектор, конец которого описывает эллипс (рис. 1, в), т. е. плоскополяризованный свет после прохождения через хиральную среду становится эллиптически поляризованным. Это явление наз. круговым дихроизмом. Количеств. мерой этого явления служит угол эллиптичности  $\phi$ , тангенс к-рого равен отношению осей эллипса.

Поскольку угол  $\phi$  очень мал по величине, то принимают  $\text{tg } \phi \approx \phi$  и, проводя преобразования, получают  $\phi = \pi \cdot l / \lambda \times (\epsilon_l - \epsilon_r)$  в радианах, где  $\lambda$  - длина волны падающего света в вакууме,  $l$  - толщина слоя в см. Так как оба явления - двойное круговое лучепреломление и круговой дихроизм происходят одновременно, то суммарно эффект прохождения плоскополяризованного света через хиральную среду описывается эллипсом с вращающейся главной осью (рис. 1, г).

Для характеристики оптически активных в-в методом поляриметра и используют величины удельного и молярного оптич. вращения (см. *Оптическая активность*). Величины оптич. вращения зависят от длины волны применяемого света. Эта зависимость наз. дисперсией оптич. вращения.

В методе КД используют величину дихроичного поглощения  $\Delta\epsilon = \epsilon_l - \epsilon_r = \Delta D / (l \cdot c)$ , где  $D$  - оптич. плотность кругового дихроизма;  $c$  - концентрация в моль/л, и величину эллиптичности  $[\theta] = 100\phi / l \cdot c$ . Эти две величины связаны между собой соотношением  $[\theta] = 3300 \cdot \Delta\epsilon$ .

**Техника измерения.** Оптич. вращение измеряют с помощью поляриметра. Луч источника света (натриевой или ртутной лампы) при прохождении через поляризатор - призму Николя или пленки - поляризуется в плоскости. Поляризованный свет пропускается через кювету с в-вом и попадает в анализатор (тоже призма Николя). Если плоскости поляризации обеих призм расположены друг относительно друга под прямым углом, то поляризованный свет в отсутствие оптически активного в-ва через анализатор не проходит. Чтобы поляризованный свет не проходил через анализатор после помещения в прибор оптически активного в-ва, анализатор необходимо повернуть на нек-рый угол вправо или влево. Этот угол и представляет собой наблюдаемое оптич. вращение, к-рое затем пересчитывается в удельное  $[\alpha]_\lambda$  или мол. вращение  $[M]_\lambda$ .

Для измерения ДОВ и КД используют спектрополяриметры и дихрографы. Они имеют устройство, аналогичное поляриметру, с тем отличием, что источник света (ксеноновая лампа) в них сочетается с монохроматором, позволяющим проводить измерения в области 1000-175 нм. В дихрографах имеется также устройство для определения дихроичного поглощения (измерение  $\Delta\epsilon$ ) или устройство для преобразования плоскополяризованного света в эллиптически поляризованный (измерение  $\phi$ ). Приборы снабжены автоматич. фотоэлектрич. регистрирующим устройством.

**Спектры ДОВ и КД.** Хироптич. явления по своей природе связаны с электронными переходами в хиральных молекулах. Для их интерпретации существенно, что появление индивидуальных полос в УФ спектрах обусловлено возбуждением электронов, принадлежащих соответствующим функциональным группам, называемым хромофорами. Для соед. без хромофоров в исследуемой области спектра  $[M]_\lambda$  или  $[\theta]_\lambda$  (рис. 2) монотонно возрастает или падает с уменьшением длины волны. Такие кривые ДОВ называются соотв. плавными положительными или плавными отрицательными.

Плавные кривые ДОВ м. б. описаны ур-нием Друде, к-рое справедливо для области, далекой от полосы поглощения. В общем виде для соед. с неск. хромофорами ур-ние Друде имеет вид:

$$[M]_\lambda = A_i / (\lambda^2 - \lambda_{0i}^2),$$

где  $A_i$  - соответствующие константы;  $\lambda_{0i}$  - полосы поглощения  $i$ -тых хромофоров. По данным ДОВ с использованием ур-ния Друде можно определить положение полосы поглощения, лежащей в спектральной области, недоступной для непосредственных измерений.

В области полосы поглощения наблюдается аномальный ход кривой ДОВ: оптич. вращение возрастает с уменьшением длины волны, проходит через максимум (пик), затем падает, пересекает ось нулевого вращения, достигает минимума (впадина) и снова возрастает (рис. 2). Такой S-образный ход кривой ДОВ наз. эффектом Коттона (открыт А. Коттоном в 1896). В спектрах КД эффект Коттона проявляется в виде полосы дихроичного поглощения, обычно в области полос поглощения, характерных для определенных хромофоров, к-рые наз. оптически активными.

Эффект Коттона характеризуется: а) положением максимума в спектре КД (при длине волны  $\lambda_0$  на рис. 2) и положением пика или впадины (соотв.  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ ) на кривой ДОВ, при этом максимум КД (или средняя точка на кривой ДОВ) в случае изолированного хромофора совпадает с максимумом в УФ спектре; б) знаком - эффект Коттона положительен, если в длинноволновой области спектра наблюдается пик, и отрицателен, если в длинноволновой области расположена впадина; в) эллиптичностью в спектре КД в

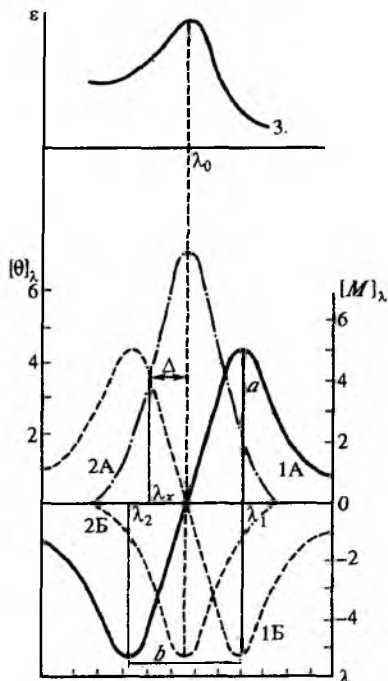


Рис. 2. Спектры ДОВ (кривые 1А, 1Б), КД (2А, 2Б) и УФ (3); кривые А - положительные, Б - отрицательные эффекты Коттона.

точке максимума ( $[\theta]_{\lambda_0}$ ) или амплитудой  $a$ , к-рая определяется как разность между величинами мол. вращений в точках пика и впадины, деленная на 100:

$$a = ([M]_{\lambda_1} - [M]_{\lambda_2})/100,$$

где  $\lambda_1 > \lambda_2$ ;  $g$ ) полушириной полосы поглощения в спектре КД  $\Delta = \lambda_x - \lambda_0$  при  $[\theta]_{\lambda_x} = [\theta]_{\lambda_0} e^{-1}$  или шириной  $b$  для кривой ДОВ; д) вращательной силой  $R_i$ , к-рая характеризует вклад данного электронного перехода в оптич. активность, т.е. степень асимметрич. воздействия элемента хиральности, имеющегося в молекуле, на хроммофор.

Вращат. сила  $R$  определяется как скалярное произведение электр.  $\mu_e$  и магнитного  $\mu_m$  дипольных моментов электронного перехода:

$$R = |\mu_e| \cdot |\mu_m| \cdot \cos \psi,$$

где  $\psi$  - угол между  $\mu_e$  и  $\mu_m$ . Экспериментально  $R$  находят из спектров КД. Проблема определения  $R$  сводится к интегрированию площади под дихроичной полосой, получаемой при регистрации спектров КД. С учетом гауссовой формы кривой КД для расчета  $R$  предложена ф-ла:

$$R = 1,234 \cdot 10^{-42} \cdot [\theta]_{\lambda_0} \cdot \Delta \lambda.$$

Величина  $R$  м. б. рассчитана также из ур-ния Друде по ф-ле:

$$R_i = 1,09 \cdot 10^{-42} \cdot A_i / \lambda_{0i}^2.$$

Эффект Коттона, связанный с одним и тем же электронным переходом, имеет одинаковый знак как для ДОВ, так и для КД. Энантиомеры дают зеркально-симметричные кривые ДОВ и КД. При наложении неск. эффектов Коттона получаются сложные кривые ДОВ и КД (см. ниже). Параметры спектров ДОВ и КД связаны между собой соотношениями Кронига - Крамерса. Для одного изолированного перехода (при  $\lambda'$ ) они м. б. записаны упрощенно:

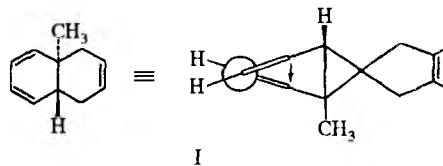
$$[M]_{\lambda} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} [\theta]_{\pi} \cdot \frac{\lambda'}{\lambda^2 - \lambda'^2} \cdot d\lambda',$$

$$[\theta]_{\lambda} = \frac{2}{\pi \lambda} \int_0^{\infty} [M]_{\pi} \cdot \frac{\lambda'^2}{\lambda^2 - \lambda'^2} \cdot d\lambda'.$$

Информация о конфигурации и конформациях хиральных соед., получаемая методами ДОВ и КД, и техника измерения в основном одинаковы. Однако спектры ДОВ более сложны по форме и поэтому труднее интерпретируются. На их измерение больше влияют такие факторы, как загрязнения, мутность р-ра и др. Для количеств. расчетов лучше использовать спектры КД. Но КД наблюдается только в области полос поглощения хромофоров. Поэтому для обнаружения оптич. активности лучше применять ДОВ. Для измерения применяют р-рители, не поглощающие в исследуемой области. Толщина кювет (слоя) меняется от 10 до 0,01 см. В коротковолновой области ( $\lambda < 250$  нм) обычно используют концентрации р-ров порядка 0,1%. Для избежания ошибок желательно, чтобы оптич. плотность измеряемого р-ра не превышала 2.

Эффекты Коттона возникают благодаря присутствию хромофорных группировок в молекуле. Исходя из соображений симметрии, различают два типа хромофоров в оптически активных молекулах: 1) внутренне диссимметричные хромофоры, т.е. хромофоры, не имеющие в силу своей структуры центра или плоскости симметрии; 2) внутренне симметричные хромофоры, но диссимметрично возмущенные хиральным окружением в молекуле.

Хромофоры первого типа, как правило, дают интенсивные эффекты Коттона, знаки к-рых связаны с хиральностью самого хромофора. Примером внутренне диссимметричных хромофоров являются хромофоры, содержащие изолированные или сопряженные  $\pi$ -системы, скрученные вследствие наличия определенных структурных или конформационных требований, напр. соед. ф-лы I, гелицены (ф-лу см. в ст. Хиральность). В этих хромофорах электронная система связ-ей сама по себе хиральна и обуславливает возможность проявления очень сильных эффектов Коттона ( $\Delta \epsilon \sim 10-100$ ). При этом правоспиральная конформация сопряженных диенов обнаруживает положит. эффект Коттона, а левоспиральная - отрицат. эффект Коттона. Природа заместителей при двойных связях значительно слабее влияет на характер ДОВ и КД, чем хиральность хромофорной системы.



В сочетании с электронными спектрами удастся определить не только хиральность системы, но и углы поворота сопряженных групп, поскольку они заметно влияют на интенсивность поглощения. Описанные закономерности для хромофоров первого типа используют при анализе структур разл. природных соед., таких, как стероиды, терпены и др.

Эффекты Коттона, связанные с внутренне симметричными хромофорами второго типа, дают ценную информацию о расположении группировок, окружающих хромофор. В молекулах с такими хромофорами интенсивность и знак эффекта Коттона в спектрах ДОВ и КД сильно зависят от их ближайшего окружения. Примеры таких хромофоров - ненатраженные изолированные двойные связи,  $=CO$ ,  $-CO-$ ,  $-SCN$ .

**Правило октантов.** Связь между знаком и величиной (по-луколичественно) наблюдаемого эффекта Коттона с конфигурацией или конформацией хирального в-ва выражается в виде полуэмпирич. правил. Наиб. часто применяют правило октантов для кетонного хромофора. Для этого хромофора наблюдается слабо интенсивный  $n \rightarrow \pi^*$  переход в области 290 нм, обусловленный возбуждением электрона несвязывающей  $2p_z$ -орбитали и переходом его на разрыхляющую  $\pi^*$ -орбиталь, образованную двумя  $2p_x$ -орбиталями атомов

углерода и кислорода карбонильной группы. Одна  $2p_x$ -орбиталь лежит в плоскости уз, ее узловой плоскостью (или нулевой пов-стью) является плоскость  $xz$  (А; см. рис. 3, а). Вторая  $2p_x$ -орбиталь лежит в плоскости  $xz$  и имеет две узловые пов-сти: плоскость уз (В) и неплоскую пов-сть (С), проходящую через центр связи  $C=O$  перпендикулярно ей. Пересечение этих трех пов-стей, к-рые считаются в первом приближении плоскими, делит молекулу циклогексанона в конформации кресла на 8 октантов.

На основании эксперим. данных ДОВ и КД кетонов известной конфигурации и конформации было установлено, что атомы или группы атомов, расположенные в дальних (за плоскостью С) левом (Л) верхнем и правом (П) нижнем октантах, дают положит. вклад в эффект Коттона, а атомы или группы атомов, расположенные в дальних правом верхнем и левом нижнем октантах, дают отрицат. вклад в эффект Коттона. Заместители, попадающие в одну из плоскостей (А, В, С), не дают вклада [аксиальный (а) и экваториальный (э) заместители у атома С-4 находятся в плоскости А; экваториальные заместители у атома С-2 находятся практически в плоскости В]. Знаки ближних октантов противоположны знакам дальних октантов.

Обычно используют не трехмерное изображение, а его проекцию на плоскость  $xu$  (рис. 3, б), т. к. для большинства соед. все заместители и фрагменты циклич. системы располагаются в дальних октантах за плоскостью С. Атомы фтора и дейтерия дают вклады противоположного знака по сравнению со всеми др. заместителями. Напр., (+)-3-метилциклогексанон (ф-ла II) может существовать в виде двух взаимопревращаемых конформеров (IIIа и IIIб). Для соед. IIIа правило

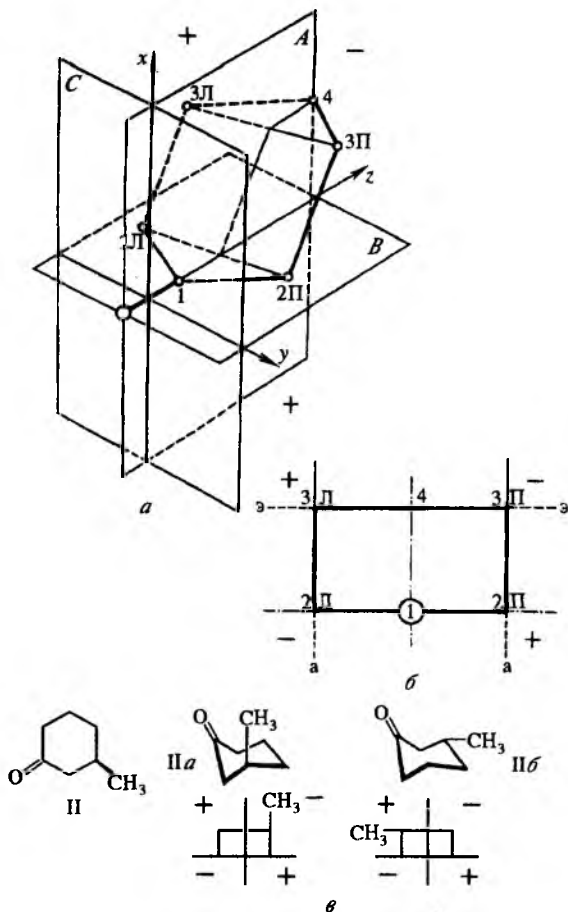


Рис. 3. Схема применения правила октантов: а - циклогексанон в конформации кресла, маленькие кружки - атомы С, большой - атом О; б - проекция ф-лы циклогексанона на плоскость  $xu$ ; в - (+)-3-метилциклогексанон ф-лы II.

октантов предсказывает отрицат. эффект Коттона, а для IIIб - положит. эффект Коттона (рис. 3, в). Экспериментально наблюдаемый положит. эффект Коттона для соед. II свидетельствует о существовании в-ва II в виде конформера с экваториальной группой  $CH_3$  (IIIб), что находится в соответствии с требованием конформационного анализа.

Хорошее соответствие между наблюдаемыми знаками эффекта Коттона и предсказываемыми на основании правила октантов видно на примере (+)-8-метилпергидро-5-инданона, имеющего *транс*-сочленение колец, к-рый может существовать в виде изомеров IIIа и IIIб (рис. 4). В соответствии с октантными диаграммами только первый дает положит. эффект Коттона, соответствующий наблюдаемому экспериментально.

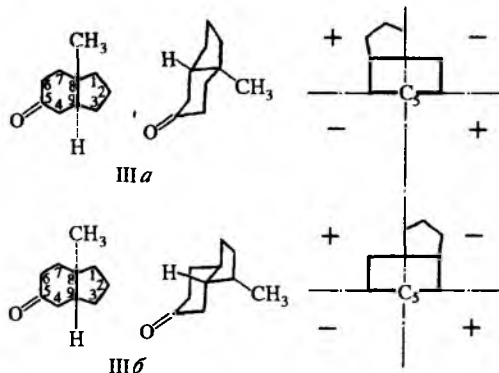


Рис. 4. Возможные конформации (+)-*транс*-8-метилпергидро-5-инданона и соответствующие октантные диаграммы.

Если известна конфигурация хиральных центров, то на основании правила октантов можно сделать вывод о конформации молекулы. Так, (2R, 5R)-2-хлор-5-метилциклогексанон (ф-ла IV) проявляет положит. эффект Коттона в метаноле и отрицат. в изооктане (рис. 5, а). Из рассмотрения октантных

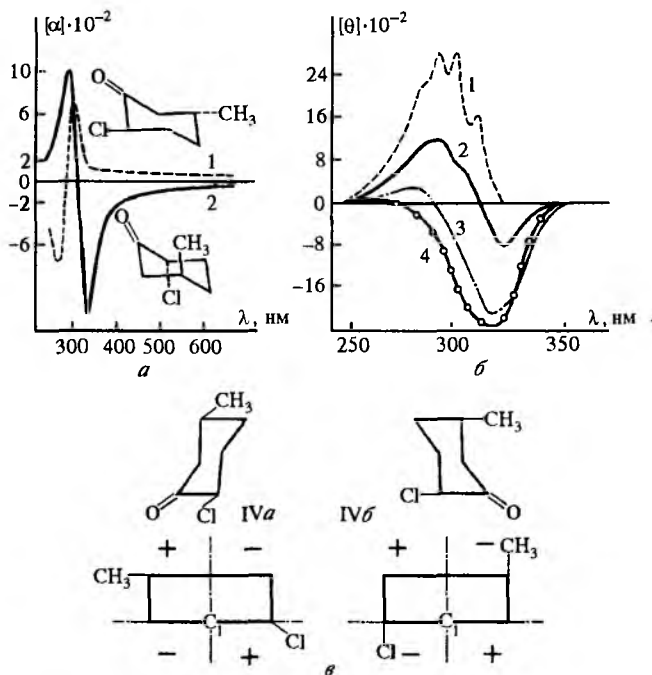


Рис. 5. Применение правила октантов для случая конформационного равновесия (+)-*транс*-2-хлор-5-метилциклогексанона: а - ДОВ в метаноле (кривая 1) и изооктане (2); б - КД в смеси диэтиловый эфир - изопентан - этанол при  $-192^{\circ}C$  (1) и  $25^{\circ}C$  (2), в  $CCl_4$  (3) и изооктане (4); в - октантные диаграммы для конформеров IVа и IVб.

диаграмм видно, что отрицат. эффект Коттона характерен для диаксиальной конформации (IV б), а положительный – для диэквиаториальной (IV а), т. е. в изооктане имеется диаксиальный конформер, вклад к-рого настолько больше вклада диэквиаториального конформера, что именно он определяет наблюдаемый знак эффекта Коттона.

Соотношение двух конформеров IVа и IVб было рассчитано на основании данных КД в широком интервале т-р (рис. 5, б). Оказалось, что в р-ре метанола присутствует 97% диэквиаториального конформера, а в р-ре изооктана ~ 88%. Несмотря на то, что полосы поглощения двух конформеров отстоят друг от друга на 20 нм, в УФ спектре имеется только одна широкая полоса поглощения вследствие перекрывания в области 290 нм, в то же время на кривой КД отчетливо видны две полосы.

Изменение знака эффекта Коттона под влиянием р-рителя не всегда связано с конформационными изменениями; оно м. б. также связано с эффектами сольватации. Напр., жесткая молекула изофенолона обнаруживает значит. изменение спектров КД при переходе от этанола к изооктану. Правило октантов позволяет не только предсказывать знак эффекта Коттона, но и приблизительно оценить его величину на основании многочисленных данных ДОВ и КД для кетонов разл. строения (моно-, би- и полициклических).

Правило октантов применяют не только к шестичленным циклич. кетонам, но также и к циклопентанонам, циклобутанонам и циклогептанонам, в ряде случаев его использовали для анализа КД ациклич. хиральных кетонов, напр. для алкил(этор-бутил)кетонов.

Вклады атомов или групп атомов в наблюдаемый эффект Коттона приблизительно пропорциональны их атомным рефракциям (см. *Рефракция молярная*). Для связи С—Н этот параметр мал, поэтому им пренебрегают при интерпретации спектров ДОВ и КД. Атомная рефракция фтора меньше, чем водорода, благодаря чему вклады связей С—F должны характеризоваться противоположным знаком, что и наблюдалось экспериментально. Положит. вклады в эффект Коттона дают Cl, Br, группа  $\text{CN}_3$ , отрицательные – фтор. Аналогичные правила предложены для др. хромофоров (олефинов, лактонов, тиоцианатов, нитрозосоединений, ароматич. соед.), что позволяет коррелировать данные ДОВ и КД с конфигурацией и конформацией этих соединений. Указанные правила связаны с эффектом Коттона изолированных хромофоров. Однако если в молекуле имеется более одного хромофора, то между ними возможно взаимодействие. Это приводит к появлению в спектрах ДОВ или КД в области полосы поглощения изолированного хромофора двух полос (куплет КД) примерно одинаковых по интенсивности, но противоположных по знаку (так называемое экситонное расщепление).

Корреляцию знака эффекта Коттона с хиральностью хромофора обычно получают эмпирически в виде соответствующих правил. Напр., установлено такое правило для  $\beta, \gamma$ -ненасыщенных кетонов: положит. длинноволновому максимуму в куплете КД соответствует конформация, скрученная по правой спирали, а отрицательному – по левой. Это правило носит назв. правила экситонной хиральности. Его широко применяют для определения абс. конфигурации (напр., бензоатное правило для диолов), конфигурации и конформации природных соединений. Особенно часто эффект экситонного расщепления встречается в спектрах белков и нуклеиновых к-т. Методы ДОВ и КД позволяют определять содержание вторичных структур в белках и полипептидах.

Х. м. применяют как для анализа оптически активных соед. (напр., сложных стероидных структур – промежуц. продуктов в синтезе важных гормональных препаратов, для к-рых стереохим. аспект имеет решающее значение), так и оптически неактивных. В последнем случае используют соответствующие хиральные реагенты, позволяющие превратить оптически неактивные анализируемые соед. в оптически активные, для к-рых эффект Коттона проявляется в доступной для измерения области.

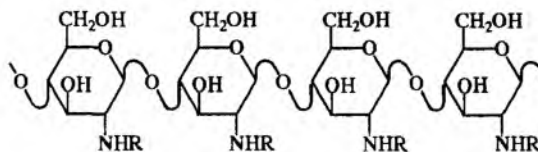
Для нек-рых соединений электронные переходы лежат в области, не всегда доступной для измерений (спирты, углеводороды), что существенно ограничивает возможности изучения КД этих в-в. Однако источником стереохим. информации о хиральных молекулах м. б. не только электронные переходы, но и переходы между колебат. уровнями энергии молекул. Оптич. активность может проявляться в колебательных спектрах (ИК и комбинационного рассеяния) в большем числе переходов – соотв. числу колебаний в молекуле, в к-рых участвуют все ее части. Получаемая информация позволяет идентифицировать абс. конфигурацию молекулы по знаку колебательного КД, выделить наличие определенных конформеров. Установлены нек-рые закономерности, напр., исследование L-аминокислот позволило установить правило: знак полосы колебат. КД для  $\text{C}^*-\text{H}$  всегда положителен ( $\text{C}^*$  – асимметрич. атом).

Помимо естеств. оптич. активности можно измерять магн. оптич. активность (МДОВ) и магн. КД (МКД). Методы МДОВ и МКД не требуют наличия хирального центра или к.-л. др. элемента, хиральности. Они основаны на том, что магн. поле, силовые линии к-рого ориентированы вдоль направления луча линейно поляризованного света, индуцирует оптич. активность у любых орг. соед. (т. наз. *Фарадея эффект*). Знаки индуцированных эффектов Коттона зависят от направления света относительно магн. поля. Величина магнитооптич. вращения определяется из ур-ния Верде:  $\beta = V(\lambda, t) \cdot l \cdot H$ , где  $\beta$  – напряженность магн. поля;  $l$  – длина пути луча, проходящего параллельно магн. силовым линиям через слой в-ва;  $V$  – константа Верде, характеризующая в-во и зависящая от длины волны и т-ры  $t$ . Методы МДОВ и МКД используют как для анализа орг. соед., так и для изучения электронных переходов, напр. в мол. комплексах с переносом заряда.

Лит.: Джерасси К., Дисперсия оптического вращения, пер. с англ., М., 1962; Дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм в органической химии, под ред. Г. Святке, пер. с англ., М., 1970; Ноград М., Стереохимия, пер. с англ., М., 1984; Потапов В.М., Стереохимия, 2 изд., М., 1988; Вилков Л.В., Пентин Ю.А., Физические методы исследования в химии, М., 1989.

В.М. Демьянович

**ХИТИН**, высокомолекулярный линейный полисахарид, построенный из остатков N-ацетил- $\beta$ -D-глюкозамина с 1→4-связями между ними (см. ф-лу). Деацетилированные (частично или полностью) полимеры, встречающиеся в природе или получаемые хим. обработкой Х., носят назв. хитозанов.



R = Ac Хитин  
R = H Хитозан

Х. широко распространен в природе, являясь опорным компонентом клеточной стенки большинства грибов и нек-рых водорослей, наружной оболочки членистоногих и червей, нек-рых органов моллюсков.

Аналогия в хим. строении Х. и целлюлозы приводит к близости их физ.-хим. св-в, что позволяет им выполнять сходные ф-ции в живых системах. Как и молекулы целлюлозы, молекулы Х. обладают большой жесткостью и выраженной склонностью к межмолекулярной ассоциации с образованием высокоупорядоченных надмолекулярных структур. Известно неск. типов таких кристаллич. образований ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -хитины), к-рые различаются степенью упорядоченности и взаимной ориентацией отдельных полимерных цепей. Х. не раств. в воде, и его удается растворить только в присут. агентов, эффективно разрывающих водородные связи (насыщенный водный р-р  $\text{LiSCN}$ , 5–10%-ный р-р  $\text{LiCl}$  в ДМСО или N,N-диметилацетамиде).

Биосинтез хитина происходит в особых клеточных оргanelлах (хитосомах) с участием фермента хитинсинтазы путем последоват. переноса остатков N-ацетил-

D-глюкозамина из уридиндифосфат-N-ацетил-D-глюкозамина на растущую полимерную цепь. Хитозан, наличие к-рого особенно характерно для клеточных стенок нек-рых грибов, образуется путем ферментативного N-деацетилирования X.

В природе X. находится в комплексе с др. полисахаридами и минер. в-вами и ковалентно связан с белком. Для выделения X. пользуются его нерастворимостью и большой хим. стойкостью, переводя в р-р сопутствующие компоненты сырья. Так, панцири крабов или омаров, содержащие до 25% X., деминерализуют соляной к-той, белки раств. в горячей щелочи, отбеливание X. проводят H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Более мягкие условия выделения заключаются в деминерализации комплексонами и обработке окислителями при нейтральных рН. Получаемый таким способом X. имеет мол. массу порядка неск. миллионов.

X. медленно раств. в конц. HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с деструкцией полимерных цепей. Для препаративного получения хитоолигосахаридов разработаны условия частичного кислотного гидролиза, сольволиза жидким HF и ферментативного расщепления. При продолжит. нагревании с сильными минер. к-тами образуется D-глюкозамин. При нагр. с сильными щелочами происходит N-деацетилирование с образованием хитозана; практически получаемые образцы хитозанов обычно имеют мол. массу порядка (1-5) · 10<sup>5</sup> и могут различаться остаточным содержанием ацетильных групп.

X. является вторым после целлюлозы по распространенности природным биополимером. Его ежегодное образование составляет неск. десятков миллиардов тонн. Наиб. доступными источниками X. служат отходы промысла морских беспозвоночных и мицелий низших грибов. Практич. использование немодифицированного X. сдерживается его плохой р-римостью. Хотя волокна и пленки из X. обладают ценными св-вами, до сих пор отсутствует экономичный и удобный с технол. точки зрения метод их получения. Более перспективен хитозан, к-рый раств. в к-тах с образованием солей, дающих высоковязкие р-ры. Хитозан дает прочные соед. с белками, анионными полисахаридами, образует хелатные комплексы с металлами и т.д., на чем основано его применение для удаления белка из сточных вод в произ-ве пищ. продуктов (мясная, рыбная, молочная пром-сть, сыроделие), создания хелатирующих ионообменников, иммобилизации живых клеток в биотехнологии, при изготовлении мед. препаратов, отделке бумаги и текстильных волокон. Нек-рые N-ацилпроизводные хитозана — хорошие телеобразователи; при ацилировании хитозана производными дикарбоновых к-т получают поперечносшитые гели, удобные для иммобилизации ферментов. Алкилирование аминогрупп хитозана можно проводить действием альдегидов или кетонов с последующим восстановлением оснований Шиффа. Получаемый по этой схеме из хитозана и глиоксиловой кислоты N-карбоксиметилхитозан обладает высоким сродством к переходным металлам за счет хелатирования.

X., подобно многим растит. полисахаридам, активирует макрофаги и способствует увеличению продукции антител В-клетками. X. и хитозан стимулируют животные клетки, участвующие в иммунологич. защите против раковых клеток и патогенов. Хитозан обладает выраженной гипохолестеринемич. и гиполипидемич. активностью. X. и хитозан ускоряют заживление ран, разл. сульфатированные производные хитозана, особенно сульфат N-карбоксиметилхитозана, обладают св-вами антикоагулянтов крови.

Лит.: Muzzarelli R. A. A., Chitin, Oxf.- N.Y., 1977. А. И. Усов.

**ХЛАДАГЕНТЫ**, см. Холодильные процессы.

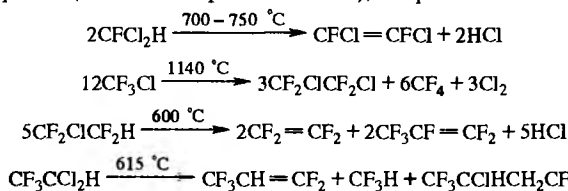
**ХЛАДОНЫ** (фреоны), насыщ. фторуглероды или полифторуглеводороды (часто содержит также атомы Cl, реже — Br).

Торговые названия X. состоят из фирменного названия (в России — хладон, в США — фреон, по международному стандарту — буква R) и цифрового обозначения, в к-ром первая цифра — число атомов C минус единица (для соед. метанового ряда эта цифра опускается), вторая — число атомов H плюс единица, третья — число атомов F (если число атомов F

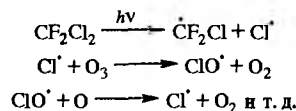
больше 9, то ставится дефис и далее цифра, указывающая на число атомов F в молекуле), напр. дифторхлорметан CHF<sub>2</sub>Cl наз. хладоном 22, декафторбутан C<sub>4</sub>F<sub>10</sub> — хладоном 31-10. Для X., содержащих атомы Br, ставится буква B и цифра, показывающая число атомов Br, напр. дифторхлорбромметан CF<sub>2</sub>ClBr наз. хладоном 12B1. Для циклич. X. перед цифровым обозначением ставится буква C, напр. перфторциклобутан наз. хладоном C318. При наличии изомеров цифровое обозначение соответствует наиб. симметричному соед. (наименьшая разность масс левой и правой частей молекулы), а у последующих, все более несимметричных, добавляются буквы a, b, c и т.д., напр. 1,1,1-трифторэтан наз. хладоном 143a. При наличии двойной связи в молекуле X. в качестве четвертой цифры используют единицу.

X. — газообразные или жидкие в-ва (табл.), раств. в орг. р-рителях, плохо или практически не раств. в воде; нек-рые X. образуют кристаллогидраты.

X. — относительно инертны, их хим. превращения требуют высоких т-р. Пиролиз ряда X. при 600–1150 °C приводит к фторолефинам, фторпарафинам, галогенам или галогеноводородам (если X. содержит атомы H), напр.:

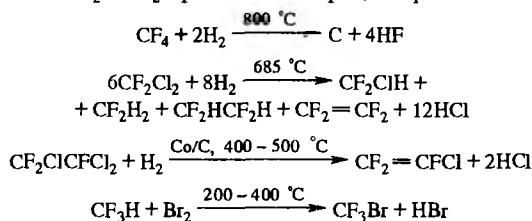


При УФ облучении в присут. O<sub>2</sub> X. разрушаются с образованием радикалов, к-рые диспропорционируют до фторкарбонильных соед., фторолефинов, галогенов и др. Хлорсодержащие X. при УФ облучении выделяют атомарный хлор, к-рый взаимодей. с молекулами озона:

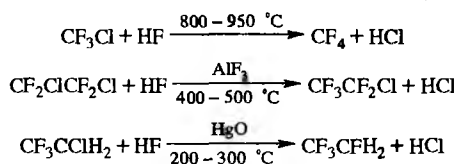


В стратосфере это приводит к снижению концентрации озона (т. наз. озоновые дыры).

При взаимодей. с H<sub>2</sub> X. дегидрогалогенируются или образуют продукты замещения галогенов на H; водородсодержащие X. взаимодей. с Br<sub>2</sub> и Cl<sub>2</sub> при высоких т-рах, напр.:



При взаимодей. X. с F<sub>2</sub> образуется, как правило, смесь продуктов фторирования. X., содержащие Cl или Br, замещают их на F при р-ции с HF в присут. катализаторов, напр.:



Бромсодержащие X. склонны к термич. распаду, могут ингибировать цепные радикальные процессы (окисление и др.).

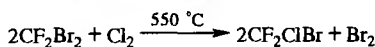
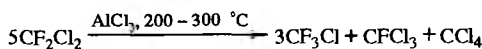
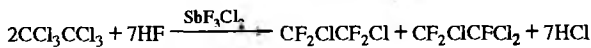
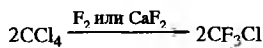
Осн. пром. методы получения X. — жидко- или газофазное фторирование хлор- или бромпарафинов фтором, фторидами металлов или безводным HF в присут. галогенидов Sb; дис-

СВОЙСТВА ХЛАДОНОВ

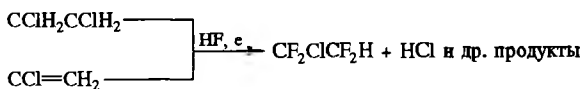
Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>20</sup> (°С)	γ <sub>20</sub> <sup>20</sup> (°С)	t <sub>крит.</sub> °С	d <sub>крит.</sub> <sup>20</sup> кг/м <sup>3</sup>	p <sub>крит.</sub> МПа	ΔH <sub>исп</sub> при т. кип., кДж/моль	C <sub>p</sub> , кДж/(кг·К)	Давление пара, МПа (20 °С)
Хладон 11 CFCl <sub>3</sub>	137,37	-110,45	23,65	1,476 (25)	1,3824 (20)	198,0	570,2	4,370	24,97	0,872	0,0889
Хладон 12 CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	120,91	-155,95	-29,74	1,442 (-15)	1,2950 (20)	112,0	579,1	4,119	20,01	0,972	0,5665
Хладон 12В1 CF <sub>2</sub> ClBr	165,36	-159,5	-4,0	1,880 (21)	—	153,7	741,0	4,252	22,26	—	0,2345
Хладон 12В2 CF <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>	209,82	-141,1	24,2	2,288 (15)	1,399 (12)	198,85	866,4	4,335	24,86	1,034	0,0850
Хладон 13 CF <sub>3</sub> Cl	104,46	-181,0	-81,5	1,298 (-30)	1,1990 (-73,3)	28,8	582,4	3,878	15,43	0,851	3,186
Хладон 13В1 CF <sub>3</sub> Br	148,91	-174,7	-57,8	1,538 (25)	1,238 (25)	66,9	770,0	3,946	17,62	0,872	1,430
Хладон 14 CF <sub>4</sub>	88,00	-183,6	-128,0	1,638 (-133)	1,151 (-73,3)	-45,65	625,0	3,745	11,76	1,231	—
Хладон 21 CHFCl <sub>2</sub>	102,92	-127,0	8,7	1,4256 (25)	1,3602 (25)	178,5	528,0	5,190	24,61	1,073	0,1531
Хладон 22 CHF <sub>2</sub> Cl	86,47	-157,4	-40,85	1,4909 (-69)	1,2670 (20)	96,13	512,8	4,986	20,19	1,110	0,9097
Хладон 23 CHF <sub>3</sub>	70,01	-155,15	-82,2	—	1,215 (-73,3)	25,85	525,0	4,82	16,75	—	4,193
Хладон 112 CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> CFCl <sub>2</sub>	203,83	26,0	92,8	1,634 (30)	1,4115 (26)	285,5	550,0	3,51	30,88	—	0,0236*
Хладон 112а CF <sub>2</sub> ClCCl <sub>3</sub>	203,83	40,5	92	1,649 (20)	—	278,0	573,0	3,34	30,57	—	0,0240*
Хладон 113 CF <sub>2</sub> ClCFCl <sub>2</sub>	187,38	-36,6	47,5	1,582 (20)	1,3588 (20)	214,3	574,5	3,406	26,81	0,947	0,0364
Хладон 114 CF <sub>2</sub> ClCF <sub>2</sub> Cl	170,92	-94	3,55	1,470 (20)	1,2865 (25)	145,7	580,0	3,27	22,91	0,927	0,1834
Хладон 114В2 CF <sub>2</sub> BrCF <sub>2</sub> Br	259,82	-110,5	47,5	2,18 (20)	1,3708 (20)	214,15	790	3,358	26,66	—	0,0370
Хладон 115 CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> Cl	154,47	-106	-38,97	1,6914 (-76)	1,2678 (-42,2)	80,0	592,3	3,123	19,41	—	0,7909
Хладон 123 CF <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>	-152,93	-107	27,1	1,475 (15)	1,3332 (15)	182,0	533	3,56	25,59	—	0,0778
Хладон 124а CF <sub>2</sub> ClCHF <sub>2</sub>	136,48	-117	-12,0	—	—	126,7	521	3,47	21,59	—	0,3154
Хладон 134 CF <sub>2</sub> HCHF <sub>2</sub>	102,03	—	-22,5	—	—	110,25	477	3,77	—	—	0,4737
Хладон 142а CF <sub>2</sub> ClCH <sub>3</sub>	100,49	-130,8	-9,2	1,120 (25)	—	136,45	459,0	4,138	22,57	—	0,2904
Хладон 143а CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	84,04	-111,3	-47,6	0,924 (30)	—	73,1	445	4,11	19,88	—	1,187
Хладон 152а CHF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	66,05	-117	-24,55	1,004 (-25)	1,3011 (-72)	113,5	365,0	4,491	21,88	—	0,5267
Хладон 218 CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	188,02	-148,3	-36,8	1,350 (20)	—	71,9	628	2,677	20,26	—	0,7631
Хладон С318 CF <sub>2</sub> (CF <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CF <sub>2</sub>	200,03	-41,4	6,0	1,5341 (20)	1,217 (25)	115,22	616	2,778	22,31	—	0,2655

\*При 50 °С

пропорционирование полифторхлоралканов при 150–250 °С в присут. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> или AlCl<sub>3</sub>; хлорирование либо бромирование фторуглеводородов при 500–600 °С:



Х. могут быть получены также фторированием алканов или алкилгалогенидов SF<sub>4</sub> либо электрохим. фторированием алкилгалогенидов или алкенилгалогенидов, напр.:



Х. – рабочие тела в пром. и бытовых холодильных агрегатах и кондиционерах; пропелленты для аэрозолей; порообразователи при произ-ве пенопластов и пенополиуретанов; инерт-

ные р-ители; реагенты для сухого травления при изготовлении интегральных схем; чистящие средства. Нек-рые Х. применяют для синтеза фгормономеров и др. орг. продуктов. Бромсодержащие Х. используют в огнетушащих составах в качестве ингибиторов пламени и флегматизаторов горения углеводородов.

В связи с влиянием на стратосферный озон (Х. обнаружены на высоте 15–30 км от пов-сти Земли) пром. применение Х. уменьшается. В 1985 была подписана Венская конвенция по защите озонового слоя, а в 1987 в Монреале принят Протокол, подписанный всеми основными странами, производящими Х., в к-ром определен перечень озоноактивных Х. и намечены сроки обязат. сокращения объемов их произ-ва. Это хладоны 11, 12, 113, 114, 115, 12В1, 13В1, 114В2. Согласно дополнению, внесенному в монреальский Протокол в июне 1990, предписывается снизить произ-во указанных Х. к 1995 на 50%, к 1997 на 85% и к 2000 прекратить совсем. Ввиду этого ведутся разработки новых, экологически безопасных Х. (типа 123, 134 и др.), обладающих необходимыми эксплуат. св-вами и легко разрушающихся в атмосфере с образованием малоактивных в-в.

Большинство Х. – малотоксичны (нек-рые раздражают слизистые оболочки глаз и верхних дыхат. путей). Вдыхание воздуха с большими концентрациями Х. может привести к



отеку легких. ПДК 1000–3000 мг/м<sup>3</sup>. Особенно опасно воздействие продуктов разложения нек-рых Х. на горячих пов-стях или в пламени (могут содержать фосген, HCl, HF, COF<sub>2</sub> и др.). Для большинства Х. т. самовоспл. выше 600 °С. Мировое произ-во Х. ок. 900 тыс. т в год (1988).

Лит.: Исигава Н., Кобаяси Ё., Фтор. Химия и применение, пер. с япон., М., 1982; Новое в технологии соединений фтора, под ред. Н. Исигава, пер. с япон., М., 1984; Промышленные фторорганические продукты. Справочник. Л., 1990.

И. И. Крылов.

**ХЛОПИНА ЗАКОН**, см. *Соосаждение*.

**ХЛОПКОВОЕ МАСЛО**, жидкость от желтого до красно-бурого цвета; т. заст. от –5 до –6 °С;  $d_{20}^{20}$  0,918–0,932,  $n_D^{20}$  1,4634–1,476,  $\eta$  59,2–73,4 мПа·с; иодное число 101–116, число омыления 188–199, родановое число 62–67, ацетильное число 12–15, число Генера 95–97, число Поленске 0,2–0,7. Раств. в орг. р-рителях (кроме метанола и этанола), не раств. в воде. Относится к полувывсыхающим *растительным маслам*.

Представляет собой смесь глицеридов к-т состава: ненасыщенные к-ты – до 44% линолевой, 34–44% линоленовой, 23–35% олеиновой; насыщенные к-ты – 20–22% пальмитиновой, 1–2% стеариновой, 0,3–0,5% миристиновой, 0,1–0,6% арахидиновой. Содержит также до 3% омыляемых и неомыляемых в-в – фосфолипиды, воски и воскообразные в-ва, стерин, токоферолы (81 мг на 100 г масла), белки, углеводы, пигменты, в частности токсичный пигмент госсипол (0,14–2,5%).

Выделяют Х. м. из семян хлопчатника разл. видов, пл. обр. *Gossipium hirsutum*, содержащих до 25% масла, прессованием или экстракцией орг. р-рителями при 50–60 °С с послед. рафинированием, дезодорацией, отбелкой с помощью антрапиновой к-ты. Состав Х. м. существенно зависит от сорта хлопчатника, места произрастания, способа извлечения масла и его очистки.

Нерафинированное Х. м. – сырье в произ-ве жирных к-т (см. *Соапсток*), глицерина, мыла, компонент смазочных материалов, добавка к высыхающим маслам при получении алкидных смол и олиф; рафинированное Х. м. – пищевой продукт, сырье в произ-ве маргарина, майонеза, косметик. ср-в, туалетного и хоз. мыла; кулинарный и хлебопекарный жир. Выделенный из Х. м. пищевой пальмитин – заменитель животного жира при произ-ве туалетного мыла.

См. также *Жиры*.

В. Х. Паронян.

**ХЛОР** (от греч. *chlōros* – желто-зеленый; лат. *Chlorum*) Cl, хим. элемент VII гр. периодич. системы, относится к *галогенам*; ат. н. 17, ат. м. 35,453. Прир. Х. состоит из смеси двух изотопов <sup>35</sup>Cl (75,77%) и <sup>37</sup>Cl (24,23%); ядра обоих изотопов имеют электрич. квадрупольный момент. Конфигурация внеш. электронной оболочки атома 3s<sup>2</sup>3p<sup>5</sup>; степени окисления –1 (*хлориды*), +1 (*гипохлориты*), +3 (*хлориты*), +5 (*хлораты*) и +7 (*перхлораты*); сродство к электрону 3,614 эВ; потенциал ионизации при последоват. переходе от Cl<sup>0</sup> к Cl<sup>1+</sup> 12,96776, 23,805, 39,90, 53,50, 67,80, 96,7 и 114,27 эВ; электроотрицательность по Полингу 3,16; ковалентный радиус Cl<sup>0</sup> 0,099 нм; ионные радиусы (в скобках указаны координац. числа) Cl<sup>–</sup> 0,167 нм (6), Cl<sup>3+</sup> 0,026 нм (3), Cl<sup>7+</sup> 0,022 нм (4), 0,041 нм (6).

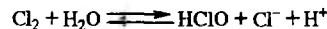
Молекула Х. двухатомна, длина связи (в газе)  $r = 0,1987$  нм. Имеет два связанных состояния  $X^1\Sigma_g^+$  и  $A^3\Pi_u$ , последнее – возбужденное с энергией 2,2109 эВ и  $r = 0,2435$  нм. Эти состояния коррелируют с валентными состояниями атома хлора  $^2P_{3/2}$  и  $^2P_{1/2}$ . Сродство Cl<sub>2</sub> к электрону 2,45 эВ, потенциал ионизации 11,48 эВ. Энергия диссоциации Cl<sub>2</sub> 239,240 кДж/моль, равновесная термич. диссоциация Cl<sub>2</sub> на атомы определяются константой  $K^0(T) = p^2(\text{Cl})/p(\text{Cl}_2)$ , где  $p$  – давление;  $\lg K^0 = -6,8257$  (1000 К),  $0,2660$  (2000 К),  $1,9617$  (3000 К).

Среднее содержание Х. в земной коре 1,7·10<sup>–2</sup>% по массе. Очень велики запасы Х. в мировом океане (среднее содержание 18,83 г/л); в виде NaCl (50–240 г/л) находится в подземных рассолах. В земной коре Х. встречается в осн. в виде каменной соли (галита) NaCl, карналита KCl·MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, сильвина KCl, сильвинита NaCl·KCl, каи-

нита KCl·MgSO<sub>4</sub>·3H<sub>2</sub>O, бишофита MgCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, тахидрита 2MgCl<sub>2</sub>·CaCl<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O; другие менее распространенные минералы – кераригит AgCl, бисмоделит BiOCl, псевдокунгит K<sub>2</sub>PbCl<sub>4</sub>, баумлерит 2KCl·CaCl<sub>2</sub>. Содержание Х. в силикатных (каменных) метеоритах 0,09%, в железных – 0,36% (в осн. в виде FeCl<sub>3</sub>), в вулканич. газах – до 1,3% (в виде Cl<sub>2</sub>, HCl, NaCl и др.). Содержание Х. в человеческом теле 0,25% (0,45% от сухой массы); в плазме крови 0,32–0,37%, в растениях зависит от вида и от состава почвы, напр., табак содержит 2,3% Х., морковь – 1,5%, зерно – 0,05%, картофель – 0,03%.

**Свойства.** Х. – желто-зеленый газ с резким удушающим запахом; т. пл. –100,98 °С, т. кип. –33,97 °С; тройная точка:  $t_{\text{тр}}$  172,17 К, давление 1,392 кПа,  $dp/dT = 0,128$  кПа/К;  $t_{\text{крит}}$  143,75 °С,  $p_{\text{крит}}$  7977,3 кПа,  $d_{\text{крит}}$  0,573 г/см<sup>3</sup>; ур-ние температурной зависимости плотн. в интервале от –90 до 80 °С  $d = 1,6583346 - 0,002003753/(t + 80) + 0,0545596743 \cdot (t + 80)^2$  г/см<sup>3</sup>, при 25 °С плотн. 3,214 г/см<sup>3</sup>, плотн. твердого при –195 °С 2,13 г/см<sup>3</sup>; для Cl<sub>2</sub>:  $C_p^0$  33,949 Дж/(моль·К),  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  6,757 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  22,43 кДж/моль,  $S_{298}^0$  222,965 Дж/(моль·К); для атома Cl (газ):  $C_p^0$  21,838 Дж/(моль·К),  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  121,302 кДж/моль,  $S_{298}^0$  165,076 Дж/(моль·К); для иона Cl<sup>–</sup> (газ):  $C_p^0$  20,786 Дж/(моль·К),  $S_{298}^0$  153,346 Дж/(моль·К),  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  –233,670 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  Cl<sup>–</sup> (в воде) –167,080 кДж/моль; ур-ние температурной зависимости давления пара  $\ln p = A + B/T + C \ln T + DT + E(F - T)/FT$  (205–417 К), где  $A = 62,402508$ ,  $B = -4343,5240$ ,  $C = -7,8661534$ ,  $D = 1,0666308 \cdot 10^{-2}$ ,  $E = 95,248723$ ,  $F = 424,90$ ; при 20 °С давление пара Cl<sub>2</sub> 0,669 МПа;  $\eta$  4,88·10<sup>–4</sup> Па·с, ур-ние температурной зависимости  $\eta = [0,00585(1 + 0,05878t - 0,05392t^2)] \times 10^{-5}$  Па·с (от –34 до –77 °С);  $\gamma$  10<sup>–5</sup> Н/см (–61,3 °С), 28,38 (–44,5 °С), 25,23 (–28,7 °С), ур-ние температурной зависимости  $\gamma = [21,70(1 - 0,007742t)] \cdot 10^{-5}$  Н/см;  $\epsilon$  1,00152 (25 °С), 2,147 (–65,15 °С), 2,088 (–45,25 °С), 2,051 (–22,0 °С), 1,968 (0 °С), 1,54 (142 °С). Электродный потенциал Cl<sub>2</sub> (газ, 0,1 МПа)/Cl<sup>–</sup> (в воде коэф. активности ~ 1) 1,3583 В; изотермич. коэф. сжимаемости жидкого Х. в интервале 0–10 МПа 0,0118%/МПа, адиабатич. коэф. сжимаемости газообразного Х. 5,73·10<sup>–5</sup>%/мм рт. ст.; температурный коэф. объемного расширения 21,9·10<sup>–4</sup> К<sup>–1</sup> (298К); теплопроводность 0,079 Вт/(м·К) при 273 К. Кристаллизуется при –160 °С в ромбич. решетке,  $a = 0,624$  нм,  $b = 0,448$  нм,  $c = 0,826$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа *Stca*,  $r = 0,1980$  нм.

Х. хорошо раств. в неполярных жидкостях, хуже – в воде. Р-римость, % по массе: в CCl<sub>4</sub> – 16,4 (0 °С), 8,46 (25 °С), бензоле – 24,7 (10 °С), 18,5 (20 °С), 14,7 (30 °С), воде – 1,44 (0 °С), 1,07 (6 °С), 0,828 (15 °С), 0,711 (20 °С), 0,626 (25 °С), 0,449 (40 °С), 0,323 (60 °С). В конц. р-рах NaCl р-римость Cl<sub>2</sub> в неск. раз ниже, чем в воде. В водном р-ре Х. устанавливается равновесие:



Из водного р-ра кристаллизуется клатрат Cl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O, давление его диссоциации 0,1 МПа при 9,6 °С. С ионом Cl<sup>–</sup> молекулы Cl<sub>2</sub> образуют в водном р-ре ионы Cl<sub>3</sub> по р-ции: Cl<sub>2</sub> + Cl<sup>–</sup>  $\rightleftharpoons$  Cl<sub>3</sub>,  $K = 0,19$ . Жидкий Х. сам может служить р-рителем, напр. р-римость в Cl<sub>2</sub>, % по массе: BCl<sub>3</sub> 65,5 (–136,4 °С), SiCl<sub>4</sub> 28,8 (0 °С), TiCl<sub>4</sub> 74,9 (20 °С).

Х. – один из наиб. химически активных элементов, он непосредственно взаимодей. со всеми металлами и большинством неметаллов (образуя хлориды), лишь р-ция Х. с O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и Хе требует спец. методов активации – УФ облучения или электролиза, в остальных случаях достаточно простого нагрева. Хлорирование наиб. пассивных к Х. металлов начинается при след. т-рах, °С: Ni 680, Mg 600, Pt 560, W 540, Cr 520, Mo 420, Ta 380, Ag 260, Ti 250, Cu и Al 240, Fe 215. Сера и фтор реагируют с Х. при комнатной т-ре, Si – при 200 °С, углерод в виде графита устойчив к Х. до 700 °С. Реакционная способность оксидов металлов по отношению к Х. (образуются хлориды) значительно ниже, чем у соответствующих металлов, и убывает в ряду: Na<sub>2</sub>O, Ag<sub>2</sub>O, CaO, PbO, CdO, MnO, NiO, ZnO, FeO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

SiO<sub>2</sub>. В присут. углерода т-ра хлорирования оксидов снижается.

Причина высокой химической активности Х. – в сравнительной легкости образования атомов Cl из молекул Cl<sub>2</sub>, в высоком сродстве атома Х. к электрону (самое высокое среди атомов хим. элементов; выше, чем у фтора) и в высокой энергии связи Х. с большинством элементов. Стабильные соед. Х. – хлориды, гипохлориты, хлориты, хлораты, перхлораты. Действит. заряд на атоме Cl во всех соед. этих классов по абс. величине значительно ниже формального. Из-за высокого сродства атома Cl и хлоркислородных радикалов к электрону Х. бывает анионом, входит в состав аниона (ClO<sup>-</sup>, ClO<sub>2</sub><sup>-</sup>, ClO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>) или является лигандом в комплексных анионах VCl<sub>4</sub><sup>-</sup>, TiCl<sub>6</sub><sup>2-</sup> и т. п.

Сильно экзотермич. р-ция Х. с H<sub>2</sub> (Cl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> → 2HCl) приводит к образованию хлористого водорода (см. *Соляная кислота*), она может протекать взрывообразно, особенно на свету: КПВ для системы H<sub>2</sub> – Cl<sub>2</sub> 11,5 – 95% по объему Х. В присут. AlCl<sub>3</sub> р-ция гладко протекает в темноте при 130 °С.

Прямое взаимодей. Х. с N<sub>2</sub> возможно только в электроразряде, единств. известный бинарный хлорид азота NCl<sub>3</sub> чрезвычайно взрывчат, получают его хлорированием NH<sub>3</sub> или солей аммония (см. *Азот*). С кислородом Х. образует неск. *хлора оксидов*, наиб. важны Cl<sub>2</sub>O, ClO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Все оксиды Х. нестабильны и взрывоопасны. С фтором Х. образует 3 бинарных фторида: ClF, ClF<sub>3</sub> и ClF<sub>5</sub>, все они м. б. получены прямой р-цией между элементами. Попытка выделить высш. фторид Х. не привела к успеху, однако известны его производные, напр. кристаллич. ClF<sub>2</sub>PtF<sub>6</sub>. Прямой р-цией Cl<sub>2</sub> с др. галогенами м. б. получены ICl, ICl<sub>3</sub> и BrCl. См. также *Галогенфториды*, *Межгалогенные соединения*. О взаимодей. Х. с орг. в-вами см. *Галогенирование*.

**Получение.** Практически весь производимый в мире Х. получают электрохим. методом (2NaCl + 2H<sub>2</sub>O  $\xrightarrow{nc}$  Cl<sub>2</sub> + 2NaOH + H<sub>2</sub>) – электролизом водного р-ра NaCl или, гораздо реже, KCl. Другие продукты электролиза – щелочь (1,13 т NaOH на 1 т Cl<sub>2</sub>) и H<sub>2</sub>. На получение 1 т Х. расходуют в зависимости от способа произ-ва от 2300 до 3700 кВт·ч электроэнергии, что составляет примерно 50% издержек произ-ва (в ценах на электроэнергию 1975), причем эта доля имеет тенденцию к росту. На произ-во Х. в США затрачивают ~ 2% всей вырабатываемой электроэнергии и 28% энергии, потребляемой в электрохим. пром-сти.

Используют 3 метода электролиза р-ров хлоридов: 1) ртутный; катод – Hg, Х. выделяется на твердом аноде и электродные пространства не разделены; 2) диафрагменный; оба электрода твердые, анодное и катодное пространство разделены фильтрующей диафрагмой; 3) мембранный; анодное и катодное пространство разделены катионообменной мембраной. Первые два метода существуют ок. 100 лет, третий применяют с 1975. При электролизе по второму методу непосредственно в электролизере образуется р-р NaOH и NaCl в молярном отношении 1:1. Упариванием этого «электролитич. шелока» получают товарный NaOH, содержащий 2–3,5% (в пересчете на NaOH) NaCl. Электролизом по первому способу получают амальгаму щелочного металла, при водном разложении к-рой образуются конц. р-ры чистых щелочей NaOH или KOH. Возможность получения чистых щелочей, отвечающих требованиям, предъявляемым к реактивам, была осн. преимуществом ртутного метода до появления мембранного. Мембранный метод позволяет получать чистые щелочи без использования Hg, экологически менее опасен, требует меньшего расхода энергии и меньших капитальных вложений, поэтому доля Х., полученного этим методом, непрерывно возрастает. Одновременно во всем мире падает доля ртутного метода. С 1986 Япония отказалась от ртутного метода.

До 60-х гг. в качестве материала для анодов в хлорном произ-ве использовался графит. Графитовые аноды подвергаются быстрому разрушению при электролизе, поэтому они заменены на металлические на основе Ti, Ti – Ru – Ir, Ti – Ir, Ti – Pt – Ir, покрытые активной массой из оксидов Ti и Ru. Оксиднорутениевые аноды обладают очень высокой кор-

розионной стойкостью (расход Ru ок. 0,1 г на 1 т Cl<sub>2</sub>) и обеспечивают хороший выход Х. по току даже при высокой степени превращения NaCl в анодном пространстве.

Фильтрующие диафрагмы изготовлялись из асбестовой бумаги или волокна, ныне используют асбест с полимерными связующими, что предупреждает набухание диафрагмы, либо полимерные диафрагмы из пористой перфторир. пленки или волокна. Эти диафрагмы имеют срок службы более 500 сут.

Мембраны, непроницаемые для жидкости и газа, пропускающие лишь ионы Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup>, имеют толщину 0,1–0,25 мм и размеры 2 × 2 м, материал мембран – сополимеры тетрафторэтилена с сульфонилированными или карбоксилированными перфторвиниловыми эфирами. Срок службы мембран ок. 2 лет. В лаб. условиях Х. получают действием р-ра HCl на пиролюзит MnO<sub>2</sub>.

**Определение.** Методы обнаружения и определения Х. основаны на его окислит. св-вах. Для обнаружения Х. в воздухе используют цветные р-ции – иод-крахмальную, желтое окрашивание флуоресцеина в щелочной среде. Для определения Х. применяют иодометрич. метод, спектрофотометрич. методы – с о-толидином, с диметил- и диэтил-п-фенилендиаминами, с метиловым оранжевым и др. Потенциометрич. методы определения Х. основаны на количестве. Перевод его либо в Cl<sup>-</sup>, либо в ClO<sup>-</sup> с послед. титрованием. В газовом потоке Х. может быть определен кулонометрически на газоанализаторе «Атмосфера-2». Атомно-абсорбционный, рентгеноспектральный и активационный метод используют в осн. для определения Х. в виде хлорида.

**Применение.** Х. расходуется на произ-во окислительно-отбеливающих в-в – *кальция гипохлорита*, *натрия гипохлорита*, LiClO, *хлорной извести*, а также хлоридов мн. элементов, разл. хлорорг. продуктов (поливинилхлорида, хлоропренового каучука, р-рителей, продуктов хлорирования углеводородов парафинового и ароматич. рядов), разл. хлорсодержащих пестицидов, нек-рых в-в, не содержащих хлор-, сульфанила, глицерина, этиленгликоля и т. п., для водоочистки. В мире на произ-во орг. продуктов расходуется от 50 до 85% производимого Х., на произ-во неорг. продуктов – 10–15%, в целлюлозно-бумажной пром-сти – 2–15%, на очистку воды и др. санитарные нужды – 2–10%.

Мировое произ-во Х. в 1991–92 составило 40–45 млн. т.

Х. весьма токсичен, во время 1-й мировой войны его использовали как боевое ОВ. Содержание Cl<sub>2</sub> в воздухе 0,006 мг/л оказывает раздражающее действие на дыхат. пути, 0,012 мг/л переносится с трудом, концентрация выше 0,1 мг/л опасна для жизни: дыхание становится частым, судорожным, паузы продолжительными, остановка дыхания наступает через 5–25 мин. Вдыхание Х. более высокой концентрации может привести к мгновенной смерти в результате рефлекторного торможения дыхат. центра. ПДК в воздухе рабочей зоны 1,0 мг/м<sup>3</sup>, в атмосфере населенных пунктов разовая 0,1 мг/м<sup>3</sup>, среднесуточная 0,03 мг/м<sup>3</sup>.

Хранят Х. в стальных баллонах зеленого цвета.

Х. открыл К. Шееле в 1774, элементарную природу Х. установили в 1807–13 Г. Дэви, Ж. Гей-Люссак и Л. Тенар.

Лит.: Пасманнк М.И., Сасс-Тисовский Б.А., Якименко Л.М., Производство хлора и каустической соды. Справочник, М., 1966; Фурман А.А., Неорганические хлориды. (Химия и технология), М., 1980; Фрумина Н.С., Лисенко Н.Ф., Чернова М.А., Хлор, М., 1983.

В.Я. Росоловский.

**ХЛОРА ОКСИДЫ.** Все Х. о. имеют резкий запах, термически и фотохимически нестабильны, склонны к взрывному распаду, имеют положит. ΔH<sub>соед.</sub>

Моноксид [оксид Cl(I), дихлороксид, гемиоксид] Cl<sub>2</sub>O – желто-оранжевый газ со слабым зеленоватым оттенком, в жидком состоянии – красно-коричневый; длина связи Cl–O 0,1700 нм, угол OClO 111°, μ 2,60·10<sup>-30</sup> Кл·м (табл.); ур-ние температурной зависимости давления пара lg p (мм рт. ст.) = 7,87 – 1373/T (173–288 К); раств. в воде с образованием HClO, р-римость (г в 100 г H<sub>2</sub>O при 0 °С): 33,6 (2,66 кПа), 52,4 (6,65 кПа). При 60–100 °С термич. распад Cl<sub>2</sub>O завершается за 12–24 ч, выше 110 °С через неск. мин происходит взрыв, освещение ускоряет распад и повышает

вероятность взрыва. С хлоридами образует оксихлориды, напр., с  $TiCl_4$ ,  $TaCl_5$  и  $AsCl_3$  дает соотв.  $TiOCl_2$ ,  $TaOCl_3$  и  $AsO_2Cl$ . С  $NO_2$  образует смесь  $NO_2Cl$  и  $NO_3Cl$ , с  $N_2O_5$  — чистый  $NO_2Cl$ . Фторированием  $Cl_2O$  с помощью  $AgF_2$  можно получить  $ClO_2F$ , а р-цией с  $AsF_5$  или  $SbF_5$  — соли хлорила  $ClO_2MF_6$ . Аналогично реагируют с  $MF_5$  (где  $M$  — As и Sb)  $ClO_2$  и  $Cl_2O_6$ . С насыщ. орг. соединениями  $Cl_2O$  ведет себя как хлорирующий агент, подобный хлору. Получают  $Cl_2O$  пропусканием  $Cl_2$ , разбавленного  $N_2$ , над  $H_2O$  или р-цией  $Cl_2$  с влажным  $Na_2CO_3$ .

СВОЙСТВА ОКСИДОВ ХЛОРА

Показатель	$Cl_2O$	$ClO_2$	$Cl_2O_4$	$Cl_2O_6$	$Cl_2O_7$
Т. пл., °C	-120,6	-59	-117	3	-93,4
Т. кип., °C	2,0	9,7	44,5	203*	87
Плотн., г/см <sup>3</sup>	—	1,653	1,82	2,023	1,805**
		(5°C)	(0°C)	(3,5°C)	(25°C)
$C_p^0$ Дж/(моль·К)	47,81	42,00	68,03	—	—
$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	81	93	180	310	240
$\Delta H_{нев}^0$ , кДж/моль	26	26,3	30	40	34
$S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)	267,84	256,77	327,23	—	—

\*Расчетная. \*\*2,38 г/см<sup>3</sup> при -160 °C.

Диоксид  $ClO_2$  — желтый газ, в жидком состоянии — ярко-красный, в твердом — красновато-желтый; длина связи  $Cl-O$  0,1475 нм, угол  $OCIO$  117 °C; ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $7,7427 - 1275,1/T$  (226 — 312 К); р-имость в воде 26,1 г/л (25 °C, 20,68 кПа), раств. в  $CCl_4$ ,  $HClO_4$ ,  $CH_3COOH$ . В индивидуальном состоянии взрывоопасен, при 30–50 °C распад идет с измеримой скоростью, выше 50 °C после периода индукции взрывается. В щелочной среде  $ClO_2$  диспропорционирует на  $ClO_2^-$  и  $ClO_3^-$ , в присут.  $H_2O_2$  образуется  $ClO_2$  и выделяется  $O_2$ . Восстанавливается иодидами, арсенидами,  $PbO$ ,  $H_2SO_3$ , аминами до хлорит-иона. С  $NO_2$  и  $N_2O_5$  образует  $NO_3Cl$ , с  $NOCl$  —  $NO_2Cl$ . Фторируется посредством  $AgF_2$ ,  $BIF_3$  или разб.  $F_2$  до  $ClO_2F$ . Получают  $ClO_2$  действием восстановителей ( $SO_2$ ,  $NO_2$ , метанол, орг. пероксиды) на подкисленный р-р хлората щелочного металла, при нагр. смеси хлората с влажной шавелевой к-той, действием  $Cl_2$  на хлориты. В отличие от остальных Х. о.  $ClO_2$  — продукт пром. произ-ва, его используют вместо  $Cl_2$  как экологически более безопасный продукт для отбеливания древесной пульпы, целлюлозы, синтетич. волокон, для подготовки питьевой и технол. воды, обеззараживания сточных вод. Раздражает слизистые оболочки, вызывает кашель, рвоту и др.; ПДК в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м<sup>3</sup>, ЛД<sub>50</sub> 140 мг/кг (крысы, внутрижелудочно).

Перхлорат хлора (дихлорогетраоксид)  $Cl_2O_8$ , или  $ClOClO_3$  — светло-желтая жидкость, в кристаллич. состоянии почти бесцветен (см. Перхлораты).

Триоксид (дихлорогексаоксид)  $Cl_2O_6$  — ярко-красная жидкость, в твердом состоянии — оранжевый, при охлаждении окраска ослабевает. В газе и жидкости молекулы имеют строение  $O_2Cl-O-ClO_3$ , в кристаллах —  $ClO_2ClO_4$ ; кристаллы моноклинной сингонии (пространств. группа  $C_2^4$ ,  $z = 4$ ); давление пара 39,9 Па (0 °C), 133 Па (19 °C). Медленно разлагается уже при 0–10 °C на  $ClO_2$  и  $O_2$ , выше 20 °C в продуктах распада появляется  $Cl_2$ ; с водой реагирует со вспышкой, продукты гидролиза —  $HClO_3$  и  $HClO_4$ . С хлоридами, бромидами, нитратами образует перхлораты, напр. с  $NOCl$  дает  $NOClO_4$ , с  $N_2O_5$  —  $NO_2ClO_4$ , с  $AlCl_3$  —  $ClO_2[Al(ClO_4)_4]$ , с  $FeCl_3$  —  $ClO_2[Fe_2(ClO_4)_7]$ . При нагр. в вакууме такие комплексы отщепляют  $Cl_2O_6$  и превращаются в несольватированные перхлораты  $Al(ClO_4)_3$ ,  $Fe(ClO_4)_3$ . Получают  $Cl_2O_6$  р-цией озона с  $ClO_2$  или действием  $F_2$  на хлораты металлов. Применяют для синтеза безводных перхлоратов в лаб. условиях.

Оксид  $Cl(VII)$  (хлорный ангидрид, дихлорогептаоксид)  $Cl_2O_7$  — бесцв. подвижная жидкость, чувствителен к удару и трению. Молекула имеет строение  $O_3Cl-O-ClO_3$ , длина связи  $Cl-O$  0,1709 нм, в группах  $ClO_3$  — 0,1405 нм, угол

$ClOCl$  118,6°,  $OCIO$  115,2°,  $\mu$   $2,40 \cdot 10^{-30}$  Кл·м; кристаллы моноклинные (пространств. группа  $C_{2/c}$ ); ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $7,796 - 1770/T$ . Неограниченно раств. в  $CCl_4$ , хорошо раств. в  $HClO_4$ ,  $POCl_3$  и т. п. С водой не смешивается, на границе раздела фаз реагирует с образованием  $HClO_4$ , р-ция сильно экзотермична ( $\Delta H_{298}^0$  р-ции -211 кДж/моль); разогревание слоя  $Cl_2O_7$  может привести к взрыву. Распад  $Cl_2O_7$  в газе на хлор и кислород идет с измеримой скоростью при 100–120 °C, но при давлении  $Cl_2O_7$  выше 13,3 кПа приобретает взрывной характер. Жидкий  $Cl_2O_7$  устойчив до 60–70 °C, примесь низших Х. о. ускоряет его распад. Для жидкого  $Cl_2O_7$  характерны р-ции с образованием ковалентных соед. с группой —  $ClO_3$ . С  $NH_3$  в  $CCl_4$  образует  $NH_4HClO_3$  и  $NH_4ClO_4$ , с алкиламинами — соотв.  $RHNCIO_3$  и  $R_2NClO_3$ , с  $SbF_5$  —  $SbO_3F_3$  и  $FCIO_3$ , с  $N_2O_5$  в  $CCl_4$  —  $NO_2ClO_4$ . Используя  $Cl_2O_7$ , можно синтезировать орг. перхлораты из спиртов. Получают  $Cl_2O_7$  действием  $P_2O_5$  или олеума на хлорную к-ту или электролизом р-ра  $HClO_4$  на Pt-электродах ниже 0 °C ( $Cl_2O_7$  накапливается в анодном пространстве). Чистый  $Cl_2O_7$  можно получить также при нагр. в вакууме неж-рых перхлоратов, напр.  $Nb(ClO_4)_5$ ,  $MoO_2(ClO_4)_2$ .

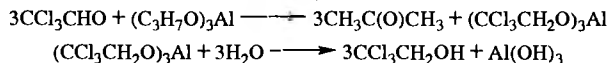
Известен ряд хлоркислородных свободных радикалов, полученных в разл. низкотемпературных матрицах и исследованных преим. методом ЭПР, —  $ClO_3$ ,  $ClOO$ ,  $ClClO$ , а также малостабильный сесквиоксид  $Cl_2O_3$ , распадающийся при -50 — 0 °C и имеющий, вероятно, структуру хлората хлора  $ClOClO_2$ . Термически устойчивый радикал  $ClO$  (длина связи  $Cl-O$  0,1569 нм,  $\mu$  4,133 Кл·м,  $\Delta H_{обр}^0$  101,6 кДж/моль) — промежут. продукт окисления углеводородов хлорной к-той и Х. о., распада всех Х. о. и др. хлоркислородных соед., а также р-ции озона с атомарным хлором в стратосфере.

Лит.: Никитин И. В., Химия кислородных соединений галогенов, М., 1986.

В. Я. Росоловский.

**ХЛОРАЛЬ** (трихлорэцетальдегид, трихлоруксусный альдегид)  $CCl_3CHO$ , мол. м. 147,4; бесцв. жидкость с резким запахом; т. пл. -57,5 °C, т. кип. 97,75 °C;  $d_4^{20}$  1,5121;  $n_D^{20}$  1,4557; давление пара (кПа) 0,13 (-30 °C), 4,25 (20 °C), 108 (100 °C);  $\mu$   $5,27 \cdot 10^{-30}$  Кл·м;  $\eta$  (мПа·с) 1,077 (22,5 °C), 0,533 (80 °C);  $\gamma$  26,2 мН/м (50 °C);  $\Delta H_{нев}^0$  240,6 кДж/кг;  $v$  7,580 (-40,1 °C), 4,228 (62,1 °C); раств. в орг. р-рителях; в воде не раств., но реагирует с ней с образованием водорастворимого хлораль-гидрата  $CCl_3CH(OH)_2$ , мол. м. 165,2; т. пл. 51,4 °C, т. кип. 97,5 °C,  $d_4^{20}$  1,619; последний раств. в этаноле, диэтиловом эфире, слабо раств. в бензоле, сероуглероде.

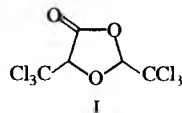
Х. вступает в р-ции с др. нуклеофилами, давая твердые хорошо кристаллизующиеся устойчивые аддукты, напр. с  $NH_3$  — хлоральаммиак  $CCl_3CH(OH)NH_2$ , с алкоголями — хлоральалкоголяты  $CCl_3CH(OH)OR$  (полуацетали) или ацетали  $CCl_3CH(OR)_2$ . При кипячении водных р-ров Х. образуется глиоксиловая к-та  $HC(O)COOH$ ; при действии щелочей —  $CHCl_3$  и соль муравьиной к-ты; при нагр. с  $H_2SO_4$  — хлоралид (ф-ла I; т. пл. 116 °C). Конц.  $HNO_3$  окисляет Х. до  $CCl_3COOH$  (с выделением  $NO$  и  $NO_2$ ); при действии восстановителей, напр. изопропилата алюминия, образуется трихлорэтанол:



Хлорирование Х. при т-рах выше 100 °C или УФ освещении приводит к образованию  $CCl_4$ ,  $CO$  и  $HCl$ .

При хранении Х. медленно полимеризуется в белую аморфную массу (метахлораль, парахлораль), не раств. в воде, разбавленных к-тах, большинстве орг. р-рителей. Скорость полимеризации резко возрастает в присут.  $H_2SO_4$ ,  $(CH_3)_3N$ ,  $AlCl_3$  и др. катализаторов. При пиролизе (160–180 °C) полимер деполимеризуется с образованием мономерного Х.

В пром-сти Х. получают хлорированием этанола в каскаде двух реакторов: в первый реактор вводится хлор, частично прохлорированный спирт и вода, необходимая для гидролиза промежут. продуктов хлорирования, т-ра в реакторе (до



90 °С) поддерживается за счет теплоты р-ции. Во втором реакторе реагирует непрореагировавший в первом хлор и свежий этанол. Техн. продукт содержит 80–85% хлоральгидрата, 10–15% хлоралькоголята, примеси HCl и дихлорацетальдегида. X. выделяют обработкой смеси конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с послед. разделением слоев, перегонкой и ректификацией.

X. может быть получен также хлорированием этиленхлоридрина, ацетальдегида или смеси диэтилового эфира с водой при 25–90 °С, а также из CCl<sub>4</sub> и CH<sub>2</sub>O при пропускании их паров над тонко раздробленными металлами (Cu) при 300 °С.

Используют X. в осн. для произ-ва инсектицидов и гербицидов, в небольших кол-вах для получения фармацевтич. препаратов. В виде хлоральгидрата ограниченно применялся как успокаивающее, снотворное и анестезирующее средство.

X. – труднотекучая жидкость. ПДК в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,2 мг/л.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Ошнина, М., 1978, с. 159–67. Ю. А. Трезер.

**ХЛОРАМИНЫ**, хлорпроизводные аммиака ф-лы NH<sub>2-x</sub>Cl<sub>x</sub>, где x = 1–3, а также орг. аминов общей ф-лы RRNCl, где R – орг. остаток, R – Cl, H, орг. остаток. К X. также относят N-хлорамиды и N, N-дихлорамиды орг. карбоновых и сульфокислот общих ф-л соотв. RCONH<sub>2-x</sub>Cl<sub>x</sub> и RSO<sub>2</sub>NH<sub>2-x</sub>Cl<sub>x</sub>, где x = 1–2, R – алкил или арил; N-хлоримины и N-хлоримиды.

X. – сильные окислители и хлорирующие агенты, обладают резким запахом, раздражают слизистые оболочки. При действии влаги разлагаются до RNH<sub>2</sub> и HClO. Р-ры в орг. р-рителях (бензол, диэтиловый эфир, CS<sub>2</sub>) при хранении в темноте достаточно устойчивы. Все X. вытесняют I<sub>2</sub> из иодидов в подкисленных водных р-рах. Производные N-хлоранилина неустойчивы и перегруппировываются в производные n-хлоранилина. Хлорамиды карбоновых к-т – промежут. продукты при получении первичных аминов по р-ции Гофмана. См. также *N-Галогенимиды*.

Неорг. X. получают взаимод. Cl<sub>2</sub> или гипохлоритов с аммиаком в водном р-ре. О трихлорамине NCl<sub>3</sub> см. в ст. *Азот*. Дихлорамин NHCl<sub>2</sub> неустойчив, мгновенно разлагается. Монохлорамин NH<sub>2</sub>Cl – бесцв. жидкость, замерзает при –66 °С; при комнатной т-ре в свободном виде может взрываться, в р-ре диэтилового эфира в отсутствие влаги достаточно устойчив; хорошо раств. в воде; важный реагент в орг. синтезе, напр. при получении α-дазокетонов из α-гидроксииминокетонов, в р-циях сужения цикла при синтезе стероидов, расширения цикла фенолов, при получении триарилфосфиниминов из триарилфосфинов и др. Ниже описаны наиб. важные в практич. отношении X.

**Монохлорамин Б** (хлорамин Б, тригидрат натриевой соли монохлорамида бензолсульфокислоты) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>SO<sub>2</sub>N(Na)Cl·3H<sub>2</sub>O – бесцв. или слегка желтоватые кристаллы со слабым запахом хлора; т. пл. 180–185 °С (с разл.); раств. в воде и этаноле; оказывает антисептич. и дезодорирующее действие. Получают монохлорамин Б хлорированием щелочного бензолсульфамида газообразным Cl<sub>2</sub>, а также обработкой смеси (1:1) дихлорамида и амида бензолсульфокислоты водным р-ром NaOH. Применяют для лечения инфицированных ран (1,5–2%-ные водные р-ры), дезинфекции рук (0,25–0,5%-ные р-ры), обеззараживания предметов ухода и выделений больных при кишечных, капельных и туберкулезных инфекциях, для дегазации нек-рых ОВ (в т. ч. иприта), как отбеливатель в текстильной пром-сти, реагент в аналит. химии.

Аналогичные св-ва, получение и применение имеют монохлорамин ХБ (гидрат натриевой соли монохлорамида n-хлорбензолсульфокислоты) ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>N(Na)Cl·H<sub>2</sub>O – светл.-желтые кристаллы, разлагается при 180 °С; монохлорамин Т (тригидрат натриевой соли монохлорамида толуолсульфокислоты) CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub>N(Na)Cl·3H<sub>2</sub>O – бесцв. кристаллы, т. пл. 175–180 °С (с разл.). Получают аналогично монохлорамину Б.

**Дихлорамин Б** (дихлорамид бензолсульфокислоты) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>SO<sub>2</sub>NCl<sub>2</sub> – бесцв. кристаллы, т. пл. 72–74 °С; плохо раств. в воде (0,02% по массе), хорошо раств. в бензоле, толуоле, 1,2-дихлорэтаноле, хлороформе, CCl<sub>4</sub>; горюч, т. всп.

204 °С, самовоспламеняется при контакте с орг. в-вами, взрывается при мех. и тепловом (выше 160 °С) воздействии, ниж. КПВ пылевоздушной смеси 24,7 г/см<sup>3</sup>. Получают дихлорамин Б хлорированием щелочного р-ра бензолсульфамида газообразным Cl<sub>2</sub>. Используют как хлорирующее, дезинфицирующее и дегазирующее средство.

Аналогичные св-ва и применение имеют: дихлорамин ХБ (дихлорамид n-хлорбензолсульфокислоты) ClC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub>NCl<sub>2</sub> – бесцв. кристаллы, т. пл. 83 °С, т. разл. 160–162 °С; плохо раств. в воде (0,05% по массе), хорошо раств. в 1,2-дихлорэтаноле; т. всп. 196–205 °С, ниж. КПВ 5,4 г/м<sup>3</sup>; дихлорамин Т (дихлорамид n-толуолсульфокислоты) CH<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub>NCl<sub>2</sub> – бесцв. кристаллы, т. пл. 80–83 °С, выше т-ры плавления разлагается с самовоспламенением, хорошо раств. в хлороформе. Получают аналогично дихлорамину Б.

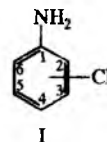
**Пантоцид** (галазон, пантосепт, дихлорамид n-карбоксибензолсульфокислоты) HOOC<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub>NCl<sub>2</sub> – бесцв. кристаллы со слабым запахом хлора; плохо раств. в воде и разб. к-тах, хорошо раств. в р-рах щелочей и карбонатов щелочных металлов. Получают пантоцид обработкой n-карбоксибензолсульфамида водным р-ром NaClO. Применяют гл. обр. для обеззараживания воды; водные р-ры м. б. использованы для дезинфекции рук, спринцеваний и обработки ран.

Хранят X. в хорошо укуренной таре в прохладном, защищенном от света месте.

**ХЛОРАНИЛИНЫ** (аминохлорбензолы), соед. общей ф-лы NH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4-x</sub>Cl<sub>x</sub>. Наиб. практич. значение имеют 2-, 3- и 4-X. (ф-ла I), 2,3-, 2,4-, 2,5-, 3,4-, 3,5-дихлоранилины и 2,4,5-трихлоранилин.

X. – бесцв., окрашивающиеся на воздухе кристаллы или жидкости (табл.); легко раств. в большинстве орг. р-рителей, к-тах, не раств. в воде (за исключением 4-X.). Слабые основания; с минер. к-тами образуют соли.

X. обладают св-вами *ароматических соединений*. С 1,3,5-тринитробензолом и орг. к-тами X. образуют окрашенные комплексы, напр. комплекс 2,4,5-тринитрохлоранилина с пикриновой к-той, т. пл. 82,5 °С. Легко вступает в р-ции электроф. замещения; так, нитрование 4-X. при –20 °С приводит к смеси 2- и 3-нитро-4-хлоранилинов, нитрование 2,5-дихлоранилина – к соответствующему 4-нитроанилину, хлорирование 3,4-дихлоранилина в СНCl<sub>3</sub> – к 2,3,4,6-тетрахлоранилину. X. легко алкилируется диметилсульфатом при напр. и ацетилируется (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O в бензоле с образованием соответствующих N-производных; дихлоранилины ацетилируются значительно труднее. 2-, 3- и 4-X. легко диазотируются разб. HNO<sub>2</sub> в разб. HCl при 0 °С с образованием солей диазона, применяющихся в произ-ве *азокрасителей*. С альдегидами и кетонами X. дают *Шиффовы основания*, напр. нагревание 2-X. с бензальдегидом приводит к N-бензильден-2-хлоранилину. 4-X. в присут. m-нитробензолсульфокислоты взаимод. с глицерином по *Скраупа реакции* с образова-



СВОЙСТВА ХЛОРАНИЛИНОВ

Положение атомов Cl в кольце	Моля. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	pK <sub>a</sub>	μ, Кл·м (20 °С, бензол)
2 <sup>a</sup>	127,6	–12 <sup>b</sup> , –2 <sup>c</sup>	209–210	1,2125	1,5921	2,64	5,90·10 <sup>–30</sup>
3	127,6	–10,4	230–231	1,2157	1,5942	3,50	8,04·10 <sup>–30</sup>
4	127,6	70,45	231–232	1,175 (70 °С)	—	3,97	9,91·10 <sup>–30</sup>
2,3	162,0	24	252	1,383 (25 °С)	—	—	—
2,4	162,0	63	245	—	1,567	2,4	—
2,5 <sup>d</sup>	162,0	50	251	—	—	—	5,60·10 <sup>–30</sup>
3,4	162,0	72	272	—	—	—	—
3,5	162,0	51–53	260	—	—	—	—
2,4,5	195,6	96,5	270	—	—	—	—

<sup>a</sup> Т. пл. гидрохлорида 235 °С (в запаянном капилляре). <sup>b</sup> Для α-формы. <sup>c</sup> Для β-формы. <sup>d</sup> Т. пл. гидрохлорида 165 °С, сульфата 196–197 °С.

нием 6-хлорхинолина, легко фосгенируется в присут. безводного HCl в диоксане при 70–75 °С до 4-хлорфенилизотиоцианата, к-рый при 25 °С с диметиламинолином дает гербицид моноурон.

В пром-сти X. получают гидрированием соответствующих хлорнитробензолов (Pt-кат., 50–100 °С, 0,25–3 МПа); во избежание дегалогенирования применяют добавки (0,1–1% по массе) MgO, CaO, пиперидина или морфолина.

X.-азогены при произ-ве азокрасителей, пигментов, капрозолой, сырья для получения лек. ср-в, гербицидов и инсектицидов.

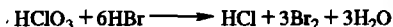
Для 2-, 3- и 4-X. т. всп. соотв. 127,2, 124 и 123 °С, т. воспл. 707, 688 и 650 °С. X. поражают центр. нервную систему, печень и почки; всасываются через кожу. ЛД<sub>50</sub> 256 (2-X.), 334 (3-X.), 228 (4-X.) мг/кг (мыши, перорально). ПДК в воздухе рабочей зоны 0,05–0,3 мг/м<sup>3</sup>; ПДК 2,5- и 3,4-дихлоранилинов в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,05 мг/л.

Лит.: Венкатараман К., Химия синтетических красителей, пер. с англ., т. 1, Л., 1956, с. 105; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 188–90; *Plattner's Encyclopaedic, 4 Aufl.*, Bd 7, Weinheim, 1974, S. 570; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 2, N.Y., 1978, p. 318; там же, v. 7, N.Y., 1979, p. 820; там же, v. 12, N.Y., 1980, p. 300, 319, 327. С. И. Диденко.

**ХЛОРАНТРАХИНОНЫ**, см. Галогенантрахиноны.

**ХЛОРАТЫ**, соли хлорноватой к-ты HClO<sub>3</sub>. Анион ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> имеет структуру тригон. пирамиды, длина связей Cl—O 0,1452–0,1507 нм, угол OClO 106°. Анион ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> не образует ковалентных связей через атом O и не склонен образовывать координац. связи. Существует неск. соед., к-рые также относят к X., в них группа ClO<sub>3</sub> связана ковалентно через атом Cl—FClO<sub>3</sub>, NClO<sub>3</sub><sup>+</sup>, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>ClO<sub>3</sub> и др.

Хлорноватая к-та HClO<sub>3</sub> известна только в водном р-ре, предельная концентрация ок. 30%, попытка получить более конц. к-ту вакуумной отгонкой приводит к разложению и иногда взрыву; рK<sub>a</sub> –2,7; ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> в бесконечно разб. водном р-ре –95,23 кДж/моль; при 18 °С плотн. 7,23%-ного р-ра 1,0421, 13,57%-ного 1,0829 и 25,87%-ного 1,1713 г/см<sup>3</sup>. HClO<sub>3</sub> легко восстанавливается до HCl, напр.:



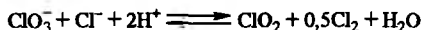
В слабокислой среде H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> восстанавливает ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> до Cl<sup>-</sup>, но при пропускании SO<sub>2</sub>, разбавленного воздухом, в сильноокислый р-р идет р-ция:



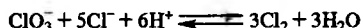
Взаимод. солей Fe(II) в среде 5M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с хлорат-ионом идет при 70–80 °С в присут. OsO<sub>4</sub> и используется для количеств. определения X.:



В сильноокислой среде устанавливается равновесие:



С ростом т-ры константа равновесия увеличивается от 0,038 (10 °С) до 0,073 (60 °С). При избытке Cl<sup>-</sup> возрастает вклад р-ции:



Получают HClO<sub>3</sub> действием H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> на р-р Ba(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> или в ионообменных колонках.

X.-энергичные окислители как в р-ре, так и в твердом состоянии: смеси безводных X. с S, углем и др. в-вами, способными окисляться, детонируют при быстром нагревании и ударе. Хотя хлор в X. находится не в высшей степени окисления, окислить ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> до ClO<sub>4</sub><sup>-</sup> в водном р-ре удается только электрохимически или под действием XeF<sub>2</sub>. O<sub>3</sub> не окисляет X. до перхлоратов. В виде гидратов известны X. большинства металлов, в безводном состоянии выделены X. щелочных и щел.-зем. металлов, Ag, Pt(II), Pb(II), а также NH<sub>4</sub>Cl<sub>3</sub>, N(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>ClO<sub>3</sub> и т. п. X. металлов переменной валентности, как правило, неустойчивы и склонны к взрывному распаду.

Все X. щелочных металлов (табл.) разлагаются экзотермически на MCl и O<sub>2</sub> с промежут. образованием перхлоратов. Оксиды переходных металлов – MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CoO, NiO и др., а также Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> катализируют распад X., снижая т-ру разложения на 100–200 °С. Выше 300 °С X. щелочных металлов имеют небольшое собств. давление пара и м. б. возогнаны. O св-вах NaClO<sub>3</sub> см. Натрия хлорат.

СВОЙСТВА ХЛОРАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

Показатель	LiClO <sub>3</sub>	NaClO <sub>3</sub>	KClO <sub>3</sub>	RbClO <sub>3</sub>	CsClO <sub>3</sub>
Сингония	—	Кубич.	Моноклинная	Гексагон.	Гексагон.
Пространств. группа	—	P <sub>2</sub> 3	P <sub>2</sub> 1m	R3m	R3m
Т. пл., °С	129	263	357	342	388
Т-ра начала разложения, °С	367	465	472	480	483
Плотн., г/см <sup>3</sup>	2,631	2,493	2,338	3,203	—
С <sub>p</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)	—	100,1	100,3	103,2	104,6
ΔH <sub>обр</sub> <sup>0</sup> , кДж/моль	–368,3	–357,7	–389,1	–394,3	–406,8
Р-римость в воде, г в 100 г	406,3	95,89	8,58	6,61	7,60

X. лития LiClO<sub>3</sub> гигроскопичен; образует гидраты: LiClO<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O (т. пл. 8,5 °С), LiClO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O (т. пл. 20,5 °С, с разл.), LiClO<sub>3</sub>·0,25 H<sub>2</sub>O (т. пл. 42 °С, с разл.). Эвтектич. смесь LiClO<sub>3</sub> – NaClO<sub>3</sub> имеет т. пл. 107,1 °С и содержит 69% LiClO<sub>3</sub>. Бертоллетова соль KClO<sub>3</sub> при 250 °С переходит из моноклинной в ромбич. модификацию; негигроскопична, гидраты не образует; р-римость KClO<sub>3</sub> в воде при 100 °С достигает 56,0 г в 100 г; выше 220 °С реагирует с газообразным NH<sub>3</sub>, образуя KNO<sub>3</sub>, KCl, Cl<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O. Смеси KClO<sub>3</sub> с солями аммония и гидразония могут самовоспламеняться при хранении.

X. магния Mg(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> очень гигроскопичен; р-римость в воде при 25 °С 142 г в 100 г; образует гидраты: Mg(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (разлагается с частичной дегидратацией выше 100 °С), Mg(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O (т. пл. 65,7 °С), Mg(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (т. пл. 34,2 °С), Mg(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·12H<sub>2</sub>O (т. пл. –7,5 °С). Образует также кристаллич. комплекс с мочевиной Mg(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>. X. кальция Ca(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> гигроскопичен; дает гидраты: Ca(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O (т. пл. 76 °С), Ca(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O (т. пл. –7,8 °С) и Ca(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O (т. пл. –26,8 °С), все они плавятся инконгруэнтно; р-римость в воде при 25 °С 194,5 г в 100 г; ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –710,0 кДж/моль; получают хлорированием известкового молока при 70–80 °С. X. бария Ba(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> – кристаллы ромбич. сингонии (пространств. группа Fdd2); т. пл. 400 °С (с разл.; плотн. 3,347 г/см<sup>3</sup>; ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –738,0 кДж/моль; р-римость в воде при 25 °С 42,9 г в 100 г; моногидрат обезвоживается выше 135 °С. AgClO<sub>3</sub> – кристаллы тетрагон. сингонии (пространств. группа I4/mmm), при 142 °С переходит в кубич. форму; т. пл. 231 °С; плотн. 4,439 г/см<sup>3</sup>; ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –25,5 кДж/моль; взрывает при нагревании, особенно после длит. хранения или пребывания на свету.

В пром-сти X. получают обменной р-цией NaClO<sub>3</sub> с хлоридами металлов.

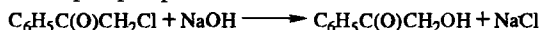
Расходуют X. в целлюлозно-бумажной пром-сти на получение ClO<sub>2</sub> для отбеливания, на произ-во перхлоратов, в качестве гербицидов и дефолиантов хлопчатника и др. культур [Ca(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Mg(ClO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], компонентов пиротехн. составов, окислителей в смесевых ВВ, KClO<sub>3</sub> – в произ-ве спичек, NaClO<sub>3</sub> – в пиротехн. источниках кислорода.

При попадании в организм X. действует на кровь – переводит гемоглобин в метгемоглобин и вызывают распад эритроцитов. Токсичная доза для человека менее 1 г на 1 кг массы, 10 г могут вызвать смерть.

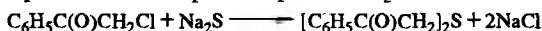
В. Я. Росоловский.

**ХЛОРАЦЕТОФЕНОН** (α-хлорацетофенон, ω-хлорацетофенон, фенацетилхлорид, си-эн, CN) C<sub>8</sub>H<sub>7</sub>Cl(O)CH<sub>2</sub>Cl, мол. м. 154,60; бесцв. кристаллы с запахом цветов черемухи; т. пл. 59 °С, т. кип. 245 °С; плотн. 1,318 г/см<sup>3</sup> (20 °С); плохо раств. в воде (ок. 0,1% при 20 °С), ограниченно – в неполярных, хорошо – во мн. полярных р-рителях; летучесть 0,11 мг/л (20 °С).

Химически устойчив, медленно реагирует с водой и только при кипячении в водно-спиртовых р-рах щелочей гидролизуетса с потерей раздражающего действия:



Для разложения X. пригодна р-ция с Na<sub>2</sub>S в водном этаноле:



X. термически стабилен и устойчив к детонации. При нагревании в течение 15 мин при 300 °C разлагается 1,5% X., при 600 °C – 9%, при 750 °C – 32%.

Получают X. хлорированием ацетофенона или взаимодействием бензола с хлорацетилхлоридом по р-ции Фриделя – Крафтса.

X. – в-во слезоточивого действия (лакриматор), применяющееся в качестве учебного, а в нек-рых странах полицейского ОВ. Слезотечение возникает при концентрации 0,002 мг/л, при 0,01 мг/л оно становится непереносимым и сопровождается раздражением кожи лица и шеи. При концентрации 0,08 мг/л и экспозиции 1 мин человек выводится из строя на 15–30 мин; концентрация 10–11 мг/л смертельна.

Защита от X. – противогаз.

Лит. см. при ст. *Отравляющие вещества.*

В. И. Емельянов.

**ХЛОРБЕНЗАЛЬДЕГИДЫ**, соед. ф-лы C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>CHO; мол. м. 140,57. Бесцв. кристаллы (табл.) с запахом горького миндаля. Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, ацетоне, ограниченно – в воде.

**СВОЙСТВА ХЛОРБЕНЗАЛЬДЕГИДОВ**

Соединение	Т. пл., °C	Т. кип., °C	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>
2-Хлорбензальдегид	11	213	1,2520	1,5673
3-Хлорбензальдегид	17	214	1,2497	1,5650
4-Хлорбензальдегид	47	214	1,1960	1,5553
			(61 °C)	(60 °C)

По хим. св-вам аналогичны бензальдегиду. Наличие атомов Cl в ароматич. ядре повышает электроф. активность альдегидной группы, а также увеличивает подвижность атомов Cl (для о- и п-изомеров) в р-циях с нуклеоф. агентами.

Получают X. гидролизом хлорзамещенных бензилиденхлоридов, взаимодействием хлорзамещенных бензилгалогенидов с гексаметилентетрамином, диазотированием аминокбензальдегидов с послед. заменой диазогруппы на галоген, хлорированием бензальдегида Cl<sub>2</sub> в присут. SbCl<sub>5</sub> и I<sub>2</sub> (замещение в ядре идет пл. обр. в мета-положение).

Применяют в произ-ве трифенилметановых красителей, лек. ср-в, в орг. синтезе.

Лит.: Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd 7, Tl 1, Stuttgart, 1954.

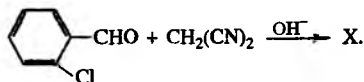
Г. В. Моцарев.

**ХЛОРБЕНЗАЛЬМАЛОНОДИНИТРИЛ** (о-хлорбензилиденмалонодинитрил, си-эс, CS), мол. м. 188,63; бесцв. кристаллы; т. пл. 95 °C, т. кип. 315 °C (с разл.); плотн. 1,04 г/см<sup>3</sup> (20 °C); плохо раств. в воде (0,01% при 30 °C), хорошо – в хлороформе, ацетоне, диоксане; летучесть 0,00012 мг/л (20 °C).

X. химически устойчив. Присоединяет нуклеоф. реагенты с разрывом связи C=C, водой гидролизуетса очень медленно с образованием о-хлорбензальдегида и малондинитрила.

В 95%-ном этаноле время гидролиза на 99% составляет при 30 °C 635 мин, при 40 °C – 265 мин. Разб. щелочи ускоряют гидролиз, к-ты замедляют его. X. реагирует с окислителями с потерей раздражающих св-в. Термич. устойчив до 300 °C, при 625 °C разлагается за 15–20 с.

Получают X. по р-ции, обратной гидролизу, в присут. оснований (р-ция Кнёвенагеля):



X. – ОВ раздражающего действия, кратковременно (на 10–30 мин) выводющее живую силу из строя. Аэрозоль X. 561

вызывает обильное слезотечение, жжение в области носоглотки, загрудинные боли, что сопровождается конъюнктивитом и покраснением влажной кожи. Первые признаки поражения появляются при концентрации 0,002 мг/л. Концентрация 0,005 мг/л непереносима при экспозиции 1 мин; при 0,27 мг/л и экспозиции 10 мин отмечаются поражения легких, а при концентрации 6,1 мг/л и той же экспозиции – смертельный исход. Обнаружено тератогенное действие X. на человека.

Защита от X. – противогаз, иногда требуются ср-ва защиты кожи.

Лит. см. при ст. *Отравляющие вещества.*

В. И. Емельянов.

**ХЛОРБЕНЗОЛ** (фенилхлорид) C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl, мол. м. 112,56; бесцв. жидкость с характерным запахом; т. пл. –45,58 °C, т. кип. 131,68 °C; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,10630, плотн. по воздуху 3,87; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,52481; давление пара (кПа) 0,13 (–13 °C), 1,33 (22,2 °C), 53,32 (110 °C), 4053 (350 °C); μ 5,2 · 10<sup>–30</sup> Кл · м; η жидкости (мПа · с) 0,844 (15 °C), 0,512 (60 °C); γ 33,28 мН/м (20 °C); S<sub>p</sub><sup>0</sup> [кДж/(кг · K)] 1,221 (–43 °C), 1,330 (17 °C), 1,368 (47 °C); ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 337,3 кДж/кг, ΔH<sub>стоп</sub><sup>0</sup> –3194,3 кДж/моль, ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –111,7 кДж/моль, S<sub>298</sub><sup>0</sup> 273,4 кДж/(моль · K); t<sub>крит</sub> 359,2 °C, P<sub>крит</sub> 4,52 МПа; коэф. теплопроводности жидкости [Вт/(м · K)] 0,140 (–40 °C), 0,128 (20 °C), 0,108 (120 °C); ε 5,65 (20 °C), твердого – 2,74. Хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде 0,049% по массе (30 °C); образует азеотропную смесь с водой (т. кип. 90,2 °C, 71,6% X.).

X. обладает св-вами ароматических соединений. Взаимодействие с Cl<sub>2</sub> в жидкой фазе в присут. Fe при 70 °C приводит к смеси 2- и 4-дихлорбензолов (см. Дихлорбензолы); при более глубоком хлорировании получают трихлорбензолы и полихлорбензолы. Атом Cl в X. замещается на гидроксил и аминогруппу: при действии 10%-ного р-ра NaOH (400 °C, 27 МПа) образуется фенол, при действии NH<sub>3</sub> (400 °C, кат. CuCl) или его водного р-ра (200–210 °C, 7 МПа) – анилин. Нитрование X. приводит к смеси 2- и 4-хлорнитробензолов, сульфирование конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – к 4-хлорбензолсульфонокислоте. Взаимодействие с Mg в эфире дает фенилмагнийхлорид.

Получают X. хлорированием бензола при 80–85 °C в реакторах колонного типа, заполненных железными кольцами. Выделяют ректификацией после промывки, нейтрализации и азеотропной сушки реакционной массы; кубовый остаток содержит смесь полихлорбензолов, из к-рой выделяют 2- и 4-дихлорбензолы в отношении 1:2.

Применяют X. в произ-ве фенола, дихлорбензолов, красителей, нек-рых пестицидов и др.

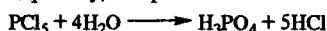
Т. всп. 29 °C, т. самовоспл. 638 °C, КПВ 1,3–7,1. X. вызывает головную боль, головокружение, сонливость, расстройство пищеварения, при попадании на кожу – экзему. ПДК в воздухе рабочей зоны 2 мг/м<sup>3</sup>, ПДК в воде водоемов хозяйств. бытового пользования 0,02 мг/л.

Лит.: Промышленные хлороорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опшва, М., 1978, с. 356–62.

Ю. А. Трезер.

**ХЛОРБУТИЛКАУЧУК**, см. Бутилкаучук.

**ХЛОРИДЫ**, соединения хлора с менее электроотрицат. элементами. Степень окисления хлора в X. –1. По характеру хим. связи X. подразделяют на ионные и ковалентные; ковалентные связи в X. являются полярными. X. щелочных, щел.-зем. металлов, аммония, алкиламмония, d- и f-элементов в их низших степенях окисления (напр., MnCl<sub>2</sub>, NdCl<sub>3</sub>) – типичные соли. В водных р-рах они почти полностью диссоциируют на ионы. Увеличение числа атомов хлора в молекулах X. приводит, как правило, к уменьшению полярности хим. связи и термич. стойкости X., увеличению их летучести и склонности к гидролизу. Малорастворимые в воде X. – AgCl, CuCl, Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, PbCl<sub>2</sub>. X. неметаллов в большинстве случаев подвергаются в воде полному гидролизу, напр.:

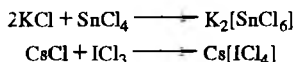


Нек-рые X. неметаллов – комплексные соед., напр. кристаллич. PCl<sub>5</sub> состоит из ионов [PCl<sub>4</sub>]<sup>+</sup> и [PCl<sub>6</sub>]<sup>–</sup>. X. брома и иода относят к межгалогенным соединениям. Для ряда X. характерна ассоциация и полимеризация в жидкой и газовой



фазах с образованием хлоридных мостиков между атомами. Напр.,  $\text{AlCl}_3$  в газовой и жидкой фазах образует димер, причем энергия разрыва двух мостиковых связей 130 кДж/моль.

Многие X. взаимодействуют между собой, образуя комплексные соед., напр.:



С соляной к-той и  $\text{Cl}_2$  ионы  $\text{Cl}^-$  образуют малоустойчивые анионы – соотв.  $[\text{HCl}_2]^-$  и  $[\text{Cl}_3]^-$ .

X. получают либо из простых в-в (напр.,  $\text{P}_4 + 10\text{Cl}_2 \longrightarrow 4\text{PCl}_5$ ), либо взаимодействием солей к-ты с металлами, оксидами, гидроксидами, карбонатами и гидрокарбонатами (напр.,  $\text{ZnO} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ).

Для обнаружения X., образующих в водном р-ре  $\text{Cl}^-$ , р-р X. подкисляют  $\text{HNO}_3$  и добавляют р-р  $\text{AgNO}_3$ , при этом сразу же выпадает белый хлопьевидный осадок  $\text{AgCl}$ , постепенно темнеющий на свету и растворяющийся в водном  $\text{NH}_3$ .

В природе X. образуют многочисленные минералы, напр. галит  $\text{NaCl}$ , сильвин  $\text{KCl}$ , карналлит  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , бишофит  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Значит. кол-ва X. содержат морские воды, соляные, подземные рассолы. Нек-рые X., напр.  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$  и  $\text{CaCl}_2$ , входят в состав живых организмов.

X. используют в произ-ве  $\text{Cl}_2$ , щелочей, нек-рых металлов, производных кислородных к-т хлора, в орг. синтезе и др. На образовании летучих X. основано обогащение и разделение мн. цветных и редких металлов путем хлорирования их руд. См. также Галогениды.

Лит.: Фурман А.А., Неорганические хлориды, М., 1980; Степин Б.Д., Цветков А.Л., Неорганическая химия, М., 1994. Б.Д. Степин.

**ХЛОРИРОВАНИЕ**, см. Галогенирование.

**ХЛОРИРОВАННЫЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ ЛАКИ** (хлорполиэтиленовые лаки), лакокрасочные материалы на основе р-ров хлориров. полиэтилена в орг. р-рителях. В X. п. л. используют высокохлориров. (содержание хлора 62–66% по массе) полиэтилен с мол. м. 5–15 тыс., о получении к-рого см. Полиолефины хлорированные.

Осн. р-рители X. п. л. – ароматич. углеводороды (толуол, ксилол), сложные эфиры, кетоны (кроме ацетона). Осн. пластификаторы, уменьшающие хрупкость X. п. л., – жидкие и твердые хлорпарафины, фталаты, фосфаты. В качестве дополнит. пленкообразователей в X. п. л. используют эпоксидные (для повышения адгезии к металлу), алкидные и нек-рые др. смолы. Для предотвращения дегидрохлорирования при эксплуатации в X. п. л. вводят термостабилизаторы (эпоксидная смола, эпоксирированное растит. масло), для получения толстослойных покрытий – тиксотропные добавки (производные касторового масла, аэросилы, бентонит, модифицированный ПАВ); другие составляющие X. п. л. – пигменты (гл. обр. минеральные –  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , железосодержащие пигменты, свинцовые кроны и др.) и наполнители (талк, барит и др.), к-рые предварительно диспергируют в бисерной или шаровой мельнице в р-ре хлорированного полиэтилена.

Перед нанесением X. п. л. окрашиваемую пов-сть тщательно очищают мех. или хим. способом. X. п. л. наносят распылением (пневматическим, безвоздушным, электростатическим), валиком, кистью, окунанием. Пленкообразование осуществляется в результате испарения р-рителя, а при наличии в рецептуре дополнит. пленкообразователя – по механизму его высыхания. X. п. л. сушат при 15–80 °С, время высыхания от неск. минут до 1–2 ч. Широко применяемая система покрытий X. п. л. металлич. пов-стей включает антикоррозионную грунтовку, промежут. тиксотропную грунтовку, создающую основную толщину покрытия, и покрывную эмаль; общая толщина покрытия ок. 200 мкм.

X. п. л. образуют покрытия, обладающие высокой стойкостью к минер. к-там, щелочам, влаге, спиртам, маслам и отличающиеся высокой прочностью, эластичностью, низкой паропроницаемостью; осн. недостаток – невысокая термостойкость.

Осн. области применения X. п. л.: окраска разл. сооружений и оборудования из металла, бетона, дерева, эксплуатиру-

ющихся в пром. атмосфере, окраска гидротехн. сооружений, судов, изделий, подвергающихся воздействию хим. реагентов; дорожно-маркировочные краски.

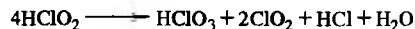
Лит.: Бем-Каспер К.Х. [и др.], «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1988, т. 33, № 1, с. 63–66. В.Ю. Эрман.

**ХЛОРИСТАЯ КИСЛОТА**, см. Хлориты.

**ХЛОРИСТЫЙ ВОДОРОД**, см. Соляная кислота.

**ХЛОРИТЫ**, соли хлористой к-ты  $\text{HClO}_2$ , бесцв. или желтоватые кристаллы, устойчивы при обычных условиях в безводном состоянии и в водном р-ре. В анионе  $\text{ClO}_2^-$  в зависимости от конкретной кристаллич. решетки длина связей  $\text{Cl}-\text{O}$  0,1540 – 0,1570 нм, угол  $\text{OClO}$  108,2–110,5°.

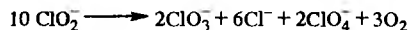
Хлористая к-та  $\text{HClO}_2$  – слабая неустойчивая к-та, при 25 °С  $pK_a$  1,94;  $\Delta H_{\text{обр}}^\circ$  в бесконечно разб. водном р-ре – 53,6 кДж/моль; за 9 ч при 40 °С и pH 4 распадается на 7%, а при pH 2 – на 80%:



Щелочные р-ры X. в темноте вполне устойчивы даже при кипячении, однако под действием света идет р-ция:

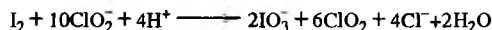


В кислой среде фотохим. распад идет по схеме:

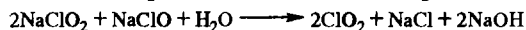


За 30 мин облучения при pH 8,94 степень распада 50%, при pH 4,76 – 80%.

X. – окислители, окислит.-восстановит. потенциал растет с уменьшением pH р-ра. В кислой среде  $\text{ClO}_2^-$  окисляет  $\text{Br}^-$  до  $\text{Br}_2$ ,  $\text{NO}_2^-$  и  $\text{N}_2\text{O}_2^{2-}$  – до  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}$  – до  $\text{NO}_2$  (но не реагирует с  $\text{N}_2\text{O}$ ),  $\text{H}_2\text{O}_2$  – до  $\text{O}_2$ . Взаимод. с  $\text{I}_2$  протекает более сложно:



При р-ции  $\text{ClO}_2^-$  с  $\text{Cl}_2$  также образуются  $\text{ClO}_2$  и  $\text{Cl}^-$ . При  $\text{pH} \geq 11$  гипохлорит-ион быстро и количественно окисляет  $\text{ClO}_2^-$  до  $\text{ClO}_3^-$ , именно поэтому X. отсутствуют в продуктах р-ции  $\text{Cl}_2$  с водными р-рами щелочей. Но уже при  $\text{pH} < 9$  окисление гипохлоритом идет только до  $\text{ClO}_2^-$ :



Эту р-цию используют в нек-рых методах хлоритного белиния.

Термич. стабильность X. щелочных металлов растет не от Li к Cs, а от Cs к Li, что отличает X. от большинства солей кислородных к-т. При медленном нагревании и в изотермич. условиях происходит сильно экзотермич. диспропорционирование без выделения газа ( $3\text{MClO}_2 \longrightarrow 2\text{MClO}_3 + \text{MCl}$ );  $\text{LiClO}_2$  разлагается при 150–180 °С,  $\text{KClO}_2$  – при 135–160 °С,  $\text{RbClO}_2$  – при 100–140 °С,  $\text{RbClO}_2$  – при 90–120 °С,  $\text{CsClO}_2$  – при 50–100 °С. При быстром нагревании образуются  $\text{MCl}$  и  $\text{O}_2$ , в присут. оксидов переходных металлов или примеси орг. в-в р-ция может принять взрывной характер.

X. натрия  $\text{NaClO}_2$  – кристаллы моноклинной сингонии (пространств. группа  $I2/a$ ); плотн. 2,468 г/см<sup>3</sup>;  $\Delta H_{\text{обр}}^\circ$  – 311,3 кДж/моль; р-римость в воде при 25 °С 75,8 г в 100 г, в этаноле – 60 г/л. Ниже 37,4 °С из водных р-ров выделяется в виде  $\text{NaClO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  – кристаллы триклинной сингонии (пространств. группа  $\bar{P}1$ );  $\Delta H_{\text{обр}}^\circ$  – 1197 кДж/моль. X. др. металлов изучены мало.

В пром-сти  $\text{NaClO}_2$  применяют для отбеливания тканей. Получают его восстановлением  $\text{ClO}_2$  в щелочной среде. В качестве восстановителей используют уголь, цинковую пыль,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{PbO}$  и т.п. Одно из техн. названий  $\text{NaClO}_2$  «текстон». Токсичность X. примерно такая же, как у хлоратов.

В.Я. Росоловский.

**ХЛОРКАУЧУК**, продукты хлорирования натурального или синтетич. каучука. Хлорируют каучуки для придания им новых св-в, напр. способности к вулканизации специфич. агентами или к совулканизации с др. эластомерами, а также для получения некаучукоподобных продуктов, применяемых для приготовления лаков, клеев и др.

В качестве хлорирующих агентов используют Cl<sub>2</sub> (в осн.), SOCl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> и др.

Наиб. применение находит хлориров. НК – собственно хлоркаучук [C<sub>10</sub>H<sub>11</sub>Cl<sub>7</sub>]<sub>n</sub> – белый термопласт; мол. м. ~ 100 000, содержание хлора 65–70%; плотн. 1,63–1,66 г/см<sup>3</sup>; т-ра размягч. 70 °С; образует прозрачные пленки (σ<sub>разг</sub> до 45 МПа); раств. в ароматич. и хлориров. углеводородах, растит. маслах и животных жирах, не раств. в воде, спиртах, ацетоне, минер. маслах; при нагр. до 180–200 °С выделяет HCl. Негорюч, стоек к действию к-т, щелочей, солей, медленно реагирует с аминами. Получают, пропуская Cl<sub>2</sub> в р-р пластицированного НК в р-рителях, к-рые сами не хлорируются (CCl<sub>4</sub>, дихлорэтан, гексахлорэтан), при ~ 80 °С. При хлорировании измельченного или листового НК жидким или газообразным Cl<sub>2</sub> под давлением получают продукт с содержанием хлора ок. 70%. Хлорирование действием SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> приводит к полимеру ф-лы [C<sub>5</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>]<sub>n</sub>.

Помимо НК часто хлорируют натуральный латекс, стабилизиров. для предотвращения коагуляции катионактивными или неионогенными эмульгаторами; р-цию проводят при 20–30 °С в течение 20 ч; мол. м. ~ 80 000, содержание хлора ~ 60%.

Используют хлоркаучук и хлориров. латекс для получения лакокрасочных материалов (см. *Хлоркаучуковые лаки*) и резиновых клеев.

Хлоропреновый каучук хлорируют в дихлорэтани или СНCl<sub>3</sub> при 45 °С и дневном освещении. Конечный продукт – хлорнаирит [C<sub>4</sub>H<sub>5</sub>Cl<sub>3</sub>]<sub>n</sub> содержит до 68% хлора; раств. в ароматич. и хлориров. углеводородах, не раств. в воде, спиртах, минер. маслах; используется для получения клеев, скрепляющих резину с металлом.

Хлорирование бутадиенового каучука приводит к образованию продукта [C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>]<sub>n</sub>, содержащего до 48% хлора, бутадиен-стирольного каучука – продукта с содержанием 55–62% хлора. По термостойкости и стойкости к действию щелочей они уступают хлоркаучуку; раств. в ароматич. углеводородах и неполярных р-рителях; используются в качестве компонентов резиновых клеев и для получения защитных покрытий (заливка швов, обмазка и др.).

О хлорированном бутилкаучуке см. *Бутилкаучук*, о хлорировании полиолефинов см. *Полиолефины хлорированные*.

Лит.: Догадкин Б. А., Донцов А. А., Шершнев В. А., *Химия эластомеров*, 2 изд., М., 1981; Сангетический каучук, под ред. И. В. Гармонова, 2 изд., Л., 1983; Volker H. I., *Natural and synthetic polymers*, N.Y., 1974. См. также лит. при ст. *Резина*.

**ХЛОРКАУЧУКОВЫЕ ЛАКИ**, лакокрасочные материалы на основе р-ров хлориров. каучуков в орг. р-рителях. Используют гл. обр. хлоркаучуки с мол. м. 5–15 тыс.; содержание хлора 62–66%. Осн. р-рители Х. л. – гл. обр. ароматич. углеводороды (толуол, ксилол), а также сложные эфиры и кетоны (кроме ацетона); осн. пластификаторы – хлориров. парафины, фосфаты и фталаты. В качестве дополнит. пленкообразователей в Х. л. часто применяют алкидные или эпоксидные смолы, повышающие адгезию к металлу. Большинство Х. л. содержит также термостабилизаторы (аццепторы HCl) и тиксотропные добавки, позволяющие при одноразовом нанесении получать толстослойные покрытия. Для произ-ва пигментированных Х. л. применяют разл. пигменты и наполнители, к-рые диспергируют в бисерной или шаровой мельнице в р-ре хлоркаучука. Пленкообразование на окрашиваемой пов-сти осуществляется в результате испарения р-рителя, а при наличии дополнит. пленкообразователя – по механизму его высыхания; Х. л. сушат при 15–80 °С; время высыхания – от неск. мин до 1–2 ч. Св-ва Х. л. и области их применения аналогичны хлорированным полиэтиленовым лакам.

Лит.: Лявшин М. Л., Пшиялковский Б. И., *Лакокрасочные материалы*. Справочник, М., 1982, с. 244–46. В. Ю. Эрман.

**ХЛОРКСИЛОЛЫ**. Различают Х., содержащие атомы хлора в ароматич. ядре [общая ф-ла (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>4-n</sub>Cl<sub>n</sub>, n = 1–3], в ядре и боковой цепи, только в боковой цепи.

Х. – бесцв. жидкость или кристаллы; хорошо раств. в бензоле, диэтиловом эфире и др. орг. р-рителях, не раств. в воде. Наиб. практич. интерес представляют монохлорксилоты

(табл. 1) и дихлорксилоты с атомами хлора в ядре и боковой цепи.

Табл. 1. – СВОЙСТВА МОНОХЛОРКСИЛОЛОВ\*

Соединение	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>15</sup>
3-Хлор-о-ксилот	—	191	—
2-Хлор-о-ксилот	6,2	194	1,0692
3-Хлор-м-ксилот**	—	183–185	—
5-Хлор-м-ксилот	—	187–188	—
2-Хлор-п-ксилот	1,6	183–184	1,0589 (20 °С)

\*Мол.м. 140,61. \*\*n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,5241.

Х. по св-вам – типичные представители *ароматических соединений*. В пром-сти их получают жидкофазным хлорированием ксилотолуолов при 50–70 °С в присут. FeCl<sub>3</sub>.

При фотохим. хлорировании ксилотолуолов или при их хлорировании в присут. 2,2'-азо-бис-изобутиронитрила образуются разл. хлорпроизводные – ксилитхлориды [(хлорметил)метилбензолы, α-хлорксилоты, ф-ла I], ксилитендихлориды [бис-(хлорметил)бензолы, α,α'-дихлорксилоты, II] и гексахлорксилоты. Ксилитхлориды и ксилитендихлориды представляют собой гл. обр. бесцв. кристаллы с резким неприятным запахом (табл. 2). Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле и др. орг. р-рителях, не раств. в воде.

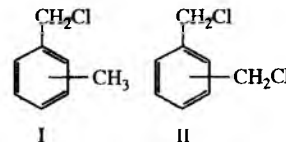


Табл. 2. – СВОЙСТВА КСИЛИТХЛОРИДОВ И КСИЛИТЕНДИХЛОРИДОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>
о-Ксилитхлорид	140,61	—	187–199	1,074	1,5400
м-Ксилитхлорид	140,61	—	195–196	1,064	1,5345
п-Ксилитхлорид*	140,61	–30	200–202	1,051	1,5380
о-Ксилитендихлорид	175,07	55	239–241	1,393 (0 °С)	—
м-Ксилитендихлорид	175,07	34,2	250–255	1,302	—
п-Ксилитендихлорид**	175,07	100	240–245	1,6417	—

\*ΔH<sub>исп</sub> 45,96 кДж/моль, давление пара (кПа): 2,9 (81 °С); 2,6 (93 °С)

\*\*ΔH<sub>исп</sub> 137 кДж/моль, ΔH<sub>исп</sub> 52,55 кДж/моль; давление пара (кПа): 0,6 (110 °С), 2,6 (120 °С); ρ 7,44·10<sup>-30</sup> Кл. м.

Ксилитендихлориды при нагр. с щелочами гидролизуются до ксилитенгликолей, с NH<sub>3</sub> и аминами образуют соответствующие производные.

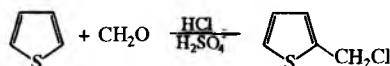
Препаративно ксилитхлориды м. б. получены хлорметилированием толуола параформальдегидом или формалином в присут. HCl и ZnCl<sub>2</sub> в среде СНCl<sub>3</sub> или CCl<sub>4</sub>; аналогично из бензола или бензилхлорида получают ксилитендихлориды. Выделяют продукты перекристаллизации.

Х. применяют для получения полиэфиров, полиамидов, смол полиоксарилиметиленового ряда, разл. хлорпроизводных.

Х. раздражают слизистые оболочки глаз и дыхательных путей, вызывают поражение кожи, кровеносных органов и почек. ПДК в атм. воздухе для п-ксилитхлорида 12 мг/м<sup>3</sup>, для п-ксилитендихлорида 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опшана, М., 1978. Г. В. Моцарев.

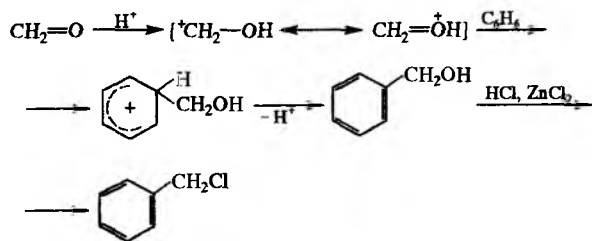
**ХЛОРМЕТИЛИРОВАНИЕ**, введение хлорметильной группы CH<sub>2</sub>Cl в молекулу орг. соед. Особенно гладко протекает Х. ароматич. соед. (р-ция Блана). Р-цию осуществляют действием формальдегида и HCl в присут. к-т Льюиса или протонных к-т (ZnCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, SnCl<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), напр.:



Вместо формальдегида можно использовать триоксиметилен, параформ, ацетали формальдегида. Легкость р-ции зависит от природы заместителей; электронодонорные заместители ускоряют р-цию. Легко хлорметируется нитробензол, м-динитробензол в р-цию не вступает. X. аминов и фенолов приводит к полимерным продуктам. X. нафталина протекает в присут. ледяной  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

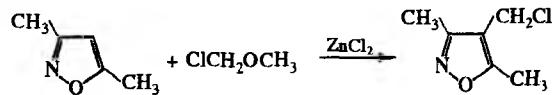
При X. ароматич. соед. могут образовываться соед., содержащие 2, 3 (и более) хлорметильные группы; для получения монозамещенного продукта применяют 4–5-кратный избыток исходного соед.

Механизм X. включает образование гидроксиметилпроизводного, к-рое далее под действием  $\text{HCl}$  превращается в хлорметилзамещенное соед.; атакующим электрофилом служит гидроксиметил-катион:



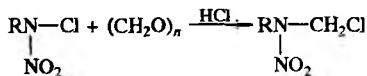
Аналогично X. осуществляют фторметилирование, бромметилирование и иодметилирование с использованием соответствующих галогеноводородных к-т.

X. можно проводить с помощью хлорметилалкиловых эфиров, напр.:



Хлорметилэтиловый эфир применяют для введения хлорметильной группы в полистирол; р-цию проводят в диоксане в присут.  $\text{ZnCl}_2$ .

X. азотсодержащих соед. м. б. осуществлено путем замещения атома хлора, напр.:

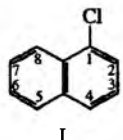


X. используют для получения бензилхлорида, хлорметильных производных кислот, псевдокумола и др. Р-ция предложена Г. Бланом в 1923.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 353–55; Мищенко Г. Л., Вацура К. В., Синтетические методы органической химии, М., 1982, с. 390–91. Л. Н. Максимова.

**ХЛОРНАФТАЛИНЫ**, соед. общей ф-лы  $\text{C}_{10}\text{H}_8-n\text{Cl}_n$  ( $n = 1-8$ ). Практич. интерес представляют 1-хлорнафталин и смесь три- и тетрахлорнафталинов.

1-Хлорнафталин ( $\alpha$ -хлорнафталин; ф-ла I), мол. м. 162,62; бесцв. жидкость; т. пл.  $-2,0^\circ\text{C}$ , т. кип.  $259^\circ\text{C}$ ,  $d_4^{25}$  1,171;  $n_D^{20}$  1,6326;  $\eta$  0,294 мПа·с ( $25^\circ\text{C}$ ); давление пара (кПа): 0,13 ( $80,6^\circ\text{C}$ ), 13,32 ( $180,4^\circ\text{C}$ ), 53,32 ( $230,8^\circ\text{C}$ ); теплопроводность 0,1256 Вт/(м·К); температурный коэф. объемного расширения  $0,00252\text{K}^{-1}$ ;  $\epsilon$  5,04 ( $25^\circ\text{C}$ ). Раств. в бензоле, этаноле, диэтиловом эфире, не раств. в воде.



Гидролизуется щелочами при высокой т-ре и давлении с образованием  $\alpha$ -нафтола; инертен к спиртовому р-ру  $\text{NH}_3$  и  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$  при нагр. до  $100^\circ\text{C}$ . При окислении дымящей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в присут.  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$  или воздухом в паровой фазе над  $\text{V}_2\text{O}_5$  при  $450^\circ\text{C}$  превращается в 3-хлорфталевую к-ту, при взаимодействии с

бесводным  $\text{CuCN}$  в р-ре пиридина при  $200^\circ\text{C}$  под давлением – в 1-нафтилнитрил, при действии Li в эфирной среде – в 1-нафтиллитий.

В пром-сти получают жидкофазным хлорированием нафталина в присут.  $\text{FeCl}_3$ ; побочные продукты – 2-хлорнафталин, т. пл.  $61^\circ\text{C}$ , т. кип.  $256^\circ\text{C}$ ,  $d_4^{21}$  1,137,  $n_D^{21}$  1,6079, а также 1,4- и 1,5-дихлорнафталины (т. пл. соотв. 67 и  $107^\circ\text{C}$ ). Лаб. методы получения: хлорирование расплавленного нафталина в присут.  $\text{FeCl}_3$  или в кипящем р-ре хлорбензола в присут.  $\text{I}_2$ ; взаимодей. нафталина с  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  в присут.  $\text{AlCl}_3$ ; из 1-нафтил-амина по Зандмейера реакции.

Компонент этиловой жидкости. Горючий продукт; т. всп.  $132^\circ\text{C}$ , т. самовоспл.  $558^\circ\text{C}$ . Раздражает кожу, вызывает дерматиты и хронич. поражение печени (гепатит). ПДК паров в атм. воздухе  $0,5\text{ мг/м}^3$ .

Смесь три- и тетрахлорнафталинов (галовакс), мол. м. 232–266; твердое в-во от светло-желтого до коричневого цвета; т. пл.  $70-130^\circ\text{C}$  (в зависимости от содержания хлора, к-рое колеблется от 45 до 70%); т. кип.  $250-370^\circ\text{C}$ ; плотн.  $1,560-1,780\text{ г/см}^3$  ( $15,5^\circ\text{C}$ );  $n_D^{25}$  1,68–1,75; температурный коэф. линейного расширения твердого в-ва  $(0,8-0,005) \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$ . Р-вимость при  $20^\circ\text{C}$  (%): в воде 0,002, в этаноле 0,6, бензине 7,0, скипидаре 8,0, бензоле 54.

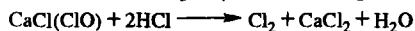
В пром-сти галовакс получают хлорированием расплавленного нафталина  $\text{Cl}_2$  в присут.  $\text{FeCl}_3$ .

Галовакс – флегматизатор, заменитель воска и смол для пропитки тканей, изоляции проводов, изготовлении конденсаторов, при прецизионном литье. Трудногорючий продукт; т. всп.  $120-430^\circ\text{C}$ . Вызывает гепатит, дерматиты, изменения липидно-жирового обмена. ПДК в атм. воздухе  $0,5\text{ мг/м}^3$ , в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,01 мг/л.

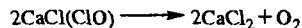
Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опина, М., 1978. Г. В. Мочарев.

**ХЛОРНАЯ ИЗВЕСТЬ** (белильная известь), смесь  $\text{CaCl}(\text{ClO})$ ,  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и более сложных соед. на их основе; белый порошок, иногда с желтоватым оттенком из-за примеси  $\text{FeCl}_3$ , с сильным запахом хлора. Состав X. и зависит от условий ее получения и продолжительности хранения. Главная составная часть X. и. –  $\text{CaCl}(\text{ClO})$ .

На воздухе при солнечном освещении X. и. выделяет  $\text{O}_2$ , при быстром нагревании выше  $150^\circ\text{C}$  разложение X. и. может сопровождаться взрывом. X. и. – сильный окислитель, превращает в щелочном р-ре  $\text{PbO}$  и  $\text{MnO}$  соотв. в  $\text{PbO}_2$  и  $\text{MnO}_2$ , при действии на нее  $\text{HCl}$  или  $\text{H}_2\text{SO}_4$  выделяет  $\text{Cl}_2$ :

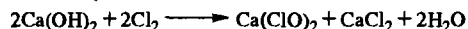


При обработке водой X. и. дает объемистый осадок  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . В воде гидролизуется с образованием  $\text{HClO}$ , к-рая придает ей сильные окислит. св-ва. При нагр. суспензии X. и. в воде в присут. оксидов Cu, Co или др. металлов выделяется  $\text{O}_2$ :



Под воздействием влаги и  $\text{CO}_2$  воздуха X. и. постепенно превращается в смесь  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ .

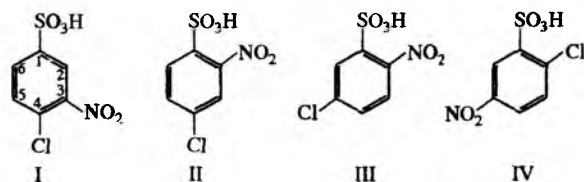
Получают X. и. хлорированием сухого  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (влаги не более 1%) во вращающихся барабанах или полочных камерах с мешалками. Хлорирование до конца никогда не протекает. Получаемая этим способом X. и. содержит 28–36% «активного» хлора, т. е. хлора, выделяемого при действии на X. и. соляной к-ты. При хранении X. и. с каждым годом теряется 5–10% активного хлора. X. и. повышенной устойчивости, с содержанием 45–70% активного хлора получают хлорированием при  $30^\circ\text{C}$  суспензии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в небольшом кол-ве воды:



Применяют X. и. для отбеливания тканей, целлюлозы, бумаги, для очистки нефтепродуктов, дезинфекции сточных вод, используют ее в синтезе хлороформа, в лаб. практике для получения  $\text{Cl}_2$ .

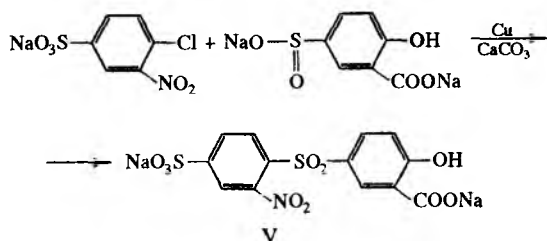
**ХЛОРНАЯ КИСЛОТА**, см. Перхлораты.  
**ХЛОРНИТРОБЕНЗОЛСУЛЬФОКИСЛОТЫ**, мол. м. 237,62. Практич. значение имеют 3-нитро-4-хлор-, 2-нит-

ро-4-хлор-, 2-нитро-5-хлор- и 5-нитро-2-хлорбензолсульфо- кислоты (соотв. ф-лы I-IV).

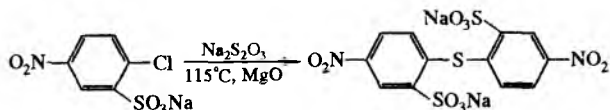


X. — бесцв., расплывающиеся на воздухе кристаллы. Соед. I не имеет четкой т-ры плавления, для его калиевой соли т. пл. 325–326 °С (с разл.); для II–IV т. пл. 114–115, 93 (моногидрат) и 169 °С (дигидрат), соотв. X. хорошо раств. в воде, хуже — в этаноле, CH<sub>3</sub>COOH, не раств. в диэтиловом эфире и др. орг. р-рителях; р-римость калиевых солей соед. I–III в 100 г воды при 25 °С соотв. 2,06, 0,86 и 1,59 г. Нагревание соед. IV выше 200 °С протекает со взрывом; присут. незначительных кол-в Se приводит к резкому снижению т-ры взрыва.

С щелочными, щел.-зем. и тяжелыми металлами X. образуют соли, с PCl<sub>5</sub> и HSO<sub>3</sub>Cl — сульфохлориды, с сульфидными к-тами — сульфоны, напр. сулфон V, применяемый в произ-ве азокрасителей:



Соед. I и IV легко вступают в р-ции нуклеоф. замещения, напр. с NH<sub>3</sub>, аминами, анилином; так, взаимодей. IV с NH<sub>3</sub> при 120 °С и 0,6 МПа приводит к 2-амино-5-нитробензолсульфокислоте, взаимодей. с анилином при 100–150 °С в присут. MgO — к 2-анилино-5-нитробензолсульфокислоте. Атом хлора в X. при кипячении с водными р-рами NaOH легко замещается на группу OH с образованием нитрофенолсульфокислот, при взаимодей. с Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> — на сульфогруппу с образованием дисульфокислот; восстановление последних Fe в HCl приводит к аминобензолдисульфокислотам. При действии на X. Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> образуются производные дифенилсульфида, напр. динатриевая соль 4,4'-динитродифенил-2,2'-дисульфокислоты — важный полупродукт в синтезе азокрасителей:



В пром-сти соед. I и IV получают сульфированием соответствующего хлорнитробензола 65%-ным олеумом (без примеси Se) с послед. выделением сульфокислот в виде натриевых солей. Соед. II получают напр. бис-[2-нитро-4-хлорфенил]дисульфида с HNO<sub>3</sub> в разб. HCl, III — окислением 5,5'-дихлор-2,3'-динитродифенилсульфида дымящей HNO<sub>3</sub> или нитрованием м-хлорбензолсульфохлорида с послед. гидролизом.

X. — промежут. продукты в произ-ве азокрасителей.

Лит.: В о р о ж п о в Н. Н., Основы синтеза промежуточных полупродуктов и красителей, 4 изд., М., 1955; Ullmanns Encyklopädie, 4 Aufl., Bd 17, Weinheim, 1979, S. 405–408. С. И. Дибенко.

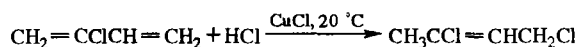
**ХЛОРНОВАТАЯ КИСЛОТА**, см. Хлораты.

**ХЛОРНОВАТИСТАЯ КИСЛОТА**, см. Гипохлориты.

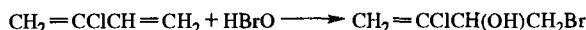
**ХЛОРОПРЕН** (2-хлор-1,3-бутадиен), CH<sub>2</sub> = CClCH = CH<sub>2</sub>, мол. м. 88,536; бесцв. летучая подвижная жидкость с характерным эфирным запахом; т. пл. –130,0 °С; т. кип. 59,4 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 0,9565 г/см<sup>3</sup>; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,4583; p<sub>криг</sub> 4,26 МПа, t<sub>криг</sub> 251,85 °С, d<sub>криг</sub>

0,324 г/см<sup>3</sup>; η 0,408 мПа·с (20 °С); γ 24,1031 мН/м (20 °С); давление пара 0,3144 МПа (100 °С); C<sub>p</sub> [кДж/(кг·К)] жидкости 1,297 (20 °С), газа 1,0383 (100 °С); ΔH<sub>всп</sub> (кДж/кг) 345,81 (0 °С), 314,74 (60 °С); ΔH<sub>стоп</sub><sup>0</sup> –2222,1 кДж/моль; ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –73,011 кДж/моль; S<sub>298</sub><sup>0</sup> 320,58 Дж/(моль·К), коэф. теплопроводности 0,13495 Вт/(м·К) (20 °С); ε 4,9. Молекула X. имеет плоскую трансoidную конфигурацию. X. плохо раств. в воде (< 1% по массе), смешивается с этанолом, бензолом и др. орг. р-рителями.

X. обладает хим. св-вами диеновых углеводородов. Наличие атома Cl и системы сопряженных двойных связей значительно повышает активность X. в радикальных р-циях и ослабляет в ионных р-циях и диеновом синтезе. Атом Cl химически мало активен. Полимеризация X. протекает по радикальному механизму легче бутадиена и изопрена. При комнатной т-ре X. полимеризуется спонтанно с образованием каучукоподобного и губчатого полимеров; образование первого ингибируется фенолтиазином, n-трет-бутилпирокатехином, пикриновой к-той, образование второго — NO и N-нитрозодифениламином. Продолжит. хранение в присут. ингибиторов приводит к циклич. димерам; последние перегруппировываются в продукты более сложного состава. X. легко автоокисляется с образованием пероксидов, разлагаемых щелочами (ингибиторы — фенолы, гидрохинон, аминифенолы); присоединяет по двойным связям галогены, галогеноводороды и др. обычно в положения 1,4:

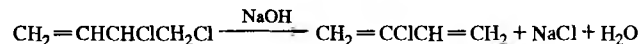
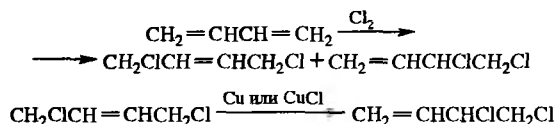


HBrO присоединяется в положения 3,4:



С серой X. образует 3-хлортиофен, с этиленом (под давлением) — 1-хлор-1-циклогексен, с малеиновым ангидридом — продукт присоединения, к-рый после гидролиза дает 4-хлор-1,2,3,6-тетрагидрофталевую к-ту (т. пл. 173–175 °С). Последняя р-ция может служить для идентификации X.

В пром-сти X. получают из бутадиена или ацетилен. Получение из бутадиена осуществляют в 3 стадии:



Хлорирование проводят в паровой фазе при 290–330 °С (при строго ограниченном содержании O<sub>2</sub> и влаги); конверсия бутадиена обычно 10–25%, выход дихлорбутенов 85–95%, соотношение 3,4-дихлор-1-бутена и 1,4-дихлор-2-бутена (30–40) : (60–70); изомеризацию 1,4-дихлор-2-бутена осуществляют в жидкой фазе при 100 °С под вакуумом в присут. Cu и CuCl или нафтената Cu (с содержанием металлич. Cu ок. 5%); дегидрогалогенирование 3,4-дихлор-1-бутена — водным р-ром 5–15%-ной щелочи при 80–110 °С и давлении 0,25 МПа. Выход X. более 95%, чистота 98,5%.

Получение X. из ацетилен включает 2 стадии:

1) димеризацию ацетилен в винилацетилен в присут. солянокислоты р-ра CuCl и NH<sub>4</sub>Cl при 65–85 °С и 0,15 МПа (конверсия ацетилен 13–20%, выход винилацетилен на прореагировавший ацетилен 85–90%); 2) гидрохлорирование винилацетилен в присут. CuCl и FeCl<sub>2</sub> в конц. HCl при 40–50 °С (конверсия 15–25%, выход X. на прореагировавший винилацетилен 90–96%, чистота 99,95%).

X. — мономер для произ-ва хлоропреновых каучуков.

Пары X. в небольших концентрациях раздражают слизистую оболочку глаз, при больших концентрациях обладают общетоксич. действием. Длит. действие небольших количеств X. оказывает мутагенное, эмбриотоксич. и тератогенное действие, увеличивает частоту опухолевых заболеваний.

X. – пожаро- и взрывоопасен. Т. всп.  $-20^{\circ}\text{C}$ , т. самовоспл.  $421^{\circ}\text{C}$ , КПВ в смеси с воздухом 1,2–20% (по объему). ПДК в атм. воздухе 0,002 мг/м<sup>3</sup>, в воде 0,01 мг/л.

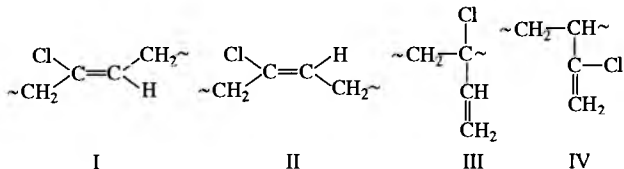
X. хранят и транспортируют в жидком виде в охлаждаемых емкостях при т-рах ниже  $0^{\circ}\text{C}$  в присут. ингибиторов (*n*-трет-бутилпирокатехин или др.).

Мировое произ-во X. св. 500 тыс. т в год (1993).

Лит.: Кирпичников П. А., Береснев В. В., Попова Л. М., Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука, 2 изд., Л., 1986; Башкатов Т. В., Жвигалин Я. Л., Технология синтетических каучуков, 2 изд., Л., 1987; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 5, N. Y., 1979, p. 773–85; Daubert T. E., Danner R. P., Data compilation tables of properties of pure compounds, pt 2, N. Y., 1985. Ф. Е. Куперман.

**ХЛОРОПРЕНОВЫЕ КАУЧУКИ** (полихлоропрены, наириты, неопрены, байпрены, бутаклолы, скайпрены), продукты гомо- и сополимеризации хлоропрена. Выпускают гл. обр. высокомолекулярные гомополимеры хлоропрена и его сополимеры с 3–10% дихлорбутадиена.

**Структура и свойства каучуков.** Звенья хлоропрена в макромолекуле X. к. имеют конфигурации 1,4-*транс* (Ф-ла I, 88–92%), 1,4-*цис* (II, 7–12%), 1,2 (III, 4,5%) и 3,4 (IV, 1%).



Вследствие регулярности строения X. к. склонны к кристаллизации (сополимеры менее склонны, чем гомополимеры). Среднемассовая мол. м. ( $M_w$ ) 100–500 тыс.; индекс полидисперсности  $M_w/M_n = 1,5–3,0$  ( $M_n$  – среднечисловая мол. м.); плотн. 1,20–1,15 г/см<sup>3</sup> ( $25^{\circ}\text{C}$ ), т. стекл. от  $-40$  до  $-43^{\circ}\text{C}$ ;  $\Delta H_{пл}$  8,4 кДж/моль; плотн. энергии когезии 342–390 МДж/м<sup>3</sup>. Раств. в  $\text{CHCl}_3$ , кетонах, этилацетате, смеси  $\rho$ -рителей (напр., метилэтилкетон-толуол), набухают в алифатич. углеводородах.

X. к. достаточно стойки к воздействию  $\text{O}_2$ , солнечного света,  $\text{O}_3$  образуют полимерные пероксиды, под действием ионизирующих излучений структурируются. При нагр. до  $170^{\circ}\text{C}$  интенсивно выделяют HCl. Стабилизируют X. к. антиоксидантами аминного или фенольного типа (1–3% от массы каучука).

**Получение каучуков.** Осн. пром. способ – эмульсионная полимеризация в водной фазе при  $40^{\circ}\text{C}$ , протекающая по радикальному механизму. Эмульгаторы – алкилсульфонаты или канифольные мыла, регуляторы мол. м. – S, тиурамдисульфиды, тиолы (меркаптаны). Инициатор полимеризации гл. обр.  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$ . Макромолекулы X. к., получаемого в присут. серы, имеют строение  $-(\text{CH}_2\text{C}(\text{Cl})=\text{CHCH}_2)_x-(\text{CH}_2\text{C}(\text{Cl})=\text{CHCH}_2)_n-$ , где  $n = 100–1000$ ,  $x = 2–8$ . При достижении необходимой степени превращения мономеров (65–75%) в латекс вводят эмульсии или  $\rho$ -рты тиурамдисульфидов (напр., тетраэтилтиурамдисульфида) и антиоксиданта и выдерживают неск. часов при  $25^{\circ}\text{C}$  для созревания латекса. При получении X. к., регулированных тиолами (напр., трет-додецилтиолом), в латекс добавляют только антиоксидант; стадия созревания в этом случае исключается. После отгонки непрореагировавших мономеров каучук коагулируют вымораживанием на барабанах, промывают водой и сушат.

Цвет X. к. от светло-янтарного до темно-желтого, содержание примесей (остаток эмульгаторов, влаги и др.) до 5% по массе; осн. форма выпуска – гранулы. Производят также жидкие X. к. и латексы (см. Латексы синтетические).

**Технологические характеристики каучуков.** Вязкость X. к. по Муни ( $100^{\circ}\text{C}$ ) может достигать 35–75 и более. Перерабатывают X. к. на обычном оборудовании резиновых заводов (валцах, смесителях, каландрах, экструдерах); изделия вулканизуют при  $140–160^{\circ}\text{C}$  в прессах, котлах и др. X. к. технологически совместимы с др. каучуками, напр. бутадиен-нитрильными, бутадиен-стирольными, бутадиеновыми,

изопреновыми, НК, а также с реакто- и термопластами. Перед изготовлением резиновых смесей гомополимеры хлоропрена декристаллизуют в распорочных камерах при  $60–70^{\circ}\text{C}$  в течение 4–6 ч или пластицируют. Для вулканизации X. к. применяют гл. обр. ZnO (2–5 мас. ч.), MgO (2–10 мас. ч.), ускоритель вулканизации – 2-меркаптоимидазолин; для X. к. меркаптанового регулирования – смесь серы, дифенилгуанидина и тетраметилтиурамдисульфида. Наполнители резиновых смесей – техн. углерод (сажа), мел, каолин и др., пластификаторы – гл. обр. сложные эфиры (фталаты, себацинаты), а также канифоль, кумароно-инденовые и феноло-формальдегидные смолы. Общее содержание ингредиентов 50–150 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука.

**Свойства вулканизатов.** Св-ва резин на основе X. к. определяют способом регулирования мол. м. (табл.). Резины на основе X. к. масло-, бензо-, озono-, свето-, тепло- и огнестойки, сравнительно стойки в нек-рых к-тах ( $\text{H}_2\text{BO}_3$ , HCl, разб.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), щелочах; под действием  $\text{HNO}_3$ , конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  разрушаются. Пригодны для эксплуатации при т-рах от  $-40$  до  $110^{\circ}\text{C}$ , кратковременно до  $140^{\circ}\text{C}$ .

**СВОЙСТВА РЕЗИН НА ОСНОВЕ ХЛОРОПРЕНОВЫХ КАУЧУКОВ\***

Показатель	Ненаполненные резины Наполненные резины**			
	регулятор сера		регулятор тиол***	
Напряжён при удлинении 300%, МПа	1,0–1,5	1,9–2,3	8,5–9,5	17–18
$\sigma_{раст}$ , МПа	24–28	21–23	15–17	19–22
Относит. удлинение, %	880–11000	780–900	450–550	450–550
Сопротивление раздиру, кН/м (20 °C)	30–45	25–35	55–70	55–65
Эластичность по отскоку, %	40–42	40–42	32–35	38–40
Твёрдость по Шору А	45–50	37–42	63–70	60–65
Т-ра хрупкости, °C	–37	–37	–37	–37
Остаточная деформация при сжатии на 20% (120 ч, 100 °C), %	80–90	35–40	80–85	45–53
Коэф. теплового старения (120 ч, 100 °C)				
по $\sigma_{раст}$	0,80–0,85	0,85–0,92	0,90–0,95	0,90–0,94
по относит. удлинению	0,72–0,78	0,78–0,86	0,73–0,77	0,78–0,86
Изменение массы при набухании в смеси изооктан: толуол (7:3 по объему) в течение 24 ч, %	50–50	50–60	35–40	35–40

\*Состав смеси (мас. ч.): каучук – 100; ZnO 0–7; MgO – 5; вулканизация 30 мин при  $143^{\circ}\text{C}$ . \*\*Наполнитель – техн. углерод (40 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука). \*\*\*Ускорители (мас. ч.): сера – 1,0; дифенилгуанидин – 1,0; тетраметилтиурамдисульфид – 1,0 на 100 мас. ч. каучука.

Газопроницаемость резин из X. к. ниже, чем резин из неполярных каучуков (изопреновых, бутадиеновых); коэф. газопроницаемости разл. газов [м<sup>2</sup>/(Па·с);  $60^{\circ}\text{C}$ ] для ненаполненных резин составляет соотв.  $30,6 \cdot 10^{-18}$  ( $\text{O}_2$ );  $12,2 \cdot 10^{-18}$  ( $\text{N}_2$ );  $25,6 \cdot 10^{-18}$  ( $\text{CO}_2$ );  $133 \cdot 10^{-18}$  ( $\text{H}_2$ );  $214 \cdot 10^{-18}$  (He). Коэф. объемного расширения резин из X. к.  $6 \cdot 10^{-4} \text{K}^{-1}$ ; коэф. теплопроводности 0,19 Вт/(м·К), уд. теплоемкость 2,18 кДж/(кг·К), электрич. проводимость  $\rho$   $4,4 \cdot 10^{-10}–6 \cdot 10^{-12}$  Ом·см. X. к. и резины на их основе не поддерживают горения.

**Применение каучуков.** X. к. используют в произ-ве разнообразных изделий и деталей, эксплуатируемых в контакте с агрессивными средами, напр. уплотнителей, шлангов, рукавов, ремней, прорезиненных тканей, защитных оболочек кабелей, как основу адгезивов; жидкие X. к. – для получения антикоррозионных покрытий, как пластификаторы.

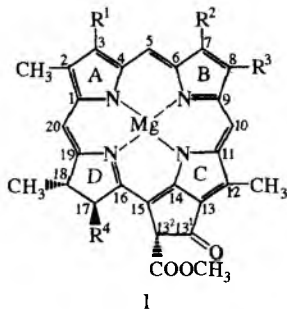
Объем мирового произ-ва св. 330 тыс. т в год (1989).

Лит.: Захаров Н. Д., Хлоропреновые каучуки и резины на их основе, М., 1978; Синтетический каучук, под ред. И. В. Гармонова, 2 изд., Л., 1983, с. 310–27; Свойства и применение новых марок хлоропреновых каучуков. Тематич. обзор, М., 1986. Г. А. Лысова.

**ХЛОРОФЛЛЫ** (от греч. chloros – зеленый и phyllon – лист), прир. макрогетероциклич. пигменты, участвующие в процессе фотосинтеза; относятся к металлопорфиринам (см. Порфирины).

Зеленая окраска растений обусловлена присутствием X, локализованных во внутриклеточных органеллах (хлоропластах или хромофорах) в виде пептидных комплексов.

Формально X. представляют собой производные порфина, молекулы к-рых содержат циклопентановое кольцо, конденсированное с порфириновым макроциклом, центральный атом Mg и разл. заместители; одно или два пиррольных цикла в молекулах частично гидрированы, см., напр., ф-лу I. В пиррольном кольце D молекул X. к остатку пропионовой к-ты обычно присоединены остатки высокомогл. изопреноидных спиртов, к-рые придают X. способность встраиваться в липидные слои мембран хлоропластов. Для X., как и для порфиринов, используется номенклатура ИЮПАК или Фишера.



I

Хлорофилл a:  $R^1 = \text{CH}=\text{CH}_2$ ,  $R^2 = \text{CH}_3$ ,  $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$ ,  
 $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Хлорофилл b:  $R^1 = \text{CH}=\text{CH}_2$ ,  $R^2 = \text{CHO}$ ,  $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$ ,  
 $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Хлорофилл d:  $R^1 = \text{CHO}$ ,  $R^2 = \text{CH}_3$ ,  $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$ ,  $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Из высших растений, водорослей и фотосинтезирующих бактерий выделено и структурно охарактеризовано св. 50 разл. X. Осн. пигменты высших растений и зеленых водорослей – X. a и b. Основа этих X. – дигидропорфириновый (хлориновый) цикл, содержащий в качестве эфирных групп (Y) остаток спирта фитола  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3) = \text{SCH}_2\text{OH}$ .

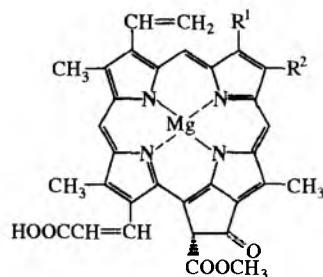
При общем содержании X. 0,7–1,1 г на 1 кг зеленой массы растений соотношение X. a и b обычно составляет 3:1 (в зависимости от освещенности, наличия удобрения и др. факторов может колебаться от 2:1 до 3,4:1, что используется для контроля за развитием растений). X. a и b выделяют гл. обр. из листьев крапивы и шпината (разделяют эти X. хроматографически), X. a – также из синезеленых микроводорослей, не содержащих X. b.

Близок по структуре к X. a его (S)-эпимер по атому C-13<sup>2</sup> – прир. пигмент X. a', также участвующий в фотосинтезе. Замена этильной группы в положении 8 в X. a и b на винильную приводит к 8-винилхлорофиллам a и b, обнаруженным в листьях огуречной рассады; участие этих X. в фотосинтезе пока не доказано.

Из бурых и диатомовых водорослей выделены X. a и c, из красных морских водорослей – X. a и d.

X. группы c (c<sub>1</sub>, c<sub>2</sub> и c<sub>3</sub>, ф-ла II) в отличие от др. X. содержат негидрированный порфириновый макроцикл и остаток неэтерифицированной акриловой к-ты. Находясь в морских водорослях в виде белковых комплексов, X. этой группы выполняют в фотосинтезе роль светособирающих антенн.

В большинстве фотосинтезирующих бактерий обнаружены бактериохлорофиллы (БХ), отличающиеся от X. a типом макроцикла и замещающими группами в цикле. Они имеют несколько модификаций: так, из пурпурных бактерий выделены БХ a и b, из зеленых бактерий – БХ a, c, d и e, из серных бактерий – БХ c, d и e; обнаружены также фотосинтезирующие бактерии, содержащие БХ g.



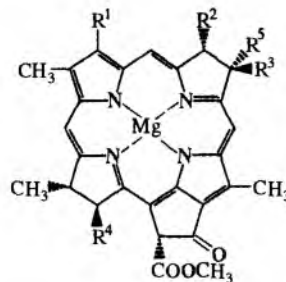
II

Хлорофилл c<sub>1</sub>:  $R^1 = \text{CH}_3$ ,  $R^2 = \text{C}_2\text{H}_5$

Хлорофилл c<sub>2</sub>:  $R^1 = \text{CH}_3$ ,  $R^2 = \text{CH}=\text{CH}_2$

Хлорофилл c<sub>3</sub>:  $R^1 = \text{COOCH}_3$ ,  $R^2 = \text{CH}=\text{CH}_2$

В основе БХ a, b и g (т. наз. собственно БХ; ф-ла III) лежит тетрагидропорфириновый макроцикл, содержащий в качестве эфирных групп (Y) остатки фитола, геранилгераниола  $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{SCH}_2\text{OH}$  и 2,10-фитадиенола  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{SCH}_2\text{OH}$  – для БХ a и b; БХ g содержит остатки фарнезола  $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{SCH}_2\text{OH}$  и геранилгераниола. При выделении из ацетона или метанола (особенно в присут. оснований) БХ a и b эмеризируются по атому C-13<sup>2</sup> с образованием эпимеров БХ a' и b'.



III

Бактериохлорофилл a:  $R^1 = \text{COCH}_3$ ,  $R^2 = \text{CH}_3$ ,  $R^3 = \text{C}_2\text{H}_5$ ,  
 $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$ ,  $R^5 = \text{H}$

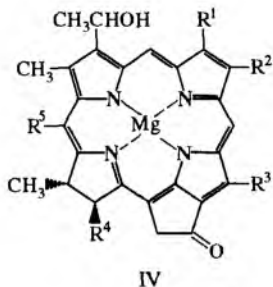
Бактериохлорофилл b:  $R^1 = \text{COCH}_3$ ,  $R^2 = \text{CH}_3$ ,  
 $R^3 + R^5 = (\text{SCH}_3)$ ,  $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Бактериохлорофилл g:  $R^1 = \text{CH}=\text{CH}_2$ ,  $R^2 = \text{CH}_3$ ,  
 $R^3 + R^5 = (\text{SCH}_3)$ ,  $R^4 = \text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{Y}$

Для БХ c, d и e (ф-ла IV), первоначально называемых хлоробийум-хлорофиллами, характерно наличие дигидропорфиринового макроцикла, α-гидроксиэтильной группы в положении 3 и разл. алкильных (от C<sub>1</sub> до C<sub>5</sub>) заместителей в положении 8; эфирные группы (Y) – остатки 2,6-фитадиенола  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{SCH}_2\text{OH}$  и 2,16,20-фитатриенола  $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)(\text{CH}_2)_3-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{SCH}_2\text{OH}$ .

X. – высокоплавкие интенсивно окрашенные кристаллы от зеленого до темно-красного и черного цветов; т. пл. X. a 117–121 °С, X. b – 124–125 °С; т. разл. многих X. более 300 °С. X. хорошо раств. гл. обр. в полярных орг. р-рителях (ДМСО, ДМФА, ацетон, спирты, диэтиловый эфир), плохо – в петролейном эфире, не раств. в воде. В УФ спектрах для многих X. характерно наличие λ<sub>max</sub> 400–430 (т. наз. полоса Соре); полные УФ спектры представлены в табл.





Бактериохлорофилл *c*: R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, R<sup>3</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>4</sup> = CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C(O)Y, R<sup>5</sup> = CH<sub>3</sub>

Бактериохлорофилл *d*: R<sup>1</sup> = CH<sub>3</sub>, R<sup>2</sup> = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>, R<sup>3</sup> = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, R<sup>4</sup> = CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C(O)Y, R<sup>5</sup> = H

Бактериохлорофилл *e*: R<sup>1</sup> = CHO, R<sup>2</sup> = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>-C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>, R<sup>3</sup> = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, R<sup>4</sup> = CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>C(O)Y, R<sup>5</sup> = CH<sub>3</sub>

**НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХЛОРОФИЛЛОВ И БАКТЕРИОХЛОРОФИЛЛОВ**

Пигмент	Природный источник	Электронный спектр, λ <sub>макс</sub> <sup>ор</sup> (нм · 10 <sup>-3</sup> или отношение интенсивностей к основному пику)
Хлорофилл <i>a</i>	Все аэробные организмы	662(90), 516(15), 578(8), 534(4), 430(118), 410(76)
Хлорофилл <i>b</i>	Зеленые растения, водоросли	644(56), 595(12), 549(6), 455(159), 430(57)
Хлорофилл <i>c</i> <sub>1</sub>	Бурые водоросли	628(1,0)*, 578(0,6), 444(9,9)
Хлорофилл <i>c</i> <sub>2</sub>	Бурые водоросли	629(1,0)*, 582(1,2), 448(14,1)
Хлорофилл <i>c</i> <sub>3</sub>	Бурые водоросли	626(1,0)*, 585(3,8), 451(32,1)
Хлорофилл <i>d</i>	Хлорелла	—
Бактериохлорофилл <i>a</i>	Пурпурные бактерии	773(91), 697(9), 577(21), 530(3), 391(48), 358(73)
Бактериохлорофилл <i>b</i>	Пурпурные бактерии	794(100), 676(18), 578(25), 408(78), 368(81)
Бактериохлорофилл <i>g</i>	Азотфиксирующие бактерии	763(1,0)*, 575(0,4), 470(0,5), 418(1,9), 408(2,0)
Бактериохлорофилл <i>c</i>	Зеленые и бурые бактерии	668(64), 624(14), 574(11), 431(100), 384(65), 356(56)
Бактериохлорофилл <i>d</i>	Зеленые и бурые бактерии	654(61), 608(17), 424(100), 408(87), 330(45)
Бактериохлорофилл <i>e</i>	Зеленые и бурые бактерии	647(34), 592(19), 458(100), 337(48)

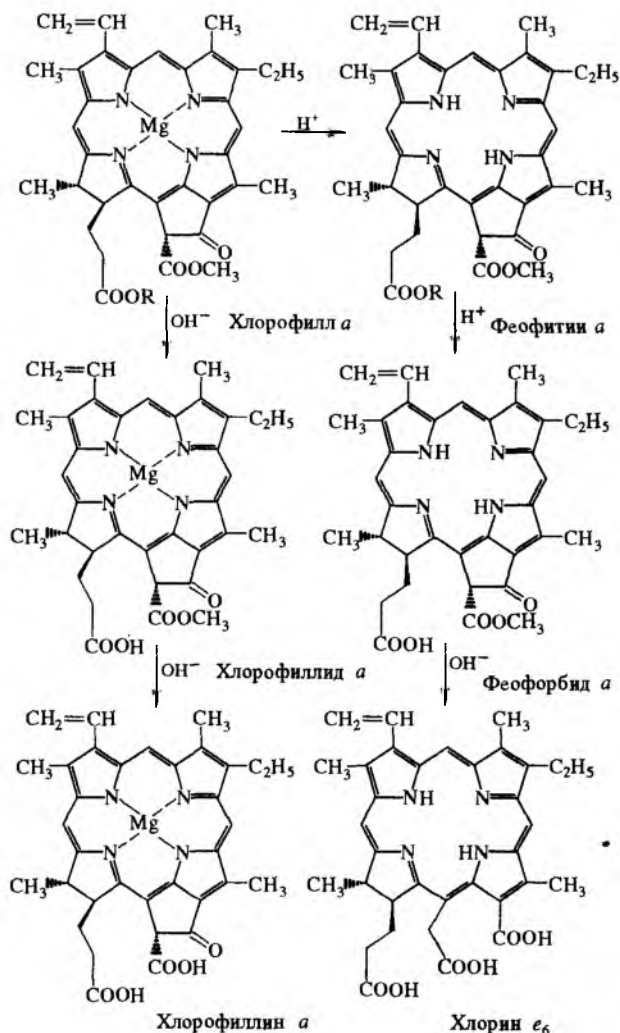
\* В скобках даны интенсивности, выраженные относительно пика в красной области, принятого за единицу.

Под действием к-т и оснований X. легко подвергаются структурным изменениям. Так, обработка слабыми р-рами к-т приводит к удалению центрального иона Mg с образованием феофитинов. Конц. HCl, наряду с Mg отщепляет фитол с образованием феофорбидов; раскрытие циклопентанового кольца под действием конц. щелочи приводит к хлоринам. При обработке слабыми щелочами X. постепенно теряют сложэфирные группы, сохраняя центральный ион металла; при этом образуются хлорофиллиды и хлорофиллины. Аналогичные превращения претерпевают также и бактериохлорофиллы.

Вышеописанные р-ции на примере X. *a* приведены на схеме 1.

Осн. пути биосинтеза X.: конденсация двух молекул δ-аминолевулиновой к-ты с образованием порфиобилиногена (ф-ла V), к-рый в результате ряда ферментативных превращений дает протопорфирин (VI). Из последнего образуется непосредственный предшественник X.- хлорофиллид, содержащий атом Mg. Путем последующих р-ций восстановления и присоединения остатков спиртов из него образуется X. Стадия восстановления хлорофиллида осу-

Схема 1



ществляется у высших растений на свету, у низших – в темноте.

Синтез X. *a* – одно из замечательных достижений в области орг. химии. Полный синтез включает 46 стадий. Его осн. этапы представлены схемами 2, 3. Первый этап заключается в последоват. синтезе порфирина VII из четырех пирролов – предшественников колец A–D молекулы X. через два дипирролилметана (схема 2). Второй этап – превращение порфирина VII в триметилловый эфир хлорина e<sub>6</sub> (VIII) с *транс*-кон-

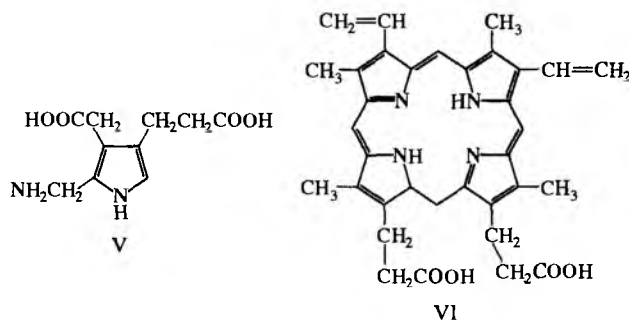


Схема 2

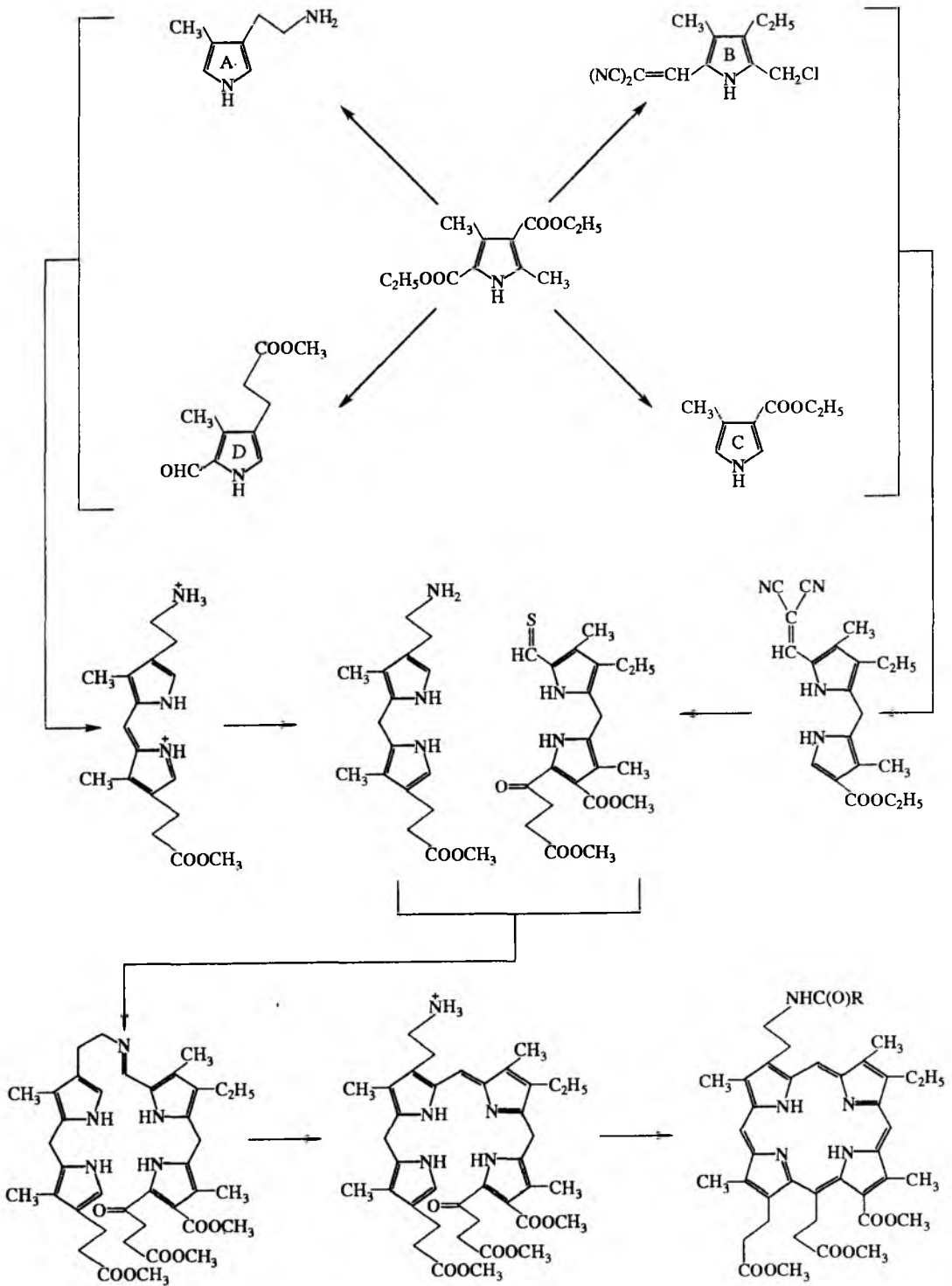
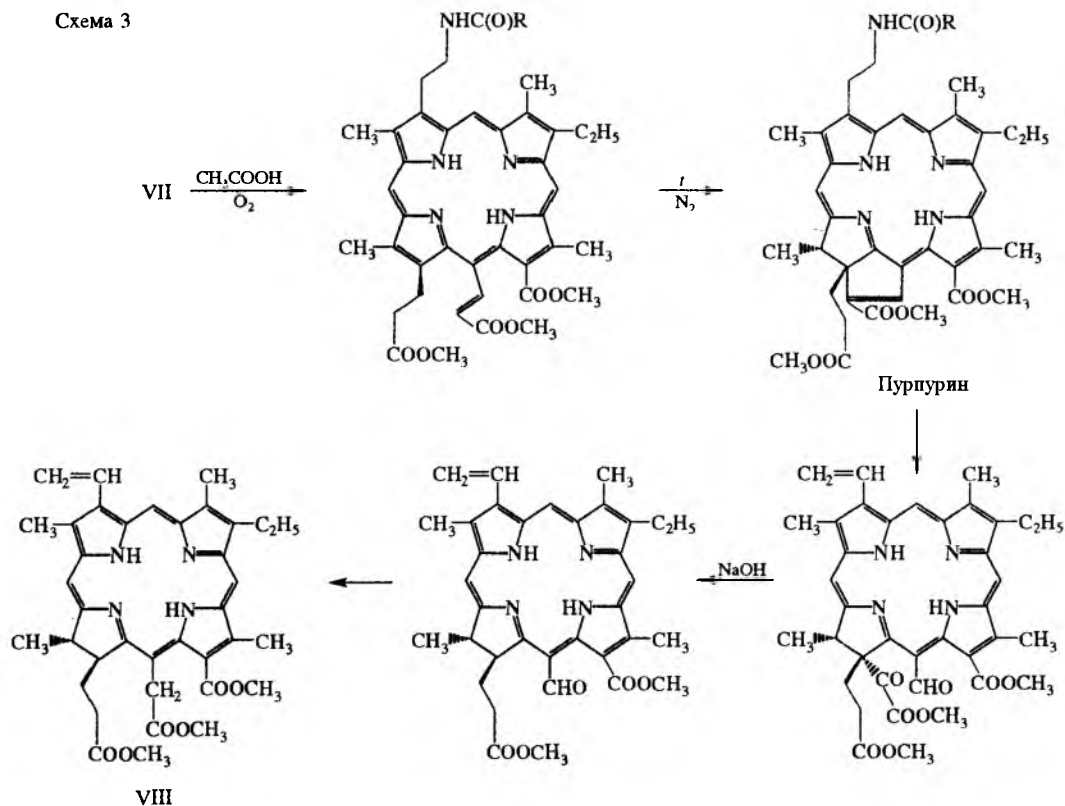


Схема 3



фигурацией при атомах С-17 и С-18 (т. наз. пурпуриновая р-ция; схема 3), послед. циклизация к-рого приводит к X. а.

Полный синтез X. а осуществил Р. Вудворд в 1960.

Лит.: Итоги науки и техники, сер. Современные проблемы лазерной физики, т. 3, М., 1990; Дайзенхофер И, Михель Х., Фотосинтетический реакционный центр пурпурной бактерии, пер. с нем., М., 1990; Woodward R. B., «Pure Appl. Chem.», 1960, № 2, p. 383; Woodward R. B. [a. o.], «Tetrahedron», 1990, v. 46, № 22, p. 7599-7659; Chlorophylls, ed. by H. Scheer, L., 1991; см. также лит. при ст. Порфирины. А. Ф. Миронов.

**ХЛОРОФОРМ** (трихлорметан, фреон 20, хладон 20)  $\text{CHCl}_3$ , мол. м. 119,38; бесцв. жидкость со сладковатым запахом; т. пл.  $-63,5^\circ\text{C}$ , т. кип.  $61,1^\circ\text{C}$ ;  $d_4^{20}$  1,4832; плотн. по воздуху 4,1;  $n_D^{20}$  1,4459; длины связей 0,1073 нм (С—Н), 0,1767 нм (С—С); энергии связей 389,11 (С—Н) и 298,74 кДж/моль (С—С);  $\mu$   $3,17 \cdot 10^{-30}$  Кл·м;  $\eta$  (мПа·с) жидкости 1,150 ( $-40^\circ\text{C}$ ), 0,567 (20 °С), 0,409 (60 °С),  $\eta$  пара 10,0 (20 °С), 12,5 (100 °С), 22,1 (400 °С);  $\gamma$  (мН/м) 38,1 ( $-60^\circ\text{C}$ ), 27,1 (20 °С), 17,0 (100 °С), 0 (260 °С);  $t_{\text{крип}}$  263,4 °С,  $p_{\text{нагр}}$  5,35 МПа,  $d_{\text{спл}}$  0,5 г/см<sup>3</sup>; давление пара (кПа) 0,11 ( $-60^\circ\text{C}$ ), 2,48 ( $-20^\circ\text{C}$ ), 8,0 (0 °С), 20,7 (20 °С), 311 (100 °С), 1656 (180 °С), 5001 (254 °С);  $C_p$  [кДж/(кг·К)] жидкости 0,808 ( $-60^\circ\text{C}$ ), 0,950 (20 °С), 1,051 (100 °С), пара 0,519 (0 °С), 0,607 (100 °С), 0,762 (500 °С);  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  (кДж/кг) 267,9 (20 °С), 228,6 (100 °С), 134,8 (220 °С);  $\Delta H_{\text{ср}}^0$   $-100,48$  кДж/моль;  $S_{298}^0$  295,84 Дж/(моль·К); коэф. теплопроводности [Вт/(м·К)] жидкости 0,1187 (20 °С), 0,0967 (100 °С), пара 0,00976 (100 °С), 0,01824 (300 °С);  $\epsilon$  жидкости 4,796 (20 °С), пара 1,0087 (100 °С). Хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде (% по массе) 0,482 (15 °С), 0,130 (60 °С), р-римость воды в X. 0,006 ( $-25^\circ\text{C}$ ), 0,065 (22 °С), 0,166 (51 °С); образует азеотропную смесь с водой (т. кип.  $56,2^\circ\text{C}$ , 97,4% X.).

X. реагирует с хлором в жидкой фазе в присут. инициаторов или в паровой фазе (катализатор — активир. уголь) с образованием  $\text{CCl}_4$ . С бромом при  $250^\circ\text{C}$  дает бромхлорметаны, с HF в присут.  $\text{SbCl}_5$  — трифторметана. При нагр. с водой разлагается до  $\text{HCOOH}$ , CO и HCl. С разбавл. р-рами NaOH

или KOH образуется  $\text{HCOONa}$  (или  $\text{HCOOK}$ ), при действии концентр. щелочей разлагается до хлоридов металлов и CO. В присут. металлов VIII гр. гидрируется до метана. На свету медленно окисляется кислородом воздуха:  $3\text{CHCl}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 3\text{COCl}_2 + 3\text{Cl}_2 + 2\text{CO}_2 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$ .

При действии на X.  $\text{NH}_3$  и KOH образуются KCN и KCl. В присут. гидроксидов щелочных металлов X. конденсируется с ацетоном, образуя трихлорбутанол. В присут.  $\text{AlCl}_3$  вступает в р-цию Фриделя — Крафта с ароматич. соед. С фенолами в щелочных р-рах образует ароматич.  $\alpha$ -гидроксиальдегиды (Раймера — Тимана реакция). В газовой фазе реагирует с  $\text{NO}_2$  по схеме:  $\text{CHCl}_3 + \text{NO}_2 \rightarrow \text{COCl}_2 + \text{NO} + \text{HCl}$ ; при т-ре выше  $450^\circ\text{C}$  пиролизуется с образованием тетрахлорэтилена и HCl. При сольволизе (в присут. оснований) или термоллизе образует дихлоркарбены (см. Карбены).

X. получают совместно с метиленхлоридом хлорированием метана в паровой фазе при  $510\text{--}520^\circ\text{C}$  и соотношении метан: хлор (4–5):1. Непрореагировавший метан и образовавшийся  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  после отмывки от HCl, осушки, нейтрализации и компримирования реакц. газа возвращаются в реактор. X., выделяемый ректификацией, имеет чистоту не менее 99,96%.

X. получают также газофазным хлорированием  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  в объеме или в присут. катализатора ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , песок и др.) либо жидкофазным хлорированием при  $80\text{--}90^\circ\text{C}$  и давлении до 1 МПа в присут.  $\text{N,N}'$ -азо-бис-изобутиронитрила. X. может быть получен (совместно с  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  и  $\text{CCl}_4$ ) окислит. хлорированием метана при  $350\text{--}400^\circ\text{C}$  в присут.  $\text{CuCl}_2 + \text{KCl}$ , нанесенных на носитель (корунд, силикагель и др.), взаимодей. хлорала или гексахлорацетона с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (метод потерь пром. значение из-за относительно высокой стоимости сырья и образования большого кол-ва отходов).

Используют X. гл. обр. для произ-ва хладона 22, а также как р-ритель, хладагент, в синтезе лек. препаратов. Ранее применялся в медицине как средство для наркоза.

X. — негорюч; оказывает токсич. действие на внутр. органы, особенно на печень. ПДК в воздухе рабочей зоны 20 мг/м<sup>3</sup>.

Производство X. в США 238 тыс. т в год (1988).

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опшва, М., 1978, с. 26–35. Ю. А. Треггер.

**ХЛОРПАРАФИНЫ**, техн. продукты общей ф-лы C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>Cl<sub>m</sub> (n = 10–30, m = 1–24). Различают жидкие X. (до 50% хлора по массе) и твердые X. (70–72% хлора). Жидкие X. — вязкие медообразные бесцв. либо светло-желтые в-ва без запаха; твердый X. — порошкообразное в-во, бесцв. или кремового цвета, без запаха. Св-ва нек-рых техн. продуктов приведены в табл.

СВОЙСТВА ХЛОРПАРАФИНОВ

Показатель	Торговые названия в России				
	ХП-13	ХП-418	ХП-600	ХП-470	ХП-1100
Содержание хлора, % по массе	12–14	40,5 ± 1,5	42,0 ± 2,0	47,0 ± 2,0	70–72
T. заст., °C	33–38	–30 (–33)	–8 (–12)	–12 (–25)	70–76
d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	0,900–0,920*	1,130–1,160	1,140–1,200	1,185–1,295	1,00
n <sub>D</sub> <sup>25</sup>	1,460–1,462*	1,492–1,496	1,505–1,510	1,502–1,510	1,550*
Давление пара, мПа (65 °C)	—	26,66	26,66	26,66	—
η, мПа·с (25 °C)	—	200–300	2500–3000	1500–5000	—
η, мПа·с (50 °C)	14–16	30–40	200–1000	100–500	—
C <sub>p</sub> <sup>0</sup> , кДж/(кг·K) (40 °C)	—	—	1,617	1,205	—
Ковэф. теплопроводности, Вт/(м·K) (40 °C)	—	—	0,130	0,117	—
T. исп., °C	170	270**	270	270	360

\*При 90 °C. \*\*T. самовоспл. 357 °C.

X. не раств. в воде; жидкие X. хорошо раств. в минеральных и смазочных маслах, хлорорг. р-рителях, эфирах, кетонах и др., ограниченно раств. в спиртах, совмещаются с каучуками, полиэфирными и разл. алкидными смолами; твердый X. ограниченно раств. в ацетоне и бензоле.

При t-ре выше 150 °C или при кипячении со спиртовыми р-рами щелочей X. дегидрохлорируются с образованием высших хлоролефинов; в присут. воды гидролизуются.

Жидкие X. получают по периодич. схеме хлорированием расплавленного парафина при 90–120 °C; после охлаждения до 60–70 °C и отдувки р-ренных Cl<sub>2</sub> и HCl добавляют стабилизатор, как правило, на основе эпоксидных соед. Твердый X. получают хлорированием 20%-ной смеси парафина с CCl<sub>4</sub> при 70–75 °C в присут. инициатора (пероксиформы); после отгонки части CCl<sub>4</sub> в 50%-ный раствор X. добавляют стабилизатор и выделяют продукт осаждением из воды либо в пленочном испарителе.

Жидкие X. используют в качестве пластификаторов в полимерных композициях (ПВХ и др.), для изготовления смазок, для пропитки тканей, бумаги, полимерных пленок с целью придания огнебезопасных и гидрофобных свойств, для произ-ва химических стойких, водостойких и огнезащитных красок и т.д. Твердый X. — антипирен — применяют для повышения огнестойкости пластмасс (полистирола, полиэтилена, полиакрилатов и др.) и каучуков.

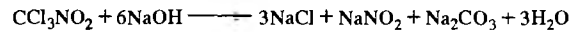
X. — трудногорючие в-ва, невзрывоопасны и нетоксичны. Мировое произ-во ок. 200 тыс. т в год (1988).

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опшва, М., 1978, с. 545–55. Ю. А. Треггер.

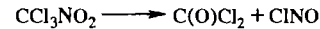
**ХЛОРПИКРИН** (нитротрихлорметан), CCl<sub>3</sub>NO<sub>2</sub>, мол. м. 164,38; бесцв. жидкость с резким запахом; t. пл. –69,2 °C, t. кип. 113 °C; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,6579; плохо раств. в воде (0,18% при 20 °C), смешивается с большинством орг. р-рителей; летучесть 164,36 мг/л (20 °C).

Для X. характерны р-ции обмена атомов Cl и нитрогруппы на др. заместители и р-ции восстановления; под действием света X. приобретает желто-зеленую окраску. Практически

не гидролизуются, разлагается лишь при нагр. в спиртовых р-рах щелочей:



При нагр. до 400–500 °C X. разлагается с выделением фосгена:



Для уничтожения X. наиб. пригоден Na<sub>2</sub>S в водных (с добавкой ПАВ), водно-спиртовых или спиртовых р-рах.

X. в концентрации 0,01 мг/л вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и верх. дыхат. путей, к-рое проявляется в виде рези и боли в глазах, слезотечения и мучительного кашля. Концентрация X. 0,05 мг/л непереносима и, кроме того, вызывает тошноту и рвоту. В дальнейшем развиваются отек легких, кровоизлияния во внутр. органах. Смертельная концентрация X. при экспозиции 1 мин — 20 мг/л.

X. применяют как фумигант. ПДК в воздухе рабочей зоны 0,07 мг/м<sup>3</sup>. В 1-ю мировую войну X. использовался в качестве ОВ удушающего и раздражающего действия. Во мн. странах он применяется для проверки исправности противогазов и как учебное ОВ. Защита от X. — противогаз.

Лит. см. при ст. Отравляющие вещества.

В. И. Емельянов.

**ХЛОРПРОПИОНОВЫЕ КИСЛОТЫ**. Наиб. важны 2 (или α)-, 3 (или β)-монохлорпропионовые к-ты CH<sub>3</sub>CHClCOOH и CH<sub>2</sub>ClCH<sub>2</sub>COOH соотв., а также 2,2 (или α,α)-дихлорпропионовая к-та CH<sub>3</sub>CCl<sub>2</sub>COOH; бесцв. жидкости с резким запахом или гигроскопичные бесцв. кристаллы, хорошо раств. в воде (табл.).

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХЛОРПРОПИОНОВЫХ КИСЛОТ

Показатель	CH <sub>3</sub> CHClCOOH	CH <sub>2</sub> ClCH <sub>2</sub> COOH	CH <sub>3</sub> CCl <sub>2</sub> COOH
Мол. м.	108,53	108,53	142,98
T. пл., °C	—	41–42	—
T. кип., °C	185,2	204 (с разл.)	185–190
d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	1,258	—	1,389*
n <sub>D</sub> <sup>25</sup>	1,4350	—	—
Давление пара, кПа (89 °C)	2,13	0,13	1,87
ΔH <sub>сгор</sub> <sup>0</sup> , кДж/моль	–1394,6	–1518,5	—
K (вода, 25 °C)	14,7·10 <sup>–4</sup>	1,04·10 <sup>–4</sup>	—
T. исп., °C	100	—	115
T. самовоспл., °C	575	—	—
Температурные пределы воспламенения паров в воздухе, °C	106–125	—	119–129
ПДК, мг/м <sup>3</sup>	—	—	10

\*При 22,8 °C.

X. к. обладают св-вами галогенкарбоновых кислот. С оксидами и гидроксидами металлов дают соли — водорастворимые кристаллич. в-ва без характерной точки плавления; со спиртами образуют эфиры, скорость этерификации возрастает в присут. кислых катализаторов, напр. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. При кипячении с водой или водными р-рами щелочей CH<sub>3</sub>CCl<sub>2</sub>COOH превращается в пировиноградную к-ту, CH<sub>3</sub>CHClCOOH — в молочную к-ту, нагревание CH<sub>2</sub>ClCH<sub>2</sub>COOH с водными или спиртовыми р-рами щелочей приводит к солям акриловой к-ты. Монохлорпропионовые к-ты реагируют с NH<sub>3</sub>; так, при нагр. α-X. к. с избытком водного р-ра NH<sub>3</sub> образуется α-аланин CH<sub>3</sub>CH(NH<sub>2</sub>)COOH.

Получают CH<sub>3</sub>CHClCOOH и CH<sub>3</sub>CCl<sub>2</sub>COOH хлорированием пропионовой к-ты при 100–110 °C в присут. PCl<sub>3</sub>; образующую смесь обрабатывают водой, отдувают азотом HCl и ректифицируют. α-X. к. может быть получена взаимод. 2-гидроксипропионитрила CH<sub>2</sub>CH(OH)CN с HCl с послед. гидролизом в присут. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, α,α-дихлорпропионовая к-та — хлорированием пропионитрила с послед. гидролизом либо взаимод. пировиноградной к-ты с PCl<sub>3</sub>.

β-X. к. получают гидрохлорированием акрилонитрила с послед. гидролизом в кислой среде.

## 296 ХЛОРСЕРЕБРЯНЫЙ

$\alpha$ -Х. к. – полупродукт в произ-ве синтетич. молочной к-ты,  $\beta$ -Х. к. (особенно ее хлорангидрид) используют для синтеза лек. в-в (напр., пантотеновой к-ты);  $\text{CH}_3\text{CCl}_2\text{COONa}$  (далапон, пропионат) – гербицид в посевах хлопчатника, сахарной свеклы, картофеля и др. культур [в порошкообразном состоянии образует с воздухом взрывоопасную пылевоздушную смесь, т. воспл. 950 °С, КПВ (нижний) 52 г/м<sup>3</sup>]. ПДК в воздухе рабочей зоны для монохлорпропионовой к-ты 2 мг/м<sup>3</sup>, для  $\alpha, \alpha$ -дихлорпропионовой к-ты – 10 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опина, М., 1978. Ю. А. Трегер.

**ХЛОРСЕРЕБРЯНЫЙ ЭЛЕКТРОД**, см. *Электроды сравнения*.

**ХЛОРТОЛУОЛЫ**. Различают Х., содержащие атомы хлора в ароматич. ядре (метилхлорбензолы; общая ф-ла  $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}$ , где  $n = 1-5$ ), в ядре и боковой цепи, только в боковой цепи. О последних см. *Бензальхлорид*, *Бензилхлорид*, *Бензотрихлорид*.

Наиб. практич. интерес представляют метилхлорбензолы – пл. обр. монохлортолуолы (толилхлориды) и дихлортолуолы. Бесцв. жидкости (табл. 1); хорошо раств. в бензоле, этаноле, диэтиловом эфире, не раств. в воде.

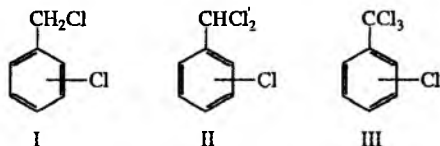
Табл. 1. – СВОЙСТВА МЕТИЛХЛОРБЕНЗОЛЫ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
2-Хлортолуол*	126,6	-35,1	159,1	1,0825	1,5268
3-Хлортолуол**	126,6	-47,8	162	1,0722	1,5210
4-Хлортолуол	126,6	7,5	162	1,0690	1,5211
2,4-Дихлортолуол	161,03	-13,5	198–200	1,2530	1,5450
2,6-Дихлортолуол	161,03	-11,5	199	1,2680	1,5505
3,4-Дихлортолуол	161,03	-15,3	208,9	1,2475	1,5471

\* Теплопроводность при 25 °С 0,1272 Вт/(м·К);  $\eta$  0,88 мПа·с (30 °С);  $\gamma$  33,9 мН/м (15 °С). \*\* Теплопроводность при 20 °С 0,1234 Вт/(м·К);  $\epsilon$  6,08.

Х. по св-вам – типичные представители *ароматических соединений*. В пром-сти их получают жидкофазным хлорированием толуола  $\text{Cl}_2$  в присут.  $\text{FeCl}_3$ . 3-Хлортолуол и 2,6-дихлортолуол синтезируют также диазотированием соотв. *m*-толуидина и 2,6-диаминохлортолуола с послед. замещением диазогруппы на  $\text{Cl}$  по *Зандмейера реакции*.

При жидкофазном хлорировании Х. газообразным  $\text{Cl}_2$  при 80–90 °С и УФ облучении или в присут. 2,2'-азо-бис-изобутиронитрила образуются разл. хлорпроизводные – хлорбензилхлориды [(хлорметил)хлорбензолы, ф-ла I], хлорбензальхлориды [(дихлорметил)хлорбензолы, хлорбензилидендихлориды, II] и хлорбензотрихлориды [(трихлорметил)хлорбензолы, хлорбензилидендихлориды, III]. Представляют собой бесцв. жидкости или кристаллы (табл. 2) с резким раздражающим запахом. Раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, не раств. в воде.



2- и 3-Хлорбензальхлориды препаративно получают взаимод. 2- и 3-хлорбензальдегидов с  $\text{PCl}_5$  или  $\text{SOCl}_2$ , 4-хлорбензальхлорид – хлорированием бензальдегида в присут.  $\text{I}_2$ . 3-Хлорбензотрихлорид м.б. получен с хорошим выходом хлорированием бензотрихлорида при 60–70 °С в присут.  $\text{I}_2$ .

Х. применяют в произ-ве красителей и пестицидов, разл. хлорпроизводных. Х. – горючие в-ва; для 4-Х. т. восп. 42 °С (закрытый тигель), 52 °С (открытый тигель), т. самовоспл. 573 °С; температурные пределы воспламенения 34–71 °С.

Х. раздражают слизистые оболочки дыхательных путей и глаз, вызывают воспаление при попадании на кожу. ПДК в

Табл. 2. – СВОЙСТВА (ХЛОРМЕТИЛ)ХЛОРБЕНЗОЛЫ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
2-Хлорбензилхлорид*	161,03	-17	217	1,2745	1,5550
3-Хлорбензилхлорид**	161,03	—	215	1,2707	1,5568
4-Хлорбензилхлорид***	161,03	31	222	1,2723	1,5560
2-Хлорбензальхлорид	195,48	—	228,5	1,3990	1,5660
				(15 °С)	
3-Хлорбензальхлорид	195,48	—	235–237	—	—
4-Хлорбензальхлорид	195,48	—	236	—	—
2-Хлорбензотрихлорид	229,92	29,4	264,3	1,5186	1,5836
3-Хлорбензотрихлорид	229,92	—	255	1,495	1,4461
				(14 °С)	
4-Хлорбензотрихлорид	229,92	—	245	1,4947	1,4463
				(30 °С)	

\*  $\mu$  7,67 · 10<sup>-30</sup> Кл·м; \*\*  $\mu$  6,87 · 10<sup>-30</sup> Кл·м; \*\*\*  $\mu$  5,80 · 10<sup>-30</sup> Кл·м.

атм. воздухе 0,01–0,02 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,2–0,5 мг/л.

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Опина, М., 1978. Г. В. Моцарева.

**ХЛОРТРИАЗИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, см. *Активные красители*.

**ХЛОРУКСУСНЫЕ КИСЛОТЫ**. Различают моно- ( $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ ), ди- ( $\text{Cl}_2\text{CHCOOH}$ ) и трихлоруксусные к-ты ( $\text{Cl}_3\text{CCOOH}$ ). Монохлоруксусная к-та – бесцв. гигроскопич. кристаллы; существует в 4 кристаллич.  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и  $\delta$ -формах. Наиб. устойчива  $\alpha$ -форма, имеющая моноклинную кристаллич. решетку; параметры решетки:  $a = 0,538$ ,  $b = 1,927$ ,  $c = 0,801$  нм,  $\beta = 109,5^\circ$ ,  $z = 8$ , пространств. группа  $P 2_1/c$ . Дихлоруксусная к-та – бесцв. жидкость; трихлоруксусная – бесцв. гигроскопич. кристаллы, существует в двух кристаллич. формах:  $\tau$  и  $\beta$ . Свойства Х. к. см. в табл. 1.

Табл. 1. – СВОЙСТВА ХЛОРУКСУСНЫХ КИСЛОТ

Показатель	$\text{ClCH}_2\text{COOH}$	$\text{Cl}_2\text{CHCOOH}$	$\text{Cl}_3\text{CCOOH}$
Мол. м.	94,5	128,9	163,4
Т. пл., °С	62,3*	13,5	57,4**
Т. кип., °С	187,85	194	197,6
$d_4^{20}$	1,4034 <sup>40</sup>	1,5634 <sup>20</sup>	1,62 <sup>25</sup>
$n_D^{20}$	1,4351 <sup>55</sup>	1,4658 <sup>20</sup>	1,4603 <sup>61</sup>
$\eta$ , мПа·с	1,29 (100 °С)	4,78 (35 °С)	3,03 (70 °С)
$\gamma$ , мН/м	35,17 (100 °С)	38,6 (20 °С)	28,54 (80 °С)
$\mu$ , Кл·м	0,68 · 10 <sup>-30</sup>	—	0,67 · 10 <sup>-30</sup>
$\Delta H_{\text{пл}}^0$ , кДж/моль	19,37	7,67	5,88
$\Delta H_{\text{степ}}^0$ , кДж/моль	—	-621	-491
$\Delta H_{\text{обр}}^0$ , кДж/моль	-490,1 (100 °С)	-502,9	—
$\epsilon$	12,3 (60 °С)	8,2 (22 °С)	4,6 (60 °С)
$K_a$	1,4 · 10 <sup>-3</sup>	5,1 · 10 <sup>-2</sup>	2,2 · 10 <sup>-1</sup>
Т. восп., °С	132	110	—
Т. самовоспл., °С	446	660	711
ЛД <sub>50</sub> , мг/кг (крысы, перорально)	76	2820	5000
ПДК***, мг/м <sup>3</sup>	1	4	5

\* $\alpha$ -Форма. \*\* $\tau$ -Форма. \*\*\*В воздухе рабочей зоны.

Х. к. раств. в воде (для  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  – 604 г в 100 г воды при 30 °С), ацетоне, бензоле,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CS}_2$  и др.

Х. к. – типичные представители *галогенкарбоновых кислот*. Монохлоруксусная к-та легко вступает в р-ции нуклеоф. замещения по атому  $\text{Cl}$ . При обработке горячим спиртовым р-ром  $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$  образуется этоксиуксусная к-та, с щелочным р-ром фенола – феноксиуксусная к-та, с цианидами щелочных металлов – циануксусная кислота, с этилендиамином – *этилендиаминтетрауксусная кислота* (ЭДТА), с гидроксидами щелочных металлов – *гликолевая кислота*, с водным р-ром гидросульфида калия – *тиогликолевая кислота*. Р-ция  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  с анилином – пром. метод получения *индиго*, р-цией с  $\text{NH}_3$  получают *глицин*, с метиламином – саркозин  $\text{CH}_3\text{NHCH}_2\text{COONa}$ , с щелочной целлюлозой – *карбоксиметилцеллюлозу*.

Х. к. реагируют по карбоксильной группе с образованием сложных эфиров (хлорацетатов), ангидридов, галогенангидридов, амидов, нитрилов (табл. 2). Так, при взаимодействии  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  с  $\text{PCl}_3$  при  $100^\circ\text{C}$  образуется хлорацетилхлорид – полупродукт в синтезе лек. в-в (хлосепид, сибазон и др.), р-ция  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  со спиртами в присут. к-т приводит к сложным эфирам, обладающим фунгицидным действием. При взаимодействии хлорангидридов Х.к. с  $\text{NH}_3$  образуются амиды.

Табл. 2. – СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХЛОРУКСУСНЫХ КИСЛОТ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
Этилхлорацетат $\text{ClCH}_2\text{COOC}_2\text{H}_5$	122,55	-26	144,2	1,4227	1,1585
Хлорацетилхлорид $\text{ClCH}_2\text{COCl}$	112,94	-21,7	105	1,4177	1,4535
Дихлорацетилхлорид $\text{Cl}_2\text{CHCOCl}$	147,38	—	107,3	1,5315	1,4591
Дихлорацетамид $\text{Cl}_2\text{CHCONH}_2$	127,95	96	233	—	—
Трихлорацетилхлорид $\text{Cl}_3\text{CCOCl}$	181,83	-56,9	118,5	1,6202	1,4697
Трихлорацетамид $\text{Cl}_3\text{CCONH}_2$	162,40	142	238	—	—

Трихлоруксусная к-та легко декарбоксилируется: при кипячении в 1,2-диметоксигетане образуется дихлоркарбен, при нагревании с щелочами или аминами – хлороформ. Нейтрализация трихлоруксусной к-ты водным р-ром  $\text{NaOH}$  или  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  приводит к трихлорацетату натрия – гербициду широкого спектра действия.

Осн. пром. методы получения  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  – хлорирование уксусной к-ты в присут. катализаторов (P, S, уксусный ангидрид) при  $100\text{--}150^\circ\text{C}$  и кислотная гидратация 1,1,2-трихлорэтилена 90–93%-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при  $160\text{--}180^\circ\text{C}$ . Она м. б. получена также гидрированием  $\text{Cl}_2\text{CHCOOH}$  или  $\text{Cl}_3\text{CCOOH}$  в водной среде в присут. Pd либо электрохим. восстановлением в присут.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; хлорированием кетена; из  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{SOCl}_2$  при  $115\text{--}120^\circ\text{C}$  и 0,4–0,5 МПа.

Для получения  $\text{Cl}_2\text{CHCOOH}$  используют р-цию хлоральгидрата с  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{NaCN}$  с послед. подкислением; хлорирование  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ ; окисление дихлорацетальдегида  $\text{HNO}_3$ ; гидролиз дихлорацетилхлорида и др. методы.

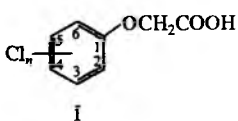
В пром-сти  $\text{Cl}_3\text{CCOOH}$  получают окислением хлорала 42%-ной  $\text{HNO}_3$  при  $60\text{--}65^\circ\text{C}$ . Другие методы: прямое хлорирование  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ ,  $\text{Cl}_2\text{CHCOOH}$  или их смесей в присут. катализатора или при УФ облучении; гидролиз трихлорацетилхлорида; гидролитич. окисление тетрахлорэтилена; кипячение хлорала с р-ром  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ .

Х. к. – важные полупродукты орг. синтеза. Наиб. широко применяют  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$ : в синтезе красителей, лек. в-в, витаминов, пестицидов (напр., 2,4-Д, 2М-4Х; см. Гербициды);  $\text{Cl}_2\text{CHCOOH}$  и ее производные используют в произ-ве косметич. и лек. в-в; сама  $\text{Cl}_2\text{CHCOOH}$  обладает высокой антивирусной и противогрибковой активностью;  $\text{Cl}_3\text{CCOOH}$  применяют в биохимии, медицине (антисептик, вяжущее средство).

Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N.Y., 1978, p. 171–74; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983; Мельников Н. Н., Пестициды. Химия, технология и применение, М., 1987.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

**ХЛОРФЕНОКСИУКСУСНЫЕ КИСЛОТЫ** (О-хлорфенилгликолевые к-ты), соед. ф-лы I ( $n = 1\text{--}5$ ). Наиб. пром. значения имеют 4-хлорфеноксиуксусная к-та (4-ХФУК, парафен, томаты-фикс, томаты) и ее 2-метилпроизводное – 2-метил-4-хлорфеноксиуксусная к-та (2М-4Х, МСРА, дикотекс, метаксон), а также 2,4-дихлорфеноксиуксусная (2,4-Д, аквалин) и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусная (2,4,5-Т) к-ты (табл.).

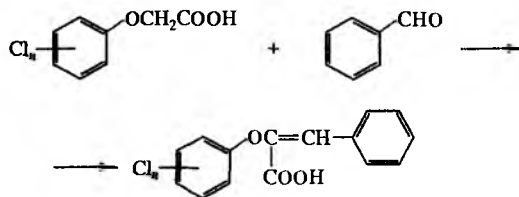


Х. к. – слабые к-ты; обладают св-вами карбоновых кислот и ароматических соединений. Легко образуют соли, ангидриды,

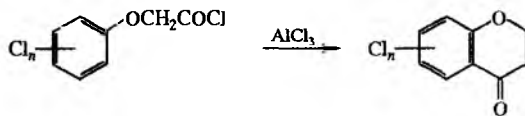
**СВОЙСТВА ОСНОВНЫХ ХЛОРФЕНОКСИУКСУСНЫХ КИСЛОТ**

Показатель	4-ХФУК	2М-4Х	2,4-Д	2,4,5-Т
Мол. м.	186,59	200,62	221,04	255,48
Т. пл., °C	159–160	120–120,2	141	158–159
Т. кип., °C	—	—	160/0,4	—
Р-римость в $\text{H}_2\text{O}$ , г/л ( $20^\circ\text{C}$ )	0,68	0,63	0,54	0,192
$K_a$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-4}$	$23,0 \cdot 10^{-4}$	—
ЛД <sub>50</sub> , мг/кг (мышь, перорально)	100	540–700	314–455	500

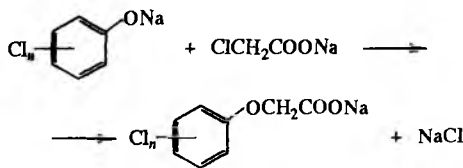
ды, хлорангидриды, эфиры, амиды и др. производные. С ароматич. альдегидами вступают в р-цию Перкина с образованием производных коричной к-ты, напр.:



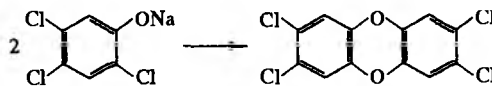
При хлорировании получают продукты более глубокого хлорирования, напр. 2,4-Д при взаимодействии с  $\text{Cl}_2$  превращается в 2,4,6-трихлорфеноксиуксусную к-ту. Нитрование 2,4-Д приводит к 5-нитро-2,4-дихлорфеноксиуксусной к-те (примесь – 6-нитроизомер). При нагревании Х.к. с  $\text{HNaI}$  происходит гидролиз с образованием соответствующего хлорфенола и гликолевой к-ты; р-ция быстрее всего протекает с  $\text{HI}$  и идет тем легче, чем выше кислотность образующегося фенола. Действие  $\text{AlCl}_3$  на хлорангидриды Х.к. приводит к образованию производных 4-хроманона:



Наиб. распространенный пром. способ получения Х.к. заключается в конденсации хлорфенолятов с солями монохлоруксусной к-ты в водной или орг. среде, напр:



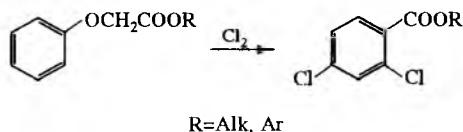
Для уменьшения гидролиза продукта р-цию в водной среде проводят в избытке фенолята или с добавлением  $\text{NaCl}$ . При проведении процесса возможно образование высокотоксичных производных диоксина, напр. при синтезе 2,4,5-Т образуется 2,3,7,8-тетрахлордифенилдиоксин (ЛД<sub>100</sub> для животных 0,08–0,2 мг/кг):



Произ-во 2,4,5-Т этим способом постепенно сокращается. Другой пром. метод получения – хлорирование феноксиуксусной к-ты, полученной конденсацией фенолята  $\text{Na}$  с хлорацетатом  $\text{Na}$  в водной среде, или ее производных (в частности, эфиров) действием  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{NaClO}$ , смесью  $\text{NaClO}_3$  с  $\text{HCl}$ , сульфурилхлорида или хлорамина. Наиб. распространен метод



прямого хлорирования; р-цию проводят в расплаве к-ты, орг. р-рителе, в присут. катализаторов (I<sub>2</sub>, Fe-стружки) или водно-щелочной среде с эквимолярным кол-вом Cl<sub>2</sub> при повышенной т-ре. Напр., эфиры 2,4-Д получают взаимод. Cl<sub>2</sub> с эфирами феноксиуксусной к-ты при 150 °С:



2,4,5-Т получают хлорированием 2,5-дихлорфеноксиуксусной к-ты в орг. р-рителе при 90–120 °С.

Все Х. к. и их производные (ангидриды, хлорангидриды, эфиры, амиды и др.) – биологически активные в-ва – пл. обр. гербициды и регуляторы роста растений, а также бактерициды, фунгициды, репелленты, овициды. Широко используются для борьбы с двудольными сорняками в посевах хлебных злаков и техн. культур (2,4-Д, 2М-4Х в дозах 0,2–2 кг/га), с кустарниками и древесной порослью (2,4,5-Т в дозах 5–7 кг/га применяют обычно в виде бутилового эфира в смеси с бутиловым эфиром 2,4-Д); 4-ХФУК – регулятор роста растений для получения партенокарпич. плодов томатов. Наиб. сильным гербицидным действием обладают эфиры Х. к., причем для достижения равного с действом к-ты эффекта требуется в 2–3 раза меньшая доза препарата. ПДК в воздухе рабочей зоны для 2М-4Х и 2,4-Д – 1,0 мг/м<sup>3</sup>.

Общий объем произ-ва Х. к. и их производных в России ок. 50 тыс. т в год (1990); более 1/2 объема приходится на эфиры Х. к. (ок. 1500 препаратов).

Лит.: Мельников Н. Н., Пестициды. Химия, технология и применение, М., 1987; Каспаров В. А., Промоенков В. К., Применение пестицидов за рубежом, М., 1990. А. А. Заликин.

**ХЛОРФЕНОЛЫ**, соед. общей ф-лы НОС<sub>6</sub>H<sub>5-n</sub>Cl<sub>n</sub> (n = 1–5). Кристаллы (табл.) с неприятным запахом. Хорошо раств. в орг. р-рителях, водных р-рах NaOH, ограниченно – в воде.

Наиб. практич. интерес представляют монохлорфенолы и пентахлорфенол.

**СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХЛОРФЕНОЛОВ**

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	K (25 °С, вода)
2-Хлорфенол	128,56	8,7	174,9	1,2634	1,5524	3,2 · 10 <sup>-10</sup>
3-Хлорфенол	128,56	35	214	1,268	1,5565 (40°С)	14,0 · 10 <sup>-10</sup>
4-Хлорфенол	128,56	43,2	219,8	1,306	1,5579	6,6 · 10 <sup>-10</sup>
2,4-Дихлорфенол	163,06	45,0	210	—	—	—
2,4,5-Трихлорфенол	197,11	69,5	246	1,490	—	—
2,3,4,5,6-Пентахлорфенол	266,34	190	309,3 (с разл.)	1,978 (22 °С)	—	1,2 · 10 <sup>-10</sup>

Монохлорфенолы по св-вам аналогичны фенолам. При сплавлении с щелочами превращаются в соответствующую бифенолы. В пром-сти их получают хлорированием фенола SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> при 40 °С или Cl<sub>2</sub> при 40–50 °С; соотношение *n*- и *o*-изомеров 65:35. 4-Хлорфенол получают также частичным гидролизом *n*-дихлорбензола водным р-ром NaOH в этаноле, 3-хлорфенол – диазотированием *m*-хлоранилина с послед. замещением диазогруппы на гидроксильную.

Моно-, ди- и трихлорфенолы применяют в произ-ве азокрасителей, гербицидов. 4-Хлорфенол – исходный продукт в синтезе диаминоантрахинона, селективный р-ритель при рафинировании минер. масел, денатурирующий агент, дезинфицирующее и противогрибковое ср-во. 3-Хлорфенол применяют в произ-ве феноло-формальдегидных смол; 2-хлорфенол входит в состав ускорителей вулканизации, используется в синтезе 2,4-дихлорфенола и 2,4-дихлорфеноксиуксусной к-ты.

2,4,5-Трихлорфенол – сырье для получения 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной к-ты и др. гербицидов.

Описанные выше Х. горючи; для 4-хлорфенол КПВ 1,64–9,4%, т. всп. 121 °С, для 2,4-дихлорфенола т. самовоспл.

761 °С. Раздражают слизистые оболочки дыхательных путей, вызывают экзему и ожоги кожи, поражение печени. ПДК в атм. воздухе для монохлорфенолов до 0,2 мг/м<sup>3</sup>, для 2,4-дихлорфенола и 2,4,5-трихлорфенола (в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования) соств. 0,002 и 0,004 мг/л. ЛД<sub>50</sub> для 2,4-дихлорфенола 480 мг/кг, для 2,4,5-трихлорфенола 750 мг/кг (крысы, перорально).

Для пентахлорфенола давление пара (Па): 2,67 (192,2 °С), 13,33 (239,6 °С), 53,32 (285 °С). При хлорировании в среде H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и HSO<sub>3</sub>Cl, а также при окислении конц. HNO<sub>3</sub> он превращается в тетрахлор-*n*-бензохинон (хлоранил). При взаимод. с алкилгалогенидами в спиртово-щелочной среде образует соответствующие эфиры, с сильными основаниями в спиртовой среде – соли, к-рые выделяются в виде кристаллогидратов, стойких до т-ры 110 °С.

В пром-сти пентахлорфенол получают щелочным гидролизом гексахлорбензола в среде этиленгликоля при 135–140 °С с послед. подкислением реакц. массы до рН 3–5 либо хлорированием фенола в присут. AlCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub> или SbCl<sub>5</sub>.

Пентахлорфенол и его Na-соль – антисептики для древесины, кожи, целлюлозы, тканей, инсектициды, фунгициды, гербициды.

Пентахлорфенол негорюч, невзрывоопасен. Токсичен; проникает через кожу, раздражает слизистые оболочки глаз, кожу. ПДК в атм. воздухе 0,02 мг/м<sup>3</sup>, в воздухе рабочей зоны 0,1 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,01 мг/л. ЛД<sub>50</sub> 100 мг/кг (мыши, нажежно).

Лит.: Ворождов Н. Н., Основы синтеза промежуточных продуктов и красителей, М., 1955; Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Ошина, М., 1979. Г. В. Мочарев.

**ХЛОРЦИАН** (хлорангидрид циановой к-ты), ClCN, мол. м. 61,47; бецв. газ; т. пл. –6,9 °С, т. кип. 12,8 °С; d<sub>4</sub><sup>0</sup> 1,222; ограничено раств. в воде (7% при 20 °С), хорошо – в орг. р-рителях; летучесть 3360 мг/л (20 °С).

Способен к замещению атома хлора на др. группы, напр.: ClCN + 2NH<sub>3</sub> → H<sub>2</sub>NCN + NH<sub>4</sub>Cl. Эта р-ция пригодна для получения цианамиды и дегазации Х. в помещениях.

Медленно разлагается холодной водой, быстро – горячей: ClCN + 2H<sub>2</sub>O → CO<sub>2</sub> + NH<sub>4</sub>Cl.

Щелочи при 20 °С превращают его в нетоксичные соли: ClCN + 2NaOH → NaOCN + NaCl + H<sub>2</sub>O.

Х. – окислитель, восстанавливающийся в ядовитую синильную к-ту, напр.: ClCN + 2RSH → RSSR + HCN + HCl.

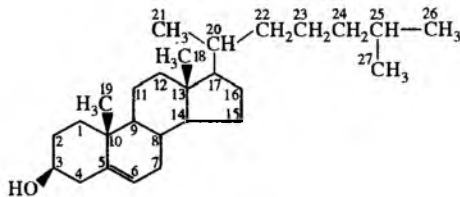
Неустойчив при хранении; в присут. влаги, хлора, соляной к-ты тримеризуется в цианурхлорид. Получают Х. хлорированием синильной к-ты или водных р-ров цианидов в присут. ингибиторов полимеризации.

Х. – ОВ; обладает общедоющим действием на организм, раздражает слизистые оболочки глаз и верх. дыхат. путей. Начальная раздражающая концентрация 0,002 мг/л, переносимая – 0,06 мг/л. Пребывание в течение 10 мин в атмосфере Х. с концентрацией 0,4 мг/л может вызвать смертельный исход. Защита от Х. – противогаз.

Лит. см. prev ст. Отравляющие вещества. В. И. Емельянов.

**ХОЛЕВАЯ КИСЛОТА**, см. Желчные кислоты.

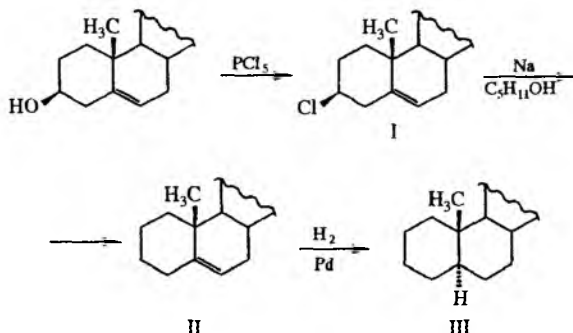
**ХОЛЕСТЕРИ́Н** (5-холестен-3β-ол), мол. м. 386,66; жемчужные кристаллы, жирные на ощупь; т. пл. 149 °С, т. кип. 300–320 °С (с частичным разложением); [α]<sub>D</sub> –39° (в CHCl<sub>3</sub>). Хорошо раств. в триэтиламине, бензоле, пиридине, амилловом спирте, хуже – в петролейном эфире, низших спиртах, ацетоне, диэтиловом эфире, уксусной к-те, не раств. в воде, но образует с ней коллоидные р-ры.



X. дает цветные р-ции: с  $\text{CHCl}_3$  в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – красный цвет слоя  $\text{CHCl}_3$  и флуоресцирующий зеленый цвет кислотного слоя; с подкисленным р-ром  $\text{CHCl}_3$  и уксусным ангидридом – розовое окрашивание, быстро меняющееся в красное, затем синее и, окончательно, в зеленое.

Характерное св-во X. – способность к образованию мол. комплексов со мн. солями, к-тами, аминами, углеводами (напр., с глюкозой – глюкохолестерины), белками, витамином  $\text{D}_3$ , сапонидами; в последнем случае соединение X. с сапонином дигитонином выпадает в виде нерастворимого осадка (на этом основано применение X. как противоядия при отравлении сапонинами).

Гидроксильная группа X. легко замещается хлором без инверсии. Так, под действием  $\text{PCl}_5$  или  $\text{SOCl}_2$  X. превращается в холестерилхлорид (ф-ла I), восстановление к-рого Na в амилловом спирте приводит к  $\Delta^5$ -холестену (II); последний при каталитич. гидрировании превращается в холестеран (III):



X. образует простые и сложные эфиры с к-тами, в т. ч. с высшими жирными, входящими в состав клеточных мембран. При окислении  $\text{CrO}_3$  X. превращается в 4-холестен-3-он, при действии активной  $\text{MnO}_2$  – в 4,6-холестадиен-3-он. По двойной связи X. присоединяет  $\text{Cl}_2$  с образованием 5 $\alpha$ ,6 $\beta$ - и 5 $\alpha$ ,6 $\alpha$ -дихлоридов. Гидрирование X. над Pt приводит к 5 $\alpha$ -холестан-3 $\beta$ -олу.

X. – основной *стерин* высших животных, однако присутствует практически во всех живых организмах, включая бактерии и синезеленые водоросли. В тканях животных содержится в своб. виде (напр., в тканях нервной системы) или в виде эфиров с высшими жирными к-тами и служит их переносчиком. Наиб. кол-во X. – в мозге, печени, почках, надпочечниках. Нормальное содержание X. в крови человека составляет 160–220 мг в 100 мл. Нарушение холестеринового обмена является одной из причин атеросклероза и желчнокаменной болезни. Впервые X. выделен из желчных камней, почти целиком состоящих из X. Из пищевых продуктов X. больше всего в жирах, желтках яиц. На долю X., получаемого с пищей, приходится ок. 30%.

Основное кол-во X. синтезируется самим организмом из сквалена с участием фермента холестеринэстеразы. Важнейшей биохим. функцией X. у позвоночных является его превращение в гормон прогестерон в плаценте, семенниках, желтом теле и надпочечниках; этим превращением открывается цепь биосинтеза стероидных половых гормонов и кортикостероидов. Другое направление метаболизма X. у позвоночных – образование *желчных кислот* и витамина  $\text{D}_3$  (см. *Витамин D*). Кроме того, X. участвует в регулировании проницаемости клеток и предохраняет эритроциты крови от действия гемолитич. ядов. У насекомых поступающий с пищей X. используется для биосинтеза гормонов линьки – экдизонов.

У ряда животных постоянный уровень X. в организме регулируется по принципу обратной связи – при поступлении избытка X. его биосинтез в клетках организма ингибируется. У человека этот механизм контроля отсутствует, поэтому содержание X. может значительно возрастать, особенно с приемом жирной пищи.

X. выделяют из спинного мозга животных экстрагированием ацетоном или из жира, получаемого при промывке овечьей

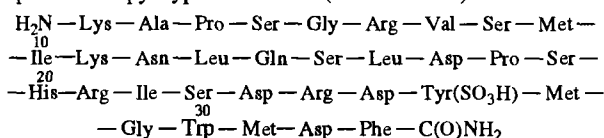
шерсти (ланолина). Очищают X. быстрой кристаллизацией из уксусной к-ты.

Применяют X. гл. обр. для получения стероидных гормонов и производных на их основе, а также витамина  $\text{D}_3$  и др. фармацевтич. препаратов.

Лит. см. при ст. *Стерины*.

**ХОЛЕЦИСТОКИНИН** (панкреозимин), пептидный гормон позвоночных.

Молекула X. состоит из 33 аминокислотных остатков. Первичная структура X. свиньи (мол. м. 3900):



(букв. обозначения см. в ст. *Аминокислоты*). Единственный остаток тирозина в положении 27 сульфирован. Десульфирование приводит к потере биол. активности пептида. С-Концевые декапептидный и октапептидный фрагменты, полученные синтетически, обладают соотв. в 10–15 и 5–7 раз большей биол. активностью, чем X.

Вырабатывается X. в слизистой оболочке двенадцатиперстной кишки и верх. отдела тонкой кишки в ответ на раздражение продуктами распада белков и жиров. Осн. физиол. ф-ции X. – стимулирование сокращения желчного пузыря и секреции пищеварит. ферментов поджелудочной железой. Первоначально эти две ф-ции приписывались двум разным гормонам – соотв. X. и панкреозимину. В 1964 из слизистой оболочки тонкого кишечника был выделен высокоочищенный пептид, состоящий из 33 аминокислотных остатков и обладающий активностью X. и панкреозимина.

В слизистой оболочке кишечника выявлены 3 мол. формы X., различающиеся по числу аминокислотных остатков (X.-8, X.-12 и X.-33). Из них 60–70% приходится на X.-8. Из крови X. может попадать через почки в мочу, сохраняя при этом биол. активность (урохолецистокинин).

Установлено, что X. синтезируется не только в кишечнике, но и в нейронах центр. и периферич. нервной системы. Предполагают, что в нервной системе он играет роль нейромедиатора или модулятора.

Получают X. и его биологически активные фрагменты путем хим. синтеза или выделяют из слизистой оболочки тонкого кишечника животных.

Лит.: Уголев А. М., *Энтеринальная (кишечная гормональная) система*, Л., 1978; Клымов П. К., в кн.: *Физиология эндокринной системы*, Л., 1979, с. 414–418; Rayford P. L. [а. о.], «New Engl. J. Med.», 1976, v. 294, p. 1093–1101; № 21, p. 1157–64. А. А. Булатов.

**ХОЛИН** [гидроксид 2-гидроксиэтил(триметил)аммония]  $[\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}]^+$ , мол. м. 121,18; бесцв. очень гигроскопичные кристаллы, т. пл. 180 °С (с разл.), хорошо раств. в воде, метаноле и этаноле, плохо раств. в амилловом спирте, ацетоне и хлороформе, не раств. в диэтиловом и петролейном эфирах, бензоле,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{CCl}_4$  и толуоле. Разб. водные р-ры X. устойчивы к нагреванию до 70 °С. X. – сильное основание (рК<sub>б</sub> 5,06), вытесняет аммиак из его солей и образует соли со мн. к-тами. Важнейшая соль и обычная форма выпуска – холинхлорид  $[\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}]^+$ , т. пл. 105–107,5 °С. Нек-рые соли X., напр. фосфовольфрамат, реинекат, ауроплатинат, не раств. в воде и спиртах, что может использоваться для анализа X. Для определения X. применяют также биол. методы, основанные на воздействии на гладкую мускулатуру образующегося из X. ацетилхолина, микробиол. с использованием в качестве тест-организма штамма *Neurospora crassa*, рост к-рого пропорционален содержанию X. в среде, и физ.-хим. методы.

X. может быть получен метилированием 2-аминоэтанола  $\text{CH}_2\text{I}$  и конденсацией триметиламина с этиленоксидом или этиленхлоридином.

X. широко распространен в животных и растит. тканях, а также у микроорганизмов; особенно высоко содержание X. в нервной ткани (в частности, в мозге), в печени, почках и мышце сердца.

X. играет важную роль в обмене в-в и является важным фактором в питании животных и человека, т. к. остаток X. входит в состав *фосфатидилхолинов* (лецитинов) и *сфинголипидов*. Синтез этих фосфолипидов в животных тканях включает в качестве одной из начальных стадий фосфорилирование X. с помощью АТФ и фермента холинкиназы. Образующийся фосфохолин взаимодействует с цитидинтрифосфатом, в результате чего возникает активная коферментная форма X. — цитидиндифосфохолин (ЦДФ-холин), способствующий включению X. в молекулу липида. Кроме того, из X. в организме с помощью фермента холин-ацетилтрансферазы и ацетил-кофермента А синтезируется ацетилхолин, играющий важную роль в механизме передачи нервных импульсов.

X. — источник (донор) метильных групп в биохим. р-циях метилирования (в частности, при биосинтезе метионина). X. не является витамином в строгом смысле, т. к. используется в качестве пластич. в-ва при построении структур живой ткани, гл. обр. биол. мембран, и может образовываться в организме из серина. Поскольку, однако, биосинтез X. у животных и человека ограничен, он должен поступать дополнительно с пищей и является т. обр. незаменимым пищ. в-вом. Потребность человека в X. точно не определена и зависит от обеспеченности рациона белком, витамином B<sub>12</sub> и фолиевой к-той; по разным данным, она составляет от 0,25 до 4 г в сутки. Недостаток X. в сочетании с дефицитом белка может вызывать жировую дегенерацию печени и ее цирроз. Из продуктов питания X. наиб. богаты мясо, рыба, яичный желток, соевая мука.

Препараты X. в виде 20%-ного р-ра холинхлорида применяют для лечения заболеваний печени (цирроз, гепатиты) и атеросклероза.

Лит.: Березовский В. М., Химия витаминов, 2 изд., М., 1973; Витамины, под ред. М. И. Смирнова, М., 1974; Handbook of vitamins nutritional, biochemical and clinical aspects, ed. by L. J. Machlin, N.Y. — Basel, 1984.

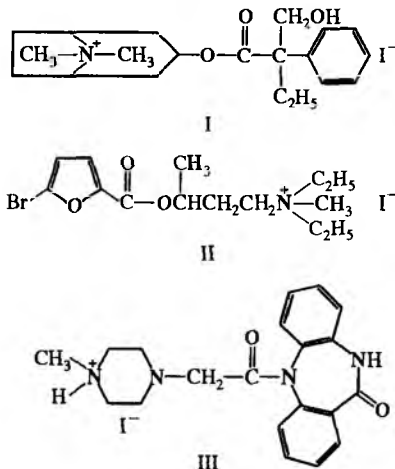
В. Б. Спиричев.

**ХОЛИНОЛИТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА** (антихолинэргические, холиноблокирующие, холинолитики), лек. в-ва, предупреждающие, ослабляющие и прекращающие взаимод. нейромедиатора *ацетилхолина* и холинотиметич. средств с холинорецепторами. В связи с наличием в центральной и периферич. нервных системах м- и н-холинорецепторов (см. *Холинамитические средства*) X. с. подразделяют на м-Х. с. и н-Х. с.

Среди н-Х. с. в соответствии с особенностями локализации, строения и функций рецепторов выделяют две группы: 1) в-ва, влияющие преим. на передачу нервного возбуждения в ганглионарных синапсах — *ганглиоблокирующие средства*; 2) в-ва, вызывающие блокаду проведения нервных импульсов в нервно-мышечных синапсах — периферич. миорелаксанты, или *курареподобные средства*.

К м-Х. с. (м-антагонистам) относятся *атропин*, а также ряд родственных ему алкалоидов и синтетич. производных, в частности гиосциамин, скополамин (см. *Тропановые алкалоиды*), платифиллин (см. *Пирролизидиновые алкалоиды*). Эта группа X. с. включает также аминоалкиловые эфиры дифенилгликолевой (бензиловой) и фенилциклогексилгликолевой к-т, эфиры 3-хинуклидинола, 3-тропанола и скопина с гликолевыми к-тами. Считают, что наиб. активные м-Х. с. комплексно взаимодействуют с активным центром м-холинорецепторов, а менее активные — с др. их участками. Для большинства активных м-Х. с. характерно наличие в структуре замещенной аммониевой группы, циклич. радикала в кислотной части молекулы, цепи, соединяющей катионную группу с циклич. радикалом, и гидроксильной группы, связанной с тем же атомом С, к к-рому присоединены циклич. радикалы. Важную роль во взаимодействиях играет пространств. расположение перечисленных функц. групп. Высокой избирательностью в отношении периферич. м-холинорецепторов обладают нек-рые четвертичные аммониевые соед., к-рые из-за высокой полярности слабо или вовсе не проникают через гистогематич. барьеры. Поэтому они не оказывают действия на центр. нервную систему, а благодаря повышению полярности более полно взаимодействуют с холинорецепторами. К таким периферич. X. с. относятся метацин

(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>C(OH)COOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N<sup>+</sup>(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> I, тровентол (ф-ла I), фубромеган (II), пирензепин (III).



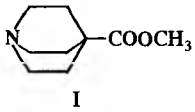
Среди препаратов, преим. действующих на центр. нервную систему, — «центр. холинолитиков», выделяют в-ва с м-холинолитич. активностью — скополамин, амизил (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>C(OH)COOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>·HCl; в-ва с н-холинолитич. активностью — спазмолитин (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>CHCOOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>·HCl, ганглерон (см. *Спазмолитические средства*) и др.; в-ва смешанного действия, влияющие на м- и н-холинорецепторы, — апрофен (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>(CH<sub>3</sub>)CCOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>N(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>·HCl и др. Центр. холинолитики используют при лечении паркинсонизма и др. заболеваний экстрапирамидной системы, а также в качестве транквилизаторов.

Для большинства м-Х. с. периферического и смешанного (центрального и периферического) действия характерными фармакологич. эффектами являются уменьшение секреции слюнных, желудочных, бронхиальных, потовых желез, поджелудочной железы, учащение ритма сокращений сердца, понижение тонуса гладкомышечных органов (бронхи, желудок, кишечник, желчевыводящие и мочевыводящие пути), расширение зрачка и паралич аккомодации. Эти препараты применяют при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, пилороспазме, холестазе, желчекаменной болезни, спазмах кишечника и мочевыводящих путей, бронхиальной астме, для ограничения секреции экзокринных желез, нек-рых заболеваний сердца, при болях, связанных со спазмами гладкой мускулатуры, при отравлениях фосфорорг. ингибиторами ацетилхолинэстеразы, а также для диагностич. целей.

Лит.: Кузнецов С. Г., Голыков С. Н., Синтетические атропиноподобные вещества, Л., 1962; Комиссаров И. В., Механизмы химической чувствительности синаптических мембран, К., 1986; Зеймаль Э. В., Шелковников С. А., Мускариновые холинорецепторы, Л., 1989; Машковский М. Д., Лекарственные средства, 12 изд., ч. 1, М., 1993. Г. Я. Шеварц.

**ХОЛИНОМИМЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА** (холинопозитивные, или холинэргические ср-ва), лек. в-ва, по фармакологич. св-вам близкие к нейромедиатору *ацетилхолину*, т. е. взаимодействующие с холинорецепторами и вызывающие возбуждение холинэргич. окончаний нервных волокон. В связи с наличием в центр. и периферич. нервных системах холинорецепторов разных типов различают мускариновые (м-холинорецепторы) и никотиновые (н-холинорецепторы), избирательно возбуждаемые соотв. алкалоидами мускарином и никотином (см. *Яды растений*). м-Холинорецепторы располагаются гл. обр. в окончаниях постганглионарных холинэргич. нервов (в сердце, гладкой мускулатуре внутр. органов, экзокринных железах и др.); н-холинорецепторы — в области вегетативных ганглиев и в соматич. нервно-мышечных синапсах. В соответствии с этим X. с. подразделяют на м-холиномиметические (м-Х. с.) и н-холиномиметические (н-Х. с.).

м-Х. с., как и ацетилхолин, замедляют ритм сердечных сокращений и понижают артериальное давление, расширяют периферич. сосуды, усиливают перистальтику желудка и кишечника, вызывают сокращение гладкой мускулатуры бронхов, желчного и мочевого пузыря, матки, сужение зрачка, стимулируют секрецию пищеварит., бронхиальных, потовых и слезных желез. В медицине в качестве м-Х. с. используют синтетич. аналоги ацетилхолина. К ним относятся, в частности, метахолин  $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\dot{\text{N}}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$ , карбахолин  $\text{NH}_2\text{COOCH}_2\text{CH}_2\dot{\text{N}}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$ , бетанехол  $\text{NH}_2\text{COOCH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\dot{\text{N}}(\text{CH}_3)_3\text{Cl}$ . Эти в-ва более устойчивы к разрушению ацетилхолинэстеразой, чем ацетилхолин.



Кроме того, м-холиноимитич. св-вами обладает ряд хим. соед. разного строения, напр. *пилокарпин*, *азеклидин* (I; бесцв. кристаллы, хорошо раств. в воде), а также *антихолинэстеразные средства*.

м-Х. с. применяют при послеоперац. атониях кишечника и мочевого пузыря, при облитерирующих заболеваниях периферич. сосудов, глаукоме, нек-рых диагностич. исследованиях.

К н-Х. с. относятся (кроме никотина) ряд в-в разл. строения, напр. такие *аналетические средства*, как бемеград, цитизин, лобелин и анабазин. Их фармакологич. эффекты (возбуждение дыхания, уменьшение действия снотворных и наркотич. в-в, повышение артериального давления и др.) связаны преим. с возбуждением ганглиев вегетативного отдела нервной системы и близки к ним по происхождению каротидных клубочков и надпочечников, а также стимулирующим влиянием на сосудодвигат. и дышат. центры в продолговатом мозге. н-Х. с. используют в медицине при остановках дыхания во время операций и в качестве ср-в, облегчающих отвыкание от курения.

Г. Я. Шеварц

**ХОЛОДИЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ**, обеспечивают непрерывное искусств. охлаждение разл. в-в (тел) путем отвода от них теплоты. Естеств. охлаждение с помощью холодной воды или воздуха позволяет охладить в-во до т-ры охлаждающей среды и не требует подвода энергии. Охлаждение до более низких т-р происходит в искусств. холодных средах, на создание к-рых расходуется мех., тепловая или хим. энергия. Охлаждение до т-р выше 120 К принято наз. умеренным, ниже — глубоким или криогенным.

**Искусственные холодные среды.** Для их получения необходим перенос теплоты с низкого на более высокий температурный уровень, к-рым, как правило, является т-ра окружающей среды. Этот перенос осуществляется с использованием т. наз. обратимых круговых термодинамич. циклов, к-рые в пром-сти обычно реализуются в холодильных установках. В последних холодная среда создается с помощью рабочих тел, наз. холодильными агентами или просто хладагентами (вода,  $\text{NH}_3$ , пропан-пропиленовые смеси, хладоны, сжиженные газы — воздух,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , He и др.).

В лаб. практике холодные среды получают, приготавливая т. наз. охлаждающие смеси — системы из двух или неск. твердых (либо твердых и жидких) в-в, при смешении к-рых вследствие поглощения теплоты при плавлении или растворении происходит понижение т-ры. Наиб. употребительные смеси из льда и  $\text{NaCl}$  (достигаемая т-ра от  $-20$  до  $-21,2^\circ\text{C}$ ), льда и  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ( $-40^\circ\text{C}$ ), твердого  $\text{CO}_2$  и этанола ( $-77^\circ\text{C}$ ) и др. Для достижения криогенных т-р в лабораториях применяют сжиженные газы, напр.  $\text{N}_2$  (см. также *Теплообмен*).

**Термодинамические основы получения холода.** Согласно второму началу термодинамики, указанный выше перенос теплоты самопроизвольно не происходит, требуя затрат работы. В термодинамич. процессах подвод или отвод теплоты  $q$  описывается через изменение энтропии  $dS$  системы:  $dq = TdS$ , где  $T$  — т-ра. Отсюда следует, что при подводе к телу теплоты его энтропия возрастает, а при отводе теплоты — уменьшается. В непрерывных Х. п. хладагент должен принять теплоту от охлаждаемого тела на ниж. температурном уровне,

отдать теплоту на верх. уровне к-л. теплоприемнику и вернуться в исходное состояние. Поэтому в установившемся процессе суммарная энтропия хладагента не изменяется ( $dS = 0$ ).

Поскольку при передаче теплоты от охлаждаемого тела энтропия хладагента повышается, в любой холодильной установке должен проходить иной (компенсирующий) процесс, при к-ром энтропия хладагента уменьшается. В общем случае энтропия м. б. представлена как ф-ция т-ры и к.-л. другого параметра тела (напр., давление, фазовое состояние, степень намагниченности). Поэтому, если имеется изотермич. или близкий к нему процесс, в к-ром наблюдается значит. изменение энтропии при изменении иного параметра, то подобный процесс можно рассматривать как потенциальную основу для создания холодильных установок. К таким процессам относятся, напр., изотермич. процессы сжатия либо адсорбции газов, намагничивания парамагнетиков и сверхпроводников. При этом низкая т-ра достигается соотв. в адиабатич. процессах расширения и десорбции газов, размагничивания парамагнетиков и сверхпроводников (см. ниже).

Перечисленные и иные процессы искусств. охлаждения в большинстве случаев осуществляются: 1) путем теплообмена между охлаждаемыми в-вами и хладагентами — испаряющимися низкокипящими жидкостями, т-ра к-рых за счет уменьшения энтальпии  $i$  понижается до т-ры кипения при давлении испарения; 2) изоэнтальпийным ( $i = \text{const}$ ) расширением газов, предварительно сжатых в компрессорах, или жидкостей при их прохождении через сужение (вентиль, кран, пористая перегородка), т. е. их дросселированием (процесс протекает адиабатически без совершения внеш. работы) с использованием эффекта Джоуля — Томсона, или дроссельного эффекта, — отрицат. либо положит. изменения т-ры тела при отсутствии подвода к телу или отвода от него теплоты; 3) адиабатическим (изоэнтропийным,  $S = \text{const}$ ) расширением газов с совершением внеш. работы в т. наз. детандерах — машинах, устроенных подобно поршневому компрессору или турбокомпрессору (см. *Компрессорные машины*); 4) сочетанием обоих методов расширения. Эти и другие методы получения холода рассмотрены ниже.

**Принцип работы холодильных установок.** Его удобно иллюстрировать с помощью идеального (воображаемого) Х. п. (цикла) в координатах  $p - V$  (рис. 1;  $p, V$  — давление в системе и ее объем). При сжатии в компрессоре (процесс  $BbA$ ) рабочего тела его т-ра  $T$  повышается; при этом в окружающую среду с т-рой  $T_0$  передается удельная (на единицу кол-ва хладагента) теплота  $q_0$  (площадь  $AbBdcA$ ) и энтропия рабочего тела понижается; в конце сжатия  $T = T_0$ . При послед. расширении (процесс  $AaB$ ) хладагента его т-ра понижается. Затем к нему от охлаждаемой среды переносится теплота  $q_x$  (площадь  $AaBdcA$ ) и энтропия рабочего тела возрастает.

Повторяя указанные процессы, получают непрерывный круговой холодильный цикл с постоянной холодопроизводительностью  $q_x$  (кол-во теплоты, отнимаемой от

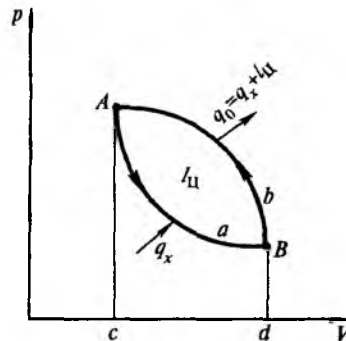


Рис. 1. Идеальный холодильный цикл.

охлаждаемого тела). Расходуемая в цикле мех. работа  $l_{\text{ц}}$  (площадь  $AaBbA$ ), параметры  $q_0$  и  $q_x$  по закону сохранения энергии связаны между собой выражением:  $q_0 = q_x + l_{\text{ц}}$ . Энергетич. показатели цикла характеризуются т. наз. холодильным коэффициентом  $\epsilon = q_x / l_{\text{ц}}$ . Во всех идеальных циклах  $l_{\text{ц}}$  минимальна, а  $\epsilon$  максимален.

**Идеальные холодильные циклы и установки**

Термодинамич. совершенство реального (необратимого) цикла оценивается сравнением его параметров с параметрами идеального (обратимого) цикла. Отношение холодильного коэф. реального цикла  $\epsilon_r$  к холодильному коэф. соответствующего идеального цикла  $\epsilon_{\text{ид}}$  наз. термодинамическим коэффициентом цикла  $\eta_r$ .

Известны схемы и параметры ряда идеальных циклов: охлаждения, термостатирования, конденсации, сжатия и др.

**Идеальный цикл охлаждения.** Схема установки, работающей по этому циклу, и его изображение в координатах  $T-S$  показаны на рис. 2 (здесь и далее точками 1, 2, 3, ...,  $n$  обозначены стационарные характерные состояния рабочего тела, а изменения его параметров, отвечающие происходящим в установке процессам, изображены линиями 1-2 и т.д.). Хладагент изотермически сжимается в компрессоре  $K_1$  от давления  $p_1$  до давления  $p_2$  (процесс 1-2), при этом теплота сжатия  $q_0$  отдается в окружающую среду. Затем происходит адиабатич. расширение рабочего тела в детандере (процесс 2-3,  $S = \text{const}$ ), где за счет совершения работы  $l_{\text{д}}$  хладагентом его т-ра понижается до  $T_x = T_3$ . В теплообменнике ТО рабочее тело нагревается (процесс 3-4) до т-ры  $T_4$  путем подвода к нему теплоты  $q_x$  от охлаждаемого тела (процесс 4'-3') и адиабатически сжимается (процесс 4-1) в компрессоре  $K_2$  до начальных параметров (точка 1). Процесс в ТО характеризуется отсутствием гидравлич. потерь, а также равенством т-р охлаждаемого и рабочего тел во всех сечениях аппарата. Т-ра охлаждаемого тела уменьшается, а затрачиваемая работа  $l_{\text{ц}} = l_{K1} + l_{K2} - l_{\text{д}} = q_0 - q_x$ , где  $l_{K1}$  и  $l_{K2}$  - работы изотермич. и адиабатич. сжатия хладагента в компрессорах.

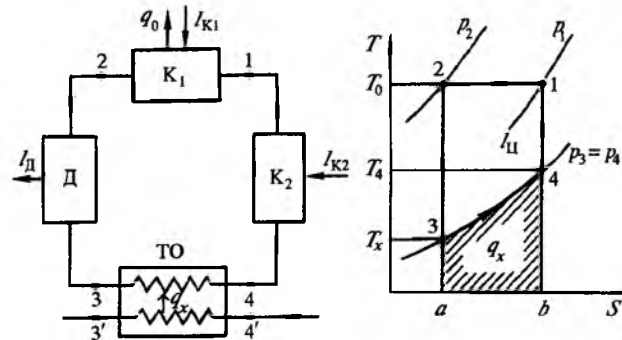


Рис. 2. Идеальный цикл охлаждения.

В тепловых расчетах холодильных циклов удобно использовать связь между изменением энтальпии  $di$  хладагента и изменениями его теплоты и рабочих параметров, выражаемую ур-нием:  $di = dq + Vdp$ . Отсюда для наиб. распространенного на практике изобарного охлаждения имеем:  $q_x = i_4 - i_3$  и  $l_{\text{ц}} = T_0(S_1 - S_2) - (i_4 - i_3)$ , где  $i_3$  и  $i_4$  - энтальпии рабочего тела. На рис. 2 работе  $l_{\text{ц}}$  эквивалентна площадь 12341, кол-ву отведенной теплоты  $q_0$  - площадь 12ab1, кол-ву подведенной к хладагенту или отведенной от охлаждаемого тела теплоты  $q_x$  - площадь ab43a (здесь и далее заштрихована). В общем случае обратимый процесс 3-4 м. б. не только изобарным, тогда

$$l_{\text{ц}} = T_0(S_1 - S_2) - \int_{T_3}^{T_4} C(p, T) dT,$$

$$\epsilon_{\text{охл}} = (i_4 - i_3) / [T_0(S_1 - S_2) - (i_4 - i_3)],$$

где  $C$  - теплоемкость хладагента.

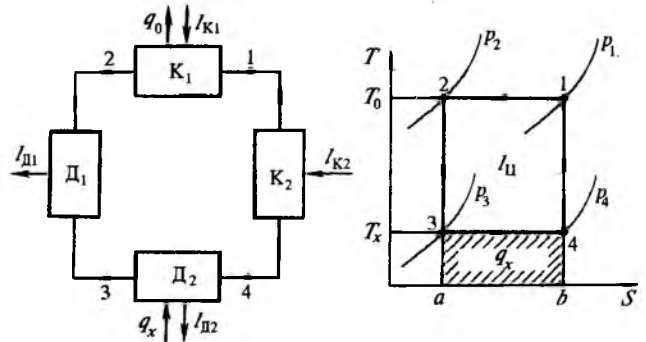


Рис. 3. Идеальный цикл термостатирования.

Этот цикл принимается в качестве идеального для воздушных холодильных, а также криогенных газовых и рефрижераторных установок (см. ниже).

**Идеальный цикл термостатирования** (рис. 3). Установка отличается от описанной выше тем, что вместо ТО имеется второй детандер, в к-ром рабочее тело изотермически расширяется при т-ре  $T_x$  с совершением работы  $l_{\text{д2}}$  и подводом теплоты  $q_x$  от термостатируемого объекта. Холодопроизводительность установки:

$$q_x = T_x(S_4 - S_3) = T_x(S_1 - S_2).$$

Кол-во теплоты, отводимой в окружающую среду:

$$q_0 = T_0(S_1 - S_2) = T_0(S_4 - S_3).$$

Работа цикла:

$$l_{\text{ц}} = l_{K1} + l_{K2} - l_{\text{д1}} - l_{\text{д2}} = (T_0 - T_x)(S_1 - S_2).$$

Этот цикл, часто наз. также обратным циклом Карно, принимается как идеальный для большинства холодильных и криогенных установок (включая газовые), а также установок кристаллизации. Холодильный коэф. цикла  $\epsilon_x$  не зависит от св-в хладагента и определяется только т-рами окружающей среды ( $T_0$ ) и термостатирования ( $T_x$ ), т. е.

$$\epsilon_x = [T_x(S_4 - S_3)] / [(T_0 - T_x)(S_1 - S_2)] = T_x / (T_0 - T_x).$$

В идеальных условиях для получения холода на разл. температурных уровнях примерный миним. расход энергии составляет: для достижения  $q_x = 1$  Вт на уровне 1 К - ок. 300 Вт, на уровне 200 К - всего 0,5 Вт. Реальные затраты энергии значительно выше, особенно в области низких т-р.

В случае протекания всех процессов в области влажного пара при равновесии жидкость - пар (рис. 4; здесь и далее под кривой  $KLM$ ) изотермы  $T_0, T_x$  и изобары  $p_1, p_4$  совпадают. Схема холодильной установки упрощается: она включает только компрессор и детандер для изоэнтропийного сжатия (процесс 4-1) и расширения (процесс 2-3), а также теплообменник (конденсатор) ТК и теплообменник (испаритель) ТИ, обеспечивающие обратимые процессы передачи теплоты.

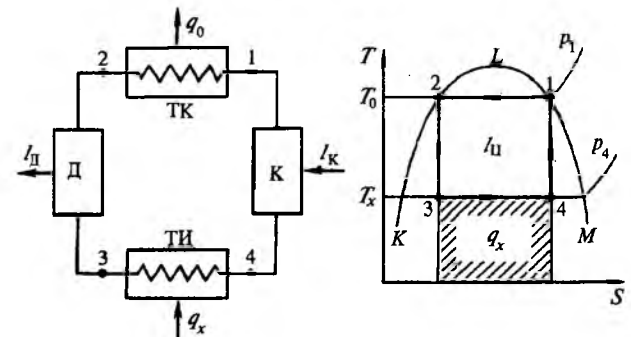


Рис. 4. Идеальный цикл термостатирования в области влажного пара.

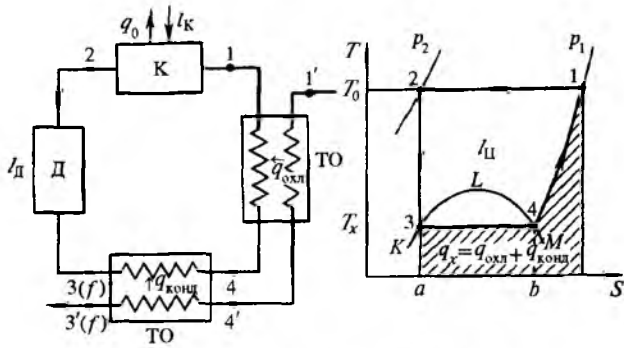


Рис. 5. Идеальный цикл сжатия газов.

Приведенные выше ф-лы для данного случая также справедливы. По такой принципиальной схеме работает большинство установок умеренного холода.

**Идеальный цикл сжатия газов** (рис. 5). Рабочее тело изотермически сжимается в компрессоре К от давления  $p_1$  до давления  $p_2$ , расширяется в детандере Д до состояния чистой жидкости [точка 3(f)] и направляется в теплообменник ТО. В нем жидкий хладагент в результате кипения (процесс 3-4) превращается в пар (точка 4), к-рый затем нагревается до начальной т-ры  $T_0$  (точка 1). Одновременно сжимаемое в-во подвергается обратным изменениям: охлаждается (процесс 1'-4') от  $T_0$  до т-ры  $T_x$ , при к-рой конденсируется (процесс 4'-3') до получения чистой жидкости [точка 3'(f)]. Поскольку все процессы данного цикла обратимы, работа его равна:

$$l_{ц} = [T_0(S_1 - S_2) - (i_1 - i_p)] = T_0(S_1 - S_2) - (i_1 - i_p).$$

Общее кол-во теплоты, отведенной от сжимаемого газа в изобарном процессе 1-4-3(f), составляет:  $q_x = q_{охл} + q_{конд} = i_1 - i_p$ , а холодильный коэф.

$$\epsilon_{ож} = (i_1 - i_p) / [T_0(S_1 - S_2) - (i_1 - i_p)],$$

где  $i_p$  - энтальпия чистой жидкости.

Показатели этого цикла используются как базовые в установках сжатия газов.

**Реальные холодильные циклы и установки**

Холодильные циклы и установки, применяемые на практике, значительно отличаются от идеальных. Это обусловлено прежде всего тепловыми и гидравлич. потерями, а также несовершенством происходящих в установках процессов (недорекуперация теплоты, утечка и перетечка хладагента и др.); в ряде случаев - несовершенством собственно холодильных циклов.

Достижимые в установках т-ра, холодопроизводительность и затраты мех. работы существенно зависят от вида и св-в хладагентов. Последние должны обладать способностью поглощать при испарении большое кол-во теплоты, иметь малые уд. объемы пара, невысокие критич. т-ры, вязкости и плотности, высокие коэф. теплоотдачи и теплопередачи, раств. в воде, быть безвредными, пожаробезопасными, доступными и недорогими. Полностью удовлетворить все эти требования не может ни один из применяемых в настоящее время хладагентов. Поэтому при их выборе учитывают назначение холодильных установок, условия их работы и конструктивные особенности.

Установки для получения умеренного холода, наз. также холодильными машинами, подразделяются на воздушные и паровые, а последние - на компрессионные, абсорбционные, адсорбционные и парожеткорные. Наиб. распространены пароконпрессионные, абсорбционные и парожеткорные машины.

Пароконпрессионные машины (рис. 6) вырабатывают холод, используя кипение жидкостей при низких т-рах с послед. сжатием образовавшихся паров и их конден-

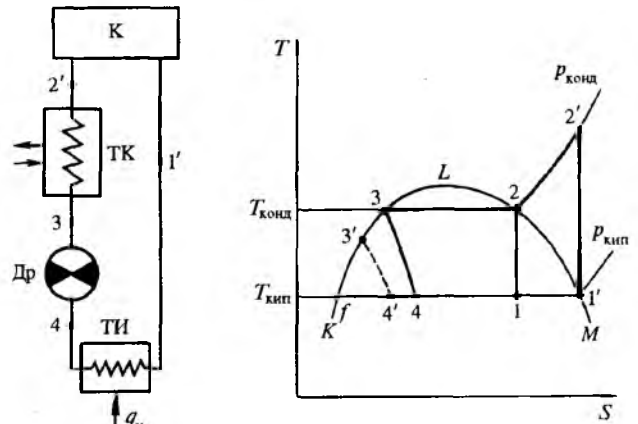


Рис. 6. Схема пароконпрессионной машины и ее холодильный цикл.

сацией. Пары хладагента сжимаются в компрессоре К до давления конденсации  $p_{конд}$  и сжижаются в конденсаторе ТК, отдавая теплоту конденсации охлаждающей воде или в окружающий воздух. Жидкий хладагент с помощью устройства Др дросселируется до давления кипения  $p_{кип}$ , при этом его т-ра снижается до т-ры кипения  $T_{кип}$ . За счет отвода в испарителе теплоты от охлаждаемого объекта жидкость кипит, а образовавшиеся пары засасываются компрессором и сжимаются. На практике из-за опасности разрушения компрессора при сжатии парожидкостной смеси (процесс 1-2) жидкость полностью испаряют (процесс 1'-1') и сжимают только паробразный хладагент (процесс 1'-2'), к-рый в результате оказывается несколько перегрет (точка 2'). В конденсаторе теплоту перегрева отводят охлаждающей водой (процесс 2'-2); кроме того, для снижения расхода энергии на единицу отнятой от охлаждаемого тела теплоты конденсат немного переохлаждают (процесс 3-3').

Давления  $p_{кип}$  и  $p_{конд}$  однозначно связаны с  $T_{кип}$  и т-рой конденсации  $T_{конд}$  св-вами хладагента, а  $T_{конд}$  определяется т-рой окружающей среды; поэтому наимизшая т-ра в машине зависит от отношения  $p_{конд}/p_{кип}$ , т.е. только от возможностей компрессора. Если это отношение велико, сжатие производится в многоступенчатом компрессоре. В рассматриваемых машинах достигают охлаждения до  $T_x = 165$  К,  $q_x$  от 30-80 до 5 кВт,  $\epsilon_{пк} = 0,5 - 7$ ,  $\eta_r = 0,3 - 0,5$ .

В абсорбционных машинах (рис. 7) пары хладагента поглощаются жидким абсорбентом, из к-рого они затем десорбируются и сжимаются. В качестве хладагента обычно применяют  $NH_3$ , а в качестве абсорбента - воду. Пары  $NH_3$  сжимаются в конденсаторе ТК, теплота конденсации  $q_{конд}$  отводится охлаждающей водой или воздухом. В испаритель ТИ дросселируется жидкий  $NH_3$ , при этом его т-ра снижается до  $T_x$ . За счет отвода теплоты  $q_x$  от охлаждаемой среды  $NH_3$

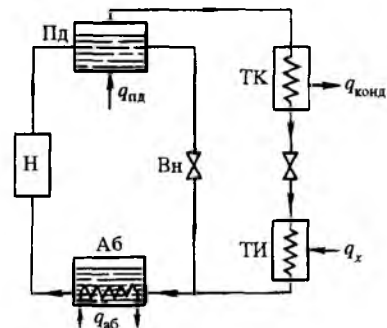


Рис. 7. Схема абсорбционной машины.



кипит, а его пары поступают в абсорбер Аб, где поглощаются разб. р-ром аммиачной воды, непрерывно подаваемой через вентиль Вн; теплота абсорбции  $q_{аб}$  отводится Н<sub>2</sub>О. Обогащенный р-р аммиачной воды подается насосом Н в подогреватель (кипятильник) Пд, где пары NH<sub>3</sub> отгоняются. Коэф.  $\epsilon_{аб} = q_x / (q_{мд} + q_n)$ , где  $q_{мд}$  – теплота, подводимая в кипятильнике,  $q_n$  – теплота, эквивалентная мех. работе насоса.

Теоретически при одинаковых т-рах кипения и конденсации хладагента для абсорбц. и паровых компрессионных машин холодильные коэф. равны, однако при низких т-рах  $T_x$  компрессионные машины более эффективны. Достоинство абсорбц. машин – возможность использования в них низкопотенциальных источников теплоты; недостатки – громоздкость и большой расход воды. В машинах этого типа т-ра охлаждения достигает 208 К,  $q_x = 290 - 7300$  кВт,  $\epsilon_{аб} = 0,5 - 0,8$ .

Пароэжекторные машины (рис. 8) работают с затратой теплоты; сжатие хладагента осуществляется паровым эжектором, а конденсация – перемешиванием с водой. Рабочий водяной пар под давлением 0,8–1,0 МПа подводится из парогенератора к соплу эжектора Эж, где расширяется, создавая разрежение в испарителе ТИ, смешивается с отсасываемым из него паром и поступает в диффузор под давлением конденсации. В конденсаторе ТК водяной пар сжимается, конденсат частично подается в испаритель для восполнения потерь, а его осн. масса возвращается в парогенератор. При испарении в ТИ вода охлаждается, по замкнутому контуру поступает к холодильной камере ХК, подогревается и возвращается в испаритель. Для этих машин  $T_x$  достигает 283 К. Коэф.  $\epsilon_{пр} = q_x / q_{впр}$  ( $q_{впр}$  – теплота, затрачиваемая на получение пара высокого давления), значительно ниже, чем для пароконпрессионных, а в нек-рых случаях и абсорбц. машин.

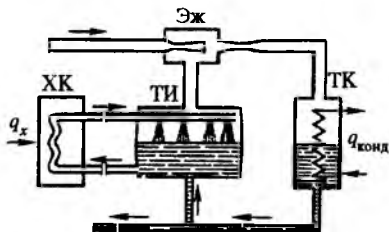


Рис. 8. Схема пароэжекторной машины.

Установки для получения холода на криогенном уровне (КУ). Эти установки, наз. также просто криогенными, по назначению бывают рефрижераторные (вырабатывают низкотемпературный холод), ожигительные, газоразделительные и комбинированные. По способу получения холода различают след. циклы КУ: с дросселированием ( $i = const$ ), расширением в детандере ( $S = const$ ), дросселированием и расширением в детандере, криогенных газовых машин, с выхлопом газа из постоянного объема и др.

В циклах КУ особенно важен способ отвода теплоты от охлаждаемого тела, к-рое при охлаждении «приобретает» все т-ры от  $T_0$  до  $T_x$ . Идеальным для данного случая является процесс  $4' - 3'$  (рис. 2) или процесс  $1' - 4'$  (рис. 5), т. е. непрерывный отвод теплоты на каждом температурном уровне в интервале  $T_0 - T_x$ . В реальных циклах осуществить такой отвод теплоты невозможно. Нек-рого приближения к этому способу можно достигнуть применением ряда ступеней охлаждения на неск. промежуточных уровнях. Для охлаждения при  $T_x = 150 - 250$  К обычно достаточно использовать цикл с одной ступенью, для сжижения воздуха, O<sub>2</sub> или N<sub>2</sub> ( $T_x = 70 - 90$  К) – с двумя ступенями, водорода ( $T_x = 20$  К) – с двумя-тремя ступенями, гелия ( $T_x = 4 - 5$  К) – не менее чем с тремя ступенями. Температурные уровни  $T_m$  ( $m = 1, 2, 3, \dots$ ) каждой из  $n$  ступеней охлаждения в интервале  $T_0 - T_x$  можно оценить по ф-ле:

$$T_m = \sqrt[n]{T_0^{n-m} T_x^m}$$

Применение того или иного цикла, а также аппаратное оформление КУ зависят от большого числа факторов (главный из них – необходимая холодопроизводительность, стоимость единицы холода и надежность работы установок). Поэтому в общем случае расчет и оптимизация криогенных установок представляют собой сложную задачу.

Установки с дроссельными и простыми циклами отличаются исключит. простотой и надежностью в работе, вследствие чего широко распространены в произ-ве холода и сжиженных газов. Однако из-за низкой экономичности эти установки пригодны лишь для получения холода в небольших кол-вах.

В установке с однократным, или простым, дросселированием (цикл Линде – Хемпсона; рис. 9) газ изотермически сжимается в компрессоре К (процесс 1–2), изобарно охлаждается в теплообменнике ТО до т-ры  $T_3$ , расширяется (при  $i = const$ ) в дроссельном вентиле Др от давления сжатия  $p_2$  до давления всасывания  $p_1$  (процесс 3–4); при этом газ частично конденсируется. Жидкость в кол-ве  $X$  [доля сжиженного газа по отношению к кол-ву дросселируемого; кол-во последнего принимают за единицу, на рис. обозначают (1)] в состоянии  $f$  выводится из сборника Сб, а пар в кол-ве  $(1-X)$  возвращается через ТО в компрессор. В точке 1 к нему добавляется газ в кол-ве  $X$ , и цикл повторяется. Холодопроизводительность  $q_x = T_x(S_5 - S_4) = i_1 - i_2 = i_5 - i_4 = X(i_1 - i_f)$ . Доля выводимого сжиженного газа  $X_f = (i_1 - i_2)/(i_1 - i_f)$ ;  $\epsilon_{х.од} = (i_1 - i_2)/(RT_0 \ln(p_2/p_1))$ , где  $R$  – газ. постоянная.

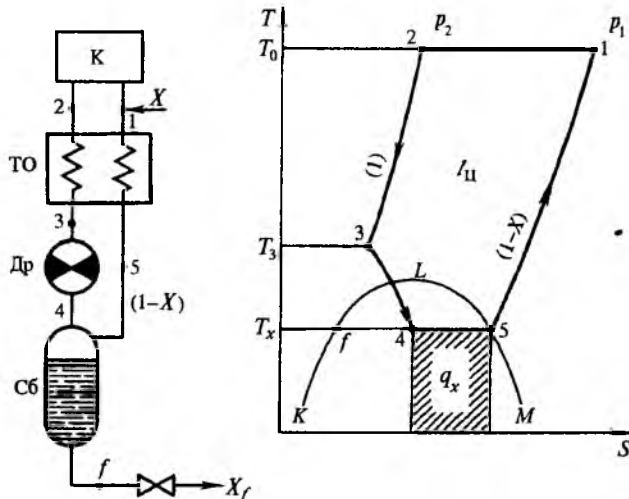


Рис. 9. Схема криогенной установки с однократным дросселированием.

В идеальном дроссельном воздушном цикле очень малы доля получаемой жидкости (~5,5%) и холодильный коэф. (~7%); коэф.  $\eta_r \approx 5\%$ . В реальном цикле из-за тепловых потерь в окружающую среду, недорекуперации теплоты в ТО, а также неизотермичности сжатия значения  $\epsilon_{х.од}$  и  $\eta_r$  м. б. существенно ниже (в 2–3 раза и более).

Кроме низкой эффективности, простой дроссельный цикл оказывается принципиально непригодным при  $i_1 < i_2$ . Известны методы повышения эффективности такого цикла. Главный из них – предварит. охлаждение сжатого газа от внеш. источника. Так, в воздушном дроссельном цикле с промежуточным охлаждением до 228 К ( $T_0 = 300$  К) доля получаемой жидкости увеличивается до ~16,5%, а  $\eta_r$  – до 15%.

Параметры криогенного цикла можно значительно улучшить применением двойного дросселирования и циркуляции части потока (рис. 10;  $D_1$  и  $D_2$  – потоки циркуляционный и направляемый на сжижение). В первом приближении холодопроизводительность такого цикла пропорциональна разности конечного ( $p_x$ ) и начального ( $p_n$ ) давлений хладагента:  $q_x \sim (p_x - p_n)$ , а мех. работа  $l_x \sim \ln(p_x/p_n)$ . Поэтому холодиль-

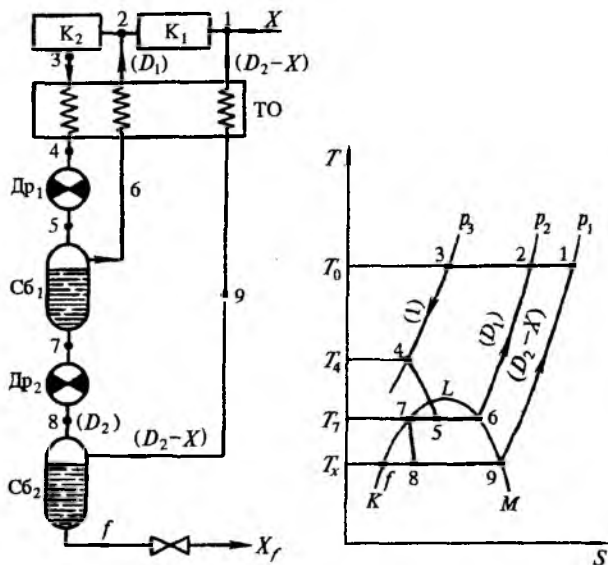


Рис. 10. Схема криогенной установки с двойным дросселированием.

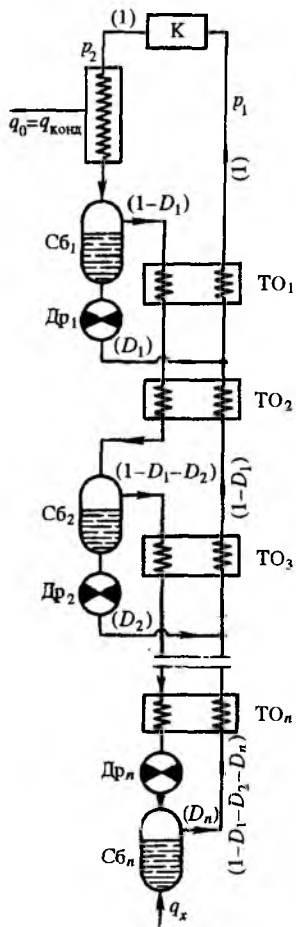


Рис. 11. Схема криогенной установки, работающей на смеси хладагентов.

ный коэф. при увеличении  $p_n$  существенно возрастает (при  $p_n = 20$  МПа и повышении  $p_n$  с 0,1 до 10 МПа коэф.  $\epsilon_{\text{ж.ж}}$  увеличивается по сравнению с  $\epsilon_{\text{ж.от}}$  в 3,2 раза). При одинаковых давлениях  $p_1$  и  $p_3$  доля сжатого газа  $X$  по сравнению с долей газа при простом дросселировании уменьшается примерно на 15%, однако снижается на 40% мех. работа компрессора и на столько же процентов возрастает  $\eta_r$ .

Совершенствование циклов с дросселированием достигается применением в качестве рабочей среды смеси хладагентов (рис. 11) с разл. т-рами конденсации в интервале  $T_0 - T_x$ . Такая смесь сжимается в компрессоре К, при этом на уровне  $T_0$  ( $p = p_2$ ) конденсируется часть потока — компонент с самой высокой т-рой конденсации. В сборнике  $Сб_1$  происходит разделение фаз: пар направляется в теплообменник  $ТО_1$ , а жидкость в кол-ве  $D_1$  дросселируется через вентиль  $Др_1$  в обратный поток. После охлаждения в  $ТО_2$  часть прямого потока снова конденсируется и т.д. Процесс продолжается до достижения наименьшей т-ры  $T_x$  — т-ры конденсации последнего компонента смеси при давлении  $p_1$ . Криогенные установки и методы расчета состава смесей хладагентов достаточно сложны, но получаемый в результате эффект весьма значителен.

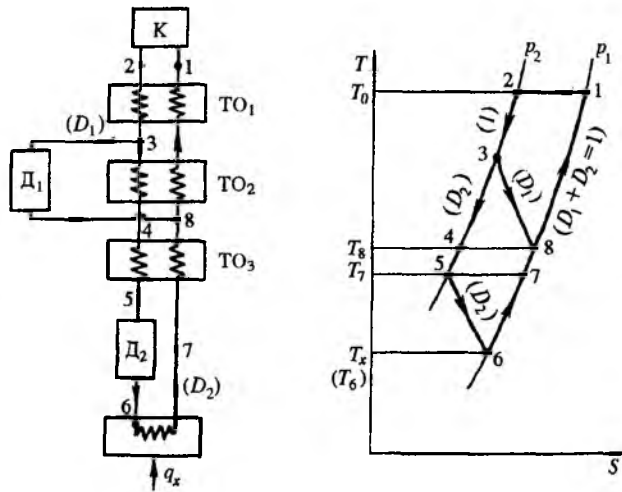


Рис. 12. Схема криогенной рефрижераторной установки с двумя детандерами.

Установки с детандерными циклами. К этой группе обычно относят т. наз. рефрижераторные установки (хладагент циркулирует только внутри системы), в к-рых используются один или несколько (напр., два; рис. 12) детандеров на разных температурных уровнях, в т.ч. на самом нижнем. После изотермич. сжатия в компрессоре газ охлаждается в теплообменнике  $ТО_1$ , из к-рого часть газа в кол-ве  $D_1$  отводится в детандер  $Д_1$ , расширяется в нем и поступает в теплообменник  $ТО_2$  в качестве обратного потока. Оставшаяся часть газа в кол-ве  $D_2$  после охлаждения в теплообменниках  $ТО_2$  и  $ТО_3$  расширяется в детандере  $Д_2$ ; при этом в установке достигается наименьшая т-ра ( $T_x$ ). При понижении т-ры охлаждаемого объекта от  $T_7$  до  $T_6$  рабочий газ подогревается от  $T_6$  до  $T_7$  и как обратный поток подается в теплообменник  $ТО_3$ . Холодопроизводительность  $q_x = D_1 h_1 + D_2 h_2 + (i_1 - i_2)$ , где  $h$  — разность энтальпий газа на входе в детандер и выходе из него. Термодинамич. эффективность реальных детандерных циклов зависит от  $T_x$  однако достаточно высока ( $\eta_r = 0,2 - 0,4$ ).

Установки с дросселированием и расширением в детандерах широко распространены для сжижения газов и получения холода на любых температурных уровнях (вплоть до неск. К). Число детандеров, к-рые могут работать параллельно или последовательно, изменяется от 1 до 4. Благодаря отводу теплоты на неск. температурных уровнях термодинамич. эффективность этих установок достаточно высока и достигает в цикле без потерь 75%. Циклы с одним детандером и дросселем используются для произ-ва  $O_2$ ,  $N_2$  и  $Ar$  (см. *Воздуха разделение*).

В зависимости от давления в системе различают циклы высокого (20 МПа), среднего (4–6 МПа) и низкого (0,6 МПа) давлений. В цикле высокого давления (цикл Гейландта) детандер работает на самом верх. температурном уровне (рис. 13). Кол-ва газа, направляемые в детандер и дроссель, примерно равны. Такая установка обладает наилучшими (по сравнению с установками среднего и низкого давлений) термодинамич. показателями (доля сжатого газа  $X = 20\%$ , коэф.  $\eta_r = 18\%$ ), однако не может обеспечить большой холодопроизводительности, т.к. использует поршневые компрессоры и детандеры.

В цикле низкого давления детандер работает на самом низком температурном уровне (рис. 14). Кол-во газа, направляемого в детандер, составляет ок. 96%, в дроссель — лишь 4%. Энергетич. показатели подобных установок значительно хуже, чем для установок высокого давления ( $X = 6\%$ ,  $\eta_r \approx 12,5\%$ ). Однако в качестве детандеров и компрессоров применяют только турбомашин, что обеспечивает возможность переработки больших кол-в материальных потоков (до 300 тыс.  $m^3/ч$  воздуха). Впервые цикл низкого давления осуществил П. Л. Капица, к-рый сконструировал высокоэффек-

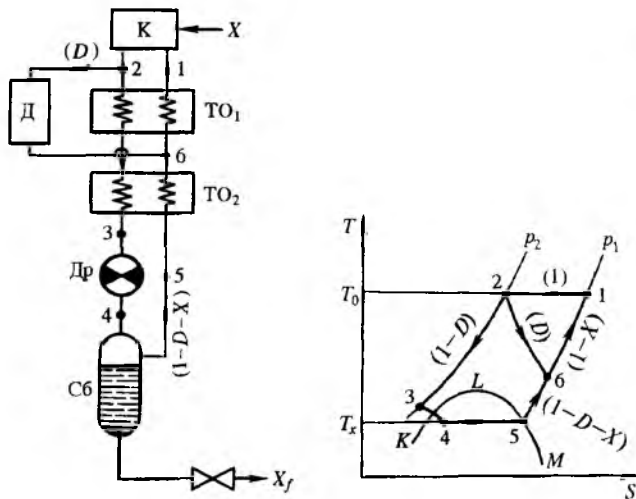


Рис. 13. Схема криогенной установки, работающей по циклу высокого давления.

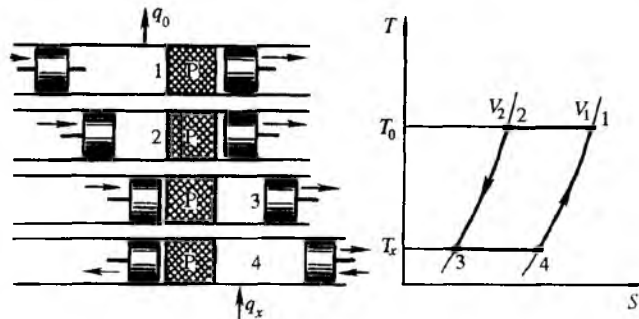


Рис. 15. Схема криогенной газовой машины, работающей по циклу Стирлинга.

достигают, применяя двухступенчатые машины ( $\eta_r = 10\%$ ); трехступенчатые машины обеспечивают  $T_x = 8,5$  К.

В машинах, работающих по циклу Гиффорда – Мак-Магона, холод вырабатывается с помощью запового выхлопа газа. Одноступенчатые машины используют для получения небольших кол-в холода на уровне до 35 К, а двухступенчатые – до 7 К. Коэф.  $\eta_r$  для этих машин меньше, чем для машин, работающих по циклу Стирлинга.

Из-за сложности аппаратного оформления Х. п. трудно моделируются. Поэтому их исследования и испытания холодильного оборудования выполняют, как правило, не на лабораторных, а на стендовых (полупромышленных) и пром. образцах, реальных хладагентах и в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным.

**Установки на основе нетрадиционных методов получения холода**

Наряду с рассмотренными выше существует также ряд иных перспективных, но еще недостаточно часто используемых методов, лежащих в основе функционирования холодильных установок.

Метод откачки паров криогенных жидкостей приводит к их существ. переохлаждению (напр., для жидкого  $O_2$  с т. кип.  $\sim 90,2$  К до  $54,361$  К – т-ры тройной точки), а также позволяет получать разл. смеси льда и жидкости из одного и того же в-ва, напр.  $H_2$ . Метод десорбционного охлаждения заключается в изотермич. адсорбции активного углем рабочего газа ( $He, Ne$ ) с отводом теплоты процесса в жидкий  $H_2$  ( $N_2$ ) и послед. адиабатич. десорбции газа, при к-рой т-ры хладагента и адсорбента снижаются: при  $T_0 = 14$  К (т-ра начала десорбции) достигается охлаждение до  $T_x = 4$  К (т-ра конца десорбции).

Метод, основанный на эффекте Пельтье, состоит в пропускании электрич. тока через контакт двух разнородных проводников; при изменении направления тока выделение теплоты сменяется ее поглощением, возможный перепад т-р  $\Delta T = 140$  К, а коэф.  $\epsilon$  установки зависит от  $\Delta T$ . Понижение т-ры также происходит: при взаимном растворении в-в ( $^3He$  в сверхтекучем  $^4He$ ); при тангенциальном вводе сжатого газа (воздуха) с большой скоростью в т. наз. вихревую трубу, в к-рой в результате сложного вихревого движения газ расслаивается на горячий и холодный потоки (эффект Ранка); в волновых криогенераторах, где в условиях установившегося движения газа осуществляется его волновое расширение с генерацией акустич. автоколебаний и отводом энергии в виде теплоты в спец. устройствах – резонаторах; при воздействии сильного магн. поля на помещенное в термостат парамагн. в-во с послед. адиабатным его размагничиванием (магнитокалорический эффект) и т. д.

**Области применения Х. п.**

Х. п. используют практически во всех областях науки, техники, произ-ва и в быту. Один из наиб. крупных потребителей холода – химико-лесной комплекс, для мн. произ-в

тивный турбодетандер, способный работать на уровне  $\sim 100$  К.

Криогенные газовые машины нашли применение благодаря высокой компактности и эффективности. Наиб. распространены машины, работающие по идеальному холодильному циклу Стирлинга, а также по циклу Гиффорда – Мак-Магона. В холодильном цикле Стирлинга (рис. 15) два поршня движутся в цилиндре прерывисто со сдвигом по фазе. Между поршнями размещен регенератор Р, к-рый делит рабочую полость на теплую и холодную части. Газ изотермически сжимается (процесс 1–2), параллельным движением поршней изохорно перемещается через регенератор (процесс 2–3) и охлаждается до т-ры  $T_x$ . Затем за счет движения правого поршня газ расширяется, его т-ра снижается и от охлаждаемого тела к нему подводится теплота (процесс 3–4). Поршни параллельно сдвигаются влево, холодный газ изохорно перемещается через регенератор, охлаждая его, и процесс повторяется.

Одноступенчатые машины используют для получения холода на уровне 150–70 К и до 40 К при небольшой холодопроизводительности;  $\epsilon \approx 0,1$ ,  $\eta_r = 20 - 42\%$ . Более низких т-р

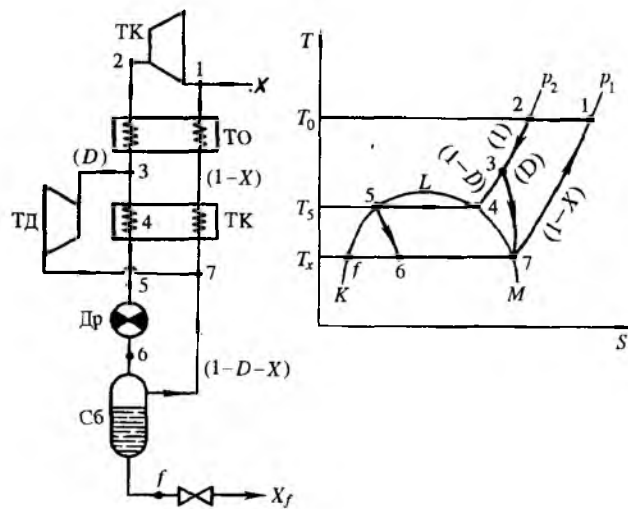
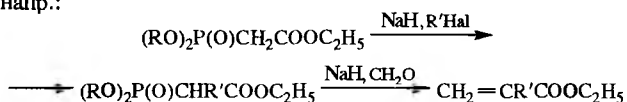


Рис. 14. Схема криогенной установки, работающей по циклу низкого давления.



что позволяет синтезировать олефины сложного строения, напр.:

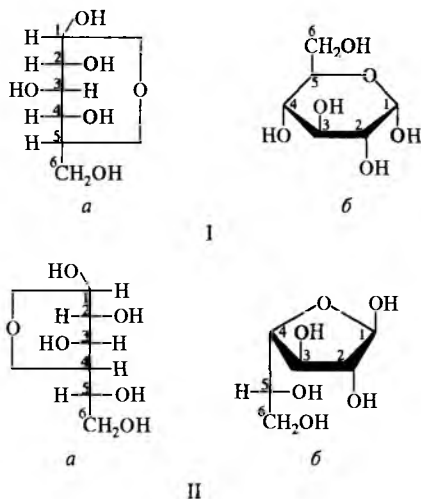


Кетены в условиях X. р. дают аллены,  $\alpha$ -дикетоны – сопряженные диены, оксиды олефинов – производные циклопропана.

X. р. используют в лаб. практике. Открыта Л. Хорнером с сотрудниками в 1958.

Лит.: Домбровский А. В., Домбровский В. А., «Успехи химии», 1966, т. 35, в. 10, с. 1771–87; Horner L. [u. a.], «Chem. Ber.», 1958, Bd 91, № 1, S. 61–63; Wadsworth W. S., в кн.: Organic reactions, v. 25, N. Y. L., 1977, p. 73–253; Stec W. J., «Acc. Chem. Res.», 1983, v. 16, № 11, p. 411–17. Г. И. Дрозд.

**ХОУОРСА ФОРМУЛЫ** (Хеуорса ф-лы), изображение на плоскости пространств. структур циклич. соед. При построении X. ф. цикл условно считают плоским (на самом деле молекула м. б. в конформации кресла или ванны) и проектируют на плоскость под нек-рым углом; при этом ближайшая к наблюдателю часть кольца на чертеже располагается снизу и обычно выделяется более жирной линией (рис.). В моносахаридах кислородный атом цикла располагается обычно на наиб. удалении от наблюдателя (в случае пиранозного цикла – справа).



Формулы Фишера (а) и Хоуорса (б) для моносахаридов –  $\alpha$ -D-гликопиранозы (I) и  $\beta$ -L-галактофуранозы (II).

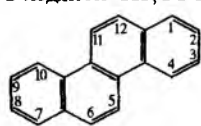
Атомы или группы атомов, изображаемые в ф-лах Фишера слева и справа, в X. ф. располагаются соотв. над и под плоскостью цикла. Божовые цепи при атоме С-5 в пиранозах или при С-4 в фуранозах изображают над плоскостью цикла при D-конфигурации атома углерода и под плоскостью – при L-конфигурации (см. *Номенклатура стереохимическая*).

Предложены У. Хоуорсом (Хеуорсом) в 1926.

М. А. Федоровская.

**ХРИЗЕН**, мол. м. 228,3; бесцв. кристаллы, т. пл. 255–256 °С, т. кип. 448 °С (с возг.);  $d_4^{20}$  1,274; легко раств. в горячих бензоле и ксилоле, трудно – в этаноле, ледяной  $CH_3COOH$ , диэтиловом эфире,  $CS_2$ .

Обладает св-вами *ароматических соединений*. При гидрировании над Ni превращается в 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12-декагидрохризен, хромовой к-той или  $Na_2Cr_2O_7$  при кипячении в ледяной  $CH_3COOH$  окисляется в хризен-5,6-хинон.



Хлорируется  $SO_2Cl_2$  в нитробензоле с образованием б-хлорхризена,  $Cl_2$  при 100 °С – 6,12-дихлорхризен. Нитруется до б-нитрохризена  $HNO_3$  в  $CH_3COOH$ , до 6,12-динитрохризена –

кипячением в  $HNO_3$ . Взаимод. X. с  $HOSO_2Cl$  в тетрагидроэтаноле приводит к хризен-6-сульфоислоте. С бензоилхлоридом в присут.  $AlCl_3$  образует смесь гл. обр. б-бензоилхризена и 2,8-добензоилхризена.

X. содержится в кам.-уг. смоле в кол-ве 0,42–2,0% по массе. В пром-сти его отделяют от др. компонентов высококипящей фракции кам.-уг. смолы экстракцией  $CS_2$ ; остающийся в осадке X. перекристаллизовывают из ксилола. Лаб. методы получения – пропускание через раскаленную трубку бензил(1-нафтил)метана или смеси кумарона и нафталина.

X. – промежут. продукт в произ-ве красителей.

По нек-рым данным, X. и особенно его метилпроизводные обладают канцерогенными св-вами.

Лит.: Клар Э., Полициклические углеводороды, пер. с англ., т. 1, М., 1971, с. 240–52; Соколов В. З., Харлампович Г. Д., Производство и использование ароматических углеводородов, М., 1980. Н. Н. Артамонова.

**ХРОМ** (от греч. chroma – цвет, краска; из-за яркой окраски соед.; лат. Chromium) Cr, хим. элемент VI гр. периодич. системы, ат. н. 24, ат. м. 51,9961. Природный X. состоит из смеси 4 изотопов  $^{50}Cr$  (4,35%),  $^{52}Cr$  (83,79%),  $^{53}Cr$  (9,50%) и  $^{54}Cr$  (2,36%). Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов для X.  $3,1 \cdot 10^{-28} m^2$ .

Конфигурация внеш. электронных оболочек атома  $3d^5 4s^1$ ; степени окисления +2, +3, +6, реже +4, +5 и +1; энергия ионизации при переходе от  $Cr^0$  к  $Cr^{6+}$  6,766, 16,49, 30,96, 49,1, 69,3 и 90,6 эВ; сродство к электрону 1,6 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,66; атомный радиус 0,127 нм, ионные радиусы, в нм (в скобках указаны координац. числа): для  $Cr^{2+}$  0,073 (6),  $Cr^{3+}$  0,0615 (6),  $Cr^{4+}$  0,041 (4), 0,055 (6),  $Cr^{5+}$  0,0345 (4), 0,049 (6) и 0,057 (8), для  $Cr^{6+}$  0,026 (4) и 0,044 (6).

Содержание X. в земной коре 0,035% по массе, в воде морей и океанов  $2 \cdot 10^{-5}$  мг/л. Известно более 40 минералов X., из них для извлечения X. используют только хромит  $FeCr_2O_4$ , точнее хромшпинелиды  $(Mg, Fe)(Cr, Al, Fe)_2O_4$ . Нек-рые др. минералы: крокоит  $PbCrO_4$ , волконсконит  $Cr_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ , уваровит  $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$ , вокаленит  $Pb_2Cu[CrO_4]PO_4$ , феникохромит  $Pb_2O(CrO_4)_2$ . Сульфидные минералы X. обнаружены в метеоритах.

**Свойства.** X. – голубовато-белый металл. Кристаллич. решетка объемноцентрированная кубич.  $a = 0,28845$  нм,  $z = 2$ , пространств. группа  $Im\bar{3}m$ . При 312 К (точка Нееля) переходит из парамагнитного в антиферромагнитное состояние. Еще один переход (без изменения структуры) фиксируется при 170–220 К. Т. пл. 1890 °С, т. кип. 2680 °С; плотн. 7,19 г/см<sup>3</sup>;  $C_p^0$  23,3 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{пл}$  21 кДж/моль,  $\Delta H_{кип}$  338 кДж/моль;  $S_{298}^0$  23,6 Дж/(моль·К); ур-ния температурной зависимости давления пара для твердого X.  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $11,454 - 22598/T - 0,406 \lg T + 0,781T$  (298 – 2163 К), для жидкого X.  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $9,446 - 18204/T + 0,114 \lg T$  (2163 – 2950 К); температурный коэф. линейного расширения  $4,1 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ; теплопроводность 88,6 Вт/(м·К);  $\rho$   $0,15 \cdot 10^{-6}$  Ом·м, температурный коэф.  $\rho$   $3,01 \cdot 10^{-3} K^{-1}$ . Парамагнитен, магн. восприимчивость  $+3,49 \cdot 10^9$ . Модуль нормальной упругости (для отожженного X. высокой чистоты) 288,1 ГПа;  $\sigma_{раст}$  410 МПа; относит. удлинение 44%; твердость по Бринеллю 1060 МПа. X. техн. чистоты хрупок, приобретает пластичность выше 200–250 °С.

Стандартный электродный потенциал –0,74 В (относительно р-ра  $Cr^{3+}$ ). X. устойчив на воздухе (однако тонкоизмельченный пирофорен) и к действию воды. Нагретый в кислороде до ~300 °С сгорает с образованием  $Cr_2O_3$  (см. *Хрома оксиды*). Раств. в соляной и разб. серной к-тах. В конц.  $HNO_3$ ,  $HClO_4$ ,  $H_3PO_4$  и под действием окислителей легко пассивируется. Пассивный X. очень устойчив. Р-ры щелочей на X. не действуют, расплавленные щелочи в отсутствие воздуха очень медленно реагируют с выделением  $H_2$ .

Фтор действует на X. выше 350 °С. Сухой хлор начинает реагировать с X. выше 300 °С, влажный хлор начинает действовать уже с 80 °С. Бром и иод действуют на X. при т-ре красного каления, также как HF и HCl. См. *Хрома галогениды*.

С водородом X. непосредственно не взаимодействует. Р-риosity  $H_2$  в X. 0,44 ат. % при 800 °С, но электролитич. X.

может содержать значительно большие кол-ва – до 300 объемов на объем металла. Путем электролиза можно получить и гидриды – CrH с гексагон. решеткой и кубич. гидрид, чей состав приближается к CrH<sub>2</sub>. Эти металлоподобные гидриды при нагр. легко теряют водород.

Азот поглощается тонким порошком X. при 800–1000 °C с образованием нитрида CrN, а при 1200–1300 °C – Cr<sub>2</sub>N. Но обычно эти нитриды (табл.) получают действием NH<sub>3</sub> на X. (при ~ 850 °C). Нитриды, особенно CrN, обладают высокой хим. стойкостью. Их используют как компоненты твердых сплавов, катализаторы, а монокристалл – как полупроводниковый материал для термоэлектрич. генераторов. X. сплавляется с бором, углеродом и кремнием с образованием соотв. боридов, карбидов и силицидов. Их применяют как компоненты твердых, жаростойких сплавов, износостойчивых и химически стойких покрытий. С оксидами углерода X. не взаимодействует.

#### СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА

Соединение	Сингония	Параметры решетки, нм			Т. пл., °C	Плотн., г/см <sup>3</sup>	ΔH <sub>обр</sub> , кДж/моль
		a	b	c			
Cr <sub>2</sub> B	Ромбич.	1,471	0,741	0,425	1870	6,07	—
Cr <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	Тетрагон.	0,546	—	1,064	1890 <sup>o</sup>	6,03	—
CrB	Ромбич.	0,2969	0,7858	0,2932	2090	6,17	—
Cr <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	»	0,2986	1,302	0,2952	2070	5,22	—
CrB <sub>2</sub>	Гексагон.	0,2969	—	0,3066	2200	5,6	-125,6
CrB <sub>4</sub>	Ромбич.	0,4744	0,5477	0,2866	1600 <sup>o</sup>	—	—
Cr <sub>23</sub> C <sub>6</sub>	Кубич.	1,0638	—	—	1520	7,0	-209,4
Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	Гексагон.	1,398	—	0,4532	1780	6,9	-178
Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	Ромбич.	0,2821	0,552	1,146	1895	6,68	-88
Cr <sub>3</sub> Si	Кубич.	0,4564	—	—	1770	—	-138
Cr <sub>2</sub> Si <sub>3</sub>	Тетрагон.	0,9178	—	0,4659	1680	5,5	-327
CrSi	Кубич.	0,4629	—	—	1475 <sup>o</sup>	5,37	-71
CrSi <sub>2</sub>	Гексагон.	0,4422	—	0,6351	1490	—	-101
Cr <sub>2</sub> N	Гексагон.	0,4806	—	0,4479	1650	6,5	-128,6
CrN	Кубич.	0,4148	—	—	1500 <sup>o</sup>	5,8	-123,4

<sup>o</sup>Инокругленно. °C разложением.

Пары S действуют на X. при т-рах выше 400 °C с образованием серии сульфидов от CrS до Cr<sub>5</sub>S<sub>8</sub>. Сульфиды образуются также при действии H<sub>2</sub>S (~ 1200 °C) и паров CS<sub>2</sub>. При сплавлении с Se X. дает селениды, по составу аналогичные сульфидам. Теллуриды имеют состав от CrTe до CrTe<sub>3</sub>. Металлы с сексвиальогенидами Cr<sub>2</sub>X<sub>3</sub> дают халькогенохроматы(III). Большинство из них обладает полупроводниковыми св-вами и являются либо ферромагнетиками, либо антиферромагнетиками. Соед. с одновалентными металлами состава MCrX<sub>2</sub> большей частью имеют ромбовидрич. решетку типа NaHF<sub>2</sub>. Для K, Rb и Cs известны также соед. типа MCr<sub>5</sub>S<sub>8</sub>. Двухвалентные металлы образуют соед. состава MCr<sub>2</sub>X<sub>4</sub>, почти все они имеют структуру шпинели, часть их при высоких т-рах и давлениях переходит в структуру типа NiAs. Для PЗЭ известны соед. типа MCrX<sub>3</sub>.

Для X. характерна способность к образованию многочисленных комплексных соед. в разных степенях окисления. Образование комплексов стабилизирует низшие степени окисления X. Так, Cr(I) известен только в виде комплексов, напр. K<sub>3</sub>[Cr(CN)<sub>5</sub>NO]. Соед. Cr(II) неустойчивы, это сильные восстановители, легко окисляются на воздухе. Их водные р-ры (небесно-голубого цвета, тогда как безводные соли бесцветные) сохраняются только в инертной атмосфере. Из р-ров кристаллизуются гидраты, напр. Cr(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O. Из комплексов Cr(II) самый распространенный синий K<sub>4</sub>[Cr(CN)<sub>6</sub>], дающий красно-оранжевые р-ры.

Соед. Cr(III) наиб. устойчивы. В водных р-рах катион Cr(III) существует в виде инертного аквакомплекса [Cr(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>3+</sup> с очень малой скоростью обмена молекул воды на др. лиганды. Вследствие этого соли в р-рах и в кристаллич. состоянии существуют в виде разноокрашенных изомеров – фиолетовых, содержащих указанный гексааквакатион, и зеленых, в к-рых анионы входят во внутр. сферу комплекса. Известно множество комплексов Cr(III) с координац. числом 6 и октаэдрич. конфигурацией, в большинстве химически

инертных. К их числу относятся комплексы с нейтральными лигандами (из них наиб. изучены аммины) и с разнообразными анионами (галогенидные, цианидные, роданидные, сульфатные, оксалатные и др.). Характерны полиядерные формы комплексов с гидроксидными, кислородными, амминными, роданидными мостиками.

Нитрат Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O – пурпурные или темно-фиолетовые кристаллы; т. пл. 66 °C, т. разл. 125 °C, S<sub>298</sub><sup>o</sup> 455 Дж/(моль·K); S<sub>298</sub><sup>o</sup> 507 Дж/(моль·K). Хорошо раств. в воде (44,8% по массе при 25 °C, в пересчете на безводную соль), этаноле и ацетоне, фиолетовый водный р-р при кипячении зеленеет. Описаны светло-голубой безводный нитрат, а также гидраты Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O: красновато-фиолетовый, n = 12,5; темно-коричневый и фиолетовый, n = 7,5; голубовато-зеленый, n = 3 и др. Получают нитрат взаимод. Cr(OH)<sub>3</sub> с HNO<sub>3</sub> или Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> с Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> в водном р-ре; применяют как протраву при крашении тканей, добавку при синтезе катализаторов.

Соед. Cr(IV) немногочисленны – это простые и комплексные галогениды, а также хроматы(IV). Cr(V) реализуется в осн. в оксогалогенидах, напр. в CrOF<sub>3</sub>, в хроматах(V) и в галогенохроматах типа M<sub>2</sub>[CrOCl<sub>5</sub>] или M[CrOF<sub>4</sub>]. Cr(VI) образует многочисленные хроматы. В р-рах он может присутствовать в виде ионов CrO<sub>3</sub>X<sup>-</sup>, где X – галоген, CrO<sub>3</sub>(OSO<sub>3</sub>)<sub>2</sub><sup>2-</sup> и т. д. Соед. Cr(VI) – сильные окислители. См. также *Хрома карбонилы, Хрома сульфаты, Хроморганические соединения.*

**Определение.** X. относится к аналит. группе (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S. Для его обнаружения применяют р-ции с H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (синее окрашивание вследствие образования надхромовой к-ты), хромотроповой к-той (красное окрашивание), бензидином (синее окрашивание).

Для определения X. используют титриметрич. методы – титрование р-ром соли Мора (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O после предварит. окисления Cr(III) персульфатом аммония, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> и др. Для определения Cr(III) применяют комплексометрич. метод (обратное титрование избытка комплексона разл. солями), потенциометрич. и амперометрич. титрование.

Для определения малых концентраций X. используют фотометрич. методы, гл. обр. основанные на р-ции с дифенилкарбазидом (красно-фиолетовое окрашивание). Методы, основанные на соотв. окраске ионов Cr(III), хромат- и дихромат-ионов, а также синей окраске надхромовой к-ты, менее чувствительны.

Известны полярографич., люминесцентные, кинетич. методы определения X. Перспективны газохроматографич. методы с использованием ацетилацетона и, особенно, его фторпроизводных – трифтор- и гексафторацетилацетона.

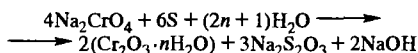
Применяют разнообразные физ. методы определения X., в первую очередь – спектральный анализ. Наиб. интенсивные линии спектра X. отвечают длинам волн 425,435, 427,480 и 428,972 нм. Часто используют также линии УФ области, напр. 283,56 и 301,48 нм. При определении малых кол-в X. применяют методы предварит. отделения примесей и концентрирования путем отгонки, экстракции, осаждения и т. п.

Для определения X. используются атомно-абсорбционная спектрометрия, рентгенофлуоресцентный анализ и, особенно, радиоактивационный анализ.

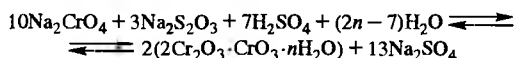
**Получение.** Хромитовые руды большей частью не обогащаются. Непосредств. металлургич. переработка хромитовых руд позволяет получать путем восстановления. плавки в электропечах только феррохромом с содержанием 60–70% Cr (см. *Хрома сплавы*), используемый в черной металлургии. Имеются способы получения из феррохрома соед. X., но гл. обр. их произ-во основано на окислит. обжиге хромита с Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> и доломитом при 1100–1200 °C. Образовавшийся Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> выщелачивают водой и после очистки р-ра от Al действием H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> или Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> из р-ра кристаллизуют либо Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, либо Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, либо р-р перерабатывают на др. соед. X. Необходимый для получения металл. X. Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> получают восстановлением щелочного р-ра Na<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> элементарной се-



рой при кипячении или в автоклавах при 140–160 °С по р-ции:



Затем р-р подкисляют  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и проводят вторую стадию восстановления с получением хромхрома или гидроксида Cr(II):



После сушки и прокаливании гидроксидных осадков получают  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

Металлич. X. большей частью производят восстановлением  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  алюминием или элементарным кремнием. Реже используют восстановление углеродом, при к-ром получают X. с большим содержанием С. Предложены также процессы восстановления  $\text{CrCl}_3$  магнием. Более чистый X. получают электролизом либо сернокислых р-ров  $\text{CrO}_3$ , либо р-ров хромоммониевых квасцов.

Для рафинирования X. применяют обработку сухим или влажным  $\text{H}_2$  при высоких т-рах, вакуумную дистилляцию, зонную плавку, иодидное рафинирование. Для получения особо чистого X. предложено использовать термич. разложение орг. комплексов, напр. бис(этилбензол)хрома с послед. водородной очисткой металла.

X. применяют в металлургии, в осн. как компонент сталей разл. назначения, в частности нержавеющей. X. входит в состав жаропрочных сплавов на основе Ni и Co. Большие кол-ва X. используют для получения хромовых покрытий. Помимо высокой коррозионной стойкости они обладают большим сопротивлением истиранию. Разл. соед. X. применяют в качестве огнеупорных материалов, пигментов, дубителей кожи, протрав при крашении, реактивов, магн. материалов и др. Соотношение областей использования: металлургия 75%, огнеупоры 10%, прочее 15%.

Мировая добыча хромитовых руд и концентратов (без России) ок. 12 млн. т в год; выплавка феррохрома 2,7 млн. т в год; произ-во металлич. X. ок. 20 тыс. т в год (1990). Осн. производители – США, Япония, ЮАР, Германия, Франция, Италия, Великобритания.

Металлич. X. малотоксичен, также малоядовиты соед. X. низших степеней окисления [но в организме они могут перейти в соед. Cr(VI)]. Соед. Cr(VI) обладают местным и общетоксич. действием, вызывают поражение органов дыхания, кожи, слизистых оболочек, желудочно-кишечного тракта. Попадают в кровь, откладываются в печени, почках,

эндокринных железах, зубах. ПДК (в пересчете на  $\text{CrO}_3$ ) 0,01 мг/м<sup>3</sup>, Cr<sup>6+</sup> 0,0015 мг/м<sup>3</sup> (атм. воздух).

X. открыт Л. Вокленом в 1797.

Лит.: Плинер Ю. Л., Игнатенко Г. Ф., Лаппо С. И., Металлургия хрома, М., 1965; Салли А., Брэйдз Э., Хром, пер. с англ., 2 изд., М., 1971; Авербух Т. Д., Павлов П. Г., Технология соединений хрома, 2 изд., М., 1973; Лаврухина А. К., Юкина Л. В., Аналитическая химия хрома, М., 1979; Неорганические соединения хрома, Л., 1981. П. И. Фродоров.

**ХРОМА ГАЛОГЕНИДЫ.** Дифторид  $\text{CrF}_2$  при давлении 2,7 ГПа превращается в ромбич. модификацию, при 27–29 ГПа – в тетрагональную (табл.); плохо раств. в воде, не раств. в этаноле, медленно реагирует с минеральными к-тами; на воздухе окисляется; с фторидами щелочных металлов образует комплексы  $\text{MCrF}_3$  и  $\text{M}_2\text{CrF}_4$ . Трифторид  $\text{CrF}_3$  не раств. в воде, этаноле, р-рах  $\text{NH}_3$ , плохо раств. в к-тах, при нагр. на воздухе превращается в  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , водяным паром гидролизуется выше ~500 °С; с фторидами щелочных металлов при сплавлении образует  $\text{M}_2\text{CrF}_6$  и  $\text{M}_5\text{Cr}_3\text{F}_{14}$  зеленого цвета; ферромагнетик. Ниже 15 °С устойчив неонагидрат  $\text{CrF}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  (фиолетовый), р-римость в воде 0,9% при 0 °С, легко обезвоживается до гексагидрата (фиолетовый, плохо раств. в воде). Выше 20 °С из водных р-ров кристаллизуется зеленый тригидрат  $\text{CrF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , его р-римость в воде 3,46% по массе при 20 °С, р-ры склонны к пересыщению. Не р-римый в воде тригидрат, для к-рого предложена ф-ла  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]_3\text{CrF}_6$ , образуется при нагр. гексагидрата при 60–70 °С. Получают  $\text{CrF}_3$  взаимод. гидроксида или солей Cr(III) с плавиковой к-той, восстановлением  $\text{CrO}_3$  в р-ре HF, напр. этанолом; протрава при крашении тканей, пигмент.

Тетрафторид  $\text{CrF}_4$  – коричневое аморфное в-во; т. пл. 277 °С, т. возг. 295 °С; плотн. 2,90 г/см<sup>3</sup>;  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  –1200 кДж/моль; при действии воды диссоциирует на соед. Cr(III) и Cr(IV), разъедает стекло, образует с щелочными металлами соед. типа  $\text{M}_2\text{CrF}_6$ ; образуется при фторировании порошка Cr. При фторировании под давлением получают пентафторид  $\text{CrF}_5$  и лимонно-желтый гексафторид  $\text{CrF}_6$ , к-рый легко диспропорционирует в вакууме уже при 100 °С. Диоксидифторид хрома (хромилфторид)  $\text{CrO}_2\text{F}_2$  на свету медленно полимеризуется, превращаясь в серое в-во с т. пл. ~200 °С; водой легко гидролизуется; разрушает стекло, кварц, бурно окисляет орг. в-ва; с хроматами образует фторохроматы, напр.  $\text{KCrO}_3\text{F}$ ; получают при нагр.  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  с дымящей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{CaF}_2$ ; реагент в орг. и неорг. синтезе.

Дихлорид  $\text{CrCl}_2$  относительно устойчив в сухом воздухе, с  $\text{O}_2$  начинает реагировать при ~900 °С, быстро увлажняется и окисляется в присут. паров воды; из водных р-ров (голубый)

СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОВ И ОКСОГАЛОГЕНИДОВ ХРОМА

Показатель	$\text{CrF}_2$	$\text{CrF}_3$	$\text{CrF}_6$	$\text{CrO}_2\text{F}_2$	$\text{CrCl}_2$	$\text{CrCl}_3$	$\text{CrBr}_2$	$\text{CrBr}_3$	$\text{CrI}_2$	$\text{CrI}_3$
Цвет	Синева-зеленый	Зеленоватый	Огненно-красный	Фиолетово-красный	Бесцв.	Красно-фиолетовый	Бесцв.	Темно-зеленый, черный	Коричнево-красный, бледно-серый	Черный
Сингония	Моноклинная	Тригон.	Ромбич.	Моноклинная	Ромбич.	Моноклинная	Моноклинная	Тригон.	Ромбич.	Тригон.
Параметры ячейки:										
a, нм	0,4732	0,602	0,55	0,568	0,665	0,5959	0,7111	0,6308	0,3915	0,6859
b, нм	0,4718	—	0,74	0,492	0,599	1,0321	0,3649	—	0,7560	—
c, нм	0,3505	1,73	1,63	0,904	0,348	0,6114	0,6217	1,835	1,3553	1,988
β, град	96,52	—	—	93	—	108,48	93,88	—	—	—
z	2	6	8	4	2	—	2	6	4	6
Пространств. группа	$P2_1/c$	$R\bar{3}c$	$Rm\bar{3}c$	$P2_1/c$	$Rm\bar{3}m$	$C2/m$	—	$R\bar{3}$	$Smc2_1$	$P3_212$
Т. пл., °С	894	1100	102	31,6	824	1152	842	—	856	857
Т. кип., °С	1820	1400	117	29,6*	1330	947*	—	800*	1248	—
Плотн., г/см <sup>3</sup>	4,11	3,78	—	3,21	2,88	3,03	4,36	4,25	5,20	4,92
$S_{\text{р}}^0$ , Дж/(моль·К)	59	79	—	—	71	92	—	96	—	—
$\Delta H_{\text{обр}}^0$ , кДж/моль	-775	-1159	-1466	-880	-396	-570	-298	-400	-157	-205
$\Delta H_{\text{пл}}^0$ , кДж/моль	19	42	19,3	25,9	37	—	—	—	—	—
$\Delta H_{\text{кон}}^0$ , кДж/моль	251	201	35,6	60,5**	198	288**	—	—	—	—
$S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)	86	94	209	—	116	125	134	150	154	—

\*Т. возг. \*\* $\Delta H_{\text{вод}}^0$

кристаллизуются кристаллогидраты: до 38 °С – темно-синий тетрагидрат, в интервале 38–51 °С – его темно-зеленая модификация, при 51–83 °С – бледно-голубой тригидрат, выше 83 °С – бледно-зеленый дигидрат, к-рый обезвоживается при 113 °С.  $\text{CrCl}_2$  мало раств. в этаноле, не раств. в эфире, с хлоридами щелочных металлов образует соед. типов  $\text{M}_3\text{CrCl}_5$ ,  $\text{M}_2\text{CrCl}_3$ ,  $\text{M}_2\text{CrCl}_4$ ; получают действием  $\text{HCl}$  на  $\text{Cr}$  или  $\text{H}_2$  на  $\text{CrCl}_3$  при 600–700 °С; используют для получения  $\text{Cr}$  высокой чистоты, как реагент в аналит. химии.

Трихлорид  $\text{CrCl}_3$  известен также в тригон. модификации; антиферромагнетик; начинает реагировать с  $\text{O}_2$  при 350 °С, с  $\text{H}_2$  – при 515 °С, восстанавливаясь до  $\text{CrCl}_2$ , а выше 700 °С – до  $\text{Cr}$ ; не раств. в воде, в присут. восстановителей ( $\text{CrCl}_2$ ) раств. хорошо, давая темно-зеленые р-ры. Из водных р-ров ниже 30 °С кристаллизуется декагидрат (темно-зеленый), выше 30 °С – гексагидрат, для к-рого известны 4 изомерные формы. При обезвоживании гексагидрата получают коричневатый тригидрат, фиолетовый дигидрат и красные  $\text{CrCl}_3 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CrCl}_3 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ . Полное обезвоживание сопровождается гидролизом. При сплавлении с хлоридами щелочных металлов  $\text{CrCl}_3$  образует хлорохроматы преим. типов  $\text{M}_3\text{CrCl}_6$  и  $\text{M}_3\text{Cr}_2\text{Cl}_6$ .

Получают  $\text{CrCl}_3$  хлорированием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , хромита или феррохрома в присут. восстановителей при 600–800 °С. Используют для хромирования стальных изделий, для получения  $\text{Cr}$ . Кристаллогидрат получают растворением  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  в соляной к-те или восстановлением р-ров  $\text{CrO}_3$  в соляной к-те формалином; применяют как протраву при крашении, компонент электролитов, для получения др. соед.  $\text{Cr}$ .

Тетрахлорид  $\text{CrCl}_4$  устойчив только в парах, м.б. сконденсирован при резком охлаждении, но разлагается уже при –80 °С.

Из оксохлоридов  $\text{Cr}$  наиб. важен хромилхлорид  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$  – вишнево-красная жидкость; т.пл. –96 °С; т.кип. 116 °С;  $\Delta H_{\text{сбп}}^0$  – 570,3 кДж/моль; дымит на воздухе, под действием света разлагается с выделением  $\text{Cl}_2$ ; сильный окислитель и хлорирующий агент; со мн. орг. в-вами реагирует со взрывом; бурно разлагается водой с образованием  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  и  $\text{HCl}$ ; раств. в  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CS}_2$ , бензоле, хорошо растворяет  $\text{Cl}_2$ ; горит в сухом  $\text{NH}_3$ ; получают взаимодей.  $\text{CrO}_3$  с конц. соляной к-той и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или действием  $\text{H}_2\text{SO}_4$  на смесь  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{NaCl}$ ; реагент в орг. синтезе, при получении комплексов  $\text{Cr}$ .

Дибромид  $\text{CrBr}_2$  быстро окисляется на воздухе, в отсутствие  $\text{O}_2$  дает голубые водные р-ры, образует гексагидрат; получают восстановлением  $\text{CrBr}_3$  водородом и др. Трибромид  $\text{CrBr}_3$  при нагр. окисляется, медленно раств. в горячей воде, быстро – в присут. восстановителей; известно неск. форм гексагидрата; получают взаимодей. паров  $\text{Br}_2$  с порошком  $\text{Cr}$ .

Диодид  $\text{CrI}_2$  хорошо раств. в воде в отсутствие  $\text{O}_2$  (голубые р-ры), образует гексагидрат; получают взаимодей.  $\text{Cr}$  с  $\text{I}_2$ ; пигмент для стекла. Триодид  $\text{CrI}_3$  при нагр. отщепляет  $\text{I}_2$ , с трудом раств. в воде, легко – в присут.  $\text{CrI}_2$ , из р-ров кристаллизуется темно-фиолетовый гексагидрат; получают из простых в-в. Иодиды  $\text{Cr}$  – промежут. продукты при иодидном рафинировании  $\text{Cr}$ .

П. И. Федоров.

**ХРОМА КАРБОНИЛЫ.** Гексакарбонил хрома (Х.г.)  $\text{Cr}(\text{CO})_6$  – бесцв. кристаллы с ромбич. решеткой ( $a = 1,1769$  нм,  $b = 1,1092$  нм,  $c = 0,6332$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа  $Pnma$ ). Молекула имеет октаэдрич. конфигурацию. Т.пл. 153 °С, т.возг. 147 °С, испарение начинается уже при 30 °С; плотн. 1,77 г/см<sup>3</sup>;  $C_p^0$  240 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{сбп}}^0$  –1077 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{возг}}^0$  73,3 кДж/моль;  $S_{298}^0$  314 Дж/(моль·К); ур-ние температурной зависимости давления пара:  $\lg p$  (мм рт. ст.) = 11,349 – 3575,9/T (315 – 427 К); диамагнитен. При 90 °С начинает разлагаться с выделением металлич.  $\text{Cr}$ , интенсивно разлагается при 230 °С.

Чистый  $\text{Cr}(\text{CO})_6$  устойчив на воздухе и к действию света. Не раств. в воде и метаноле, очень немного раств. в этаноле, бензоле, диэтиловом эфире, карбонилах  $\text{Ni}$  и  $\text{Fe}$ , раств. в  $\text{CCl}_4$  (~2%) и  $\text{CHCl}_3$ . Медленно реагирует с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , не

взаимод. с соляной к-той, разлагается хлором. С р-рами  $\text{Na}$  в жидком  $\text{NH}_3$  дает  $\text{Na}_2\text{Cr}(\text{CO})_5$ . В водных р-рах  $\text{KOH}$  образует  $\text{K}[\text{Cr}(\text{CO})_5\text{H}]$  и др., напр.  $\text{K}_2[\text{Cr}(\text{CO})_3(\text{OH})_3\text{Cr}(\text{CO})_3\text{H}]$ .

Известны многочисленные продукты замещения  $\text{CO}$  на орг. лиганды. Получены летучий, нестойкий карбонилгидрид  $\text{H}_2\text{Cr}(\text{CO})_5$ , сложные карбонилы, напр.  $\text{K}[\text{CrCo}(\text{CO})_9]$ ,  $\text{K}[\text{CrMn}(\text{CO})_{10}]$ .

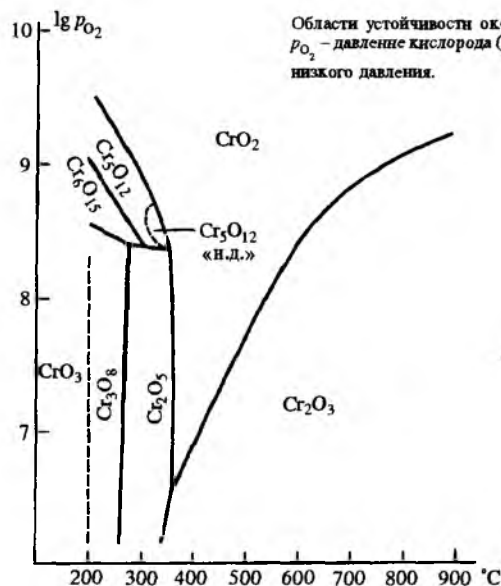
Получают гексакарбонил восстановлением  $\text{CrCl}_3$  под давлением  $\text{CO}$  при действии  $\text{Al}$  (в присут.  $\text{AlCl}_3$ ),  $\text{Mg}$  (в присут.  $\text{I}_2$ ) или  $\text{LiAlH}_4$  в диэтиловом эфире. Используют для получения хромовых покрытий на металлах, керамике, стекле, в произ-ве катализаторов, для синтеза хромоорг. производных, напр. бензолтрикарбонилхрома – компонента катализаторов. Гексакарбонил катализирует полимеризацию непредельных углеводородов.

См. также Карбонилы металлов.

П. И. Федоров.

**ХРОМА ОКСИДЫ.** В системе  $\text{Cr-O}$  (рис.) существуют оксиды  $\text{CrO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_5$  и др., св-ва Х.о. сопоставлены в табл. Низший оксид  $\text{CrO}$  метастабилен, его точка состава в системе  $\text{Cr-Cr}_2\text{O}_3$  попадает в область расслаивания расплава, к-рая простирается от 2 до 48 ат.%  $\text{O}$ . В этой системе обнаруживается также инконгруэнтно плавящийся оксид  $\text{Cr}_2\text{O}_4$ , существующий при т-рах выше ~1550 °С. Он имеет искаженную структуру шпинели.

Области устойчивости оксидов хрома:  $P_{\text{O}_2}$  – давление кислорода (Па); «н.д.» – низкого давления.



$\text{CrO}$  – красные кристаллы или черный пирофорный порошок; кристаллич.  $\text{CrO}$  устойчив на воздухе, не раств. в воде, но интенсивно окисляется выше ~100 °С. Реагирует с  $\text{HCl}$  с выделением водорода, с разб.  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  не взаимодействует. Получают  $\text{CrO}$  термич. разложением карбонила  $\text{Cr}(\text{CO})_6$ . Используют как адсорбент для очистки углеводородов от  $\text{O}_2$ .

Гидроксид  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  коричневого или желтого цвета осаждается из р-ров солей  $\text{Cr}(\text{II})$  щелочами в отсутствие кислорода; произведение р-рности  $2,0 \cdot 10^{-20}$ ; не раств. в р-рах щелочей и разб. к-тах, медленно раств. в конц. к-тах; на воздухе быстро окисляется.

Оксид  $\text{Cr}(\text{III})$  (сесквиоксид)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (минерал эсколаит) имеет структуру типа корунда ( $\alpha$ -форма). Его цвет меняется от светло-зеленого у тонкодисперсного материала до почти черного у больших кристаллов. При нагр. зеленый цвет обратимо переходит в коричневатый. Существуют аморфный  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , а также метастабильная кубич.  $\gamma$ -форма со структурой типа шпинели ( $a = 0,836$  нм) коричневого цвета. Описана также тетрагон. модификация ( $a = 0,9480$  нм,  $c = 0,5160$  нм), по-видимому, устойчивая выше 1000 °С.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  заметно летуч

## СВОЙСТВА ОКСИДОВ ХРОМА

Показатель	CrO	Cr <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CrO <sub>2</sub>	Cr <sub>5</sub> O <sub>12</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>6</sub> O <sub>15</sub>	Cr <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	CrO <sub>3</sub>
Цвет	Красный	Оранжевый	Зеленый	Черный	Черный	Черный	Черный	Коричневый	Красный
Сингония	Кубич.	Тетрагон.	Тригон.	Тетрагон.	Ромбич.	Моноклиная	Ромбич.	Ромбич.	Ромбич.
Параметры ячейки:									
a, нм	0,412	0,62026	0,49576	0,4422	1,2044	1,201	0,847	1,201	0,8525
b, нм	—	—	—	—	0,8212	0,852	1,290	2,660	0,4755
c, нм	—	0,85386	1,35874	0,2918	0,8177	0,929	1,008	0,782	0,4743
β, град	—	—	—	—	—	92,0	—	—	—
z	4	8	6	2	4	—	4	—	—
Пространств. группа	<i>Fm3m</i>	—	<i>R3c</i>	<i>P4<sub>2</sub>/mcc</i>	<i>Pbcn</i>	—	<i>Стст</i>	—	<i>C2ct</i>
T. пл., °C	1550	1705*	2334**	—	—	—	—	—	—
Плотн., г/см <sup>3</sup>	—	—	5,21	4,95	3,68	—	3,34	—	2,82
S <sub>p</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)	—	—	119	—	—	—	—	—	58
ΔH <sub>обр</sub> <sup>0</sup> , кДж/моль	-335	-1447	-1141	-588,3	-2890	-1200	—	-1791	-590
S <sub>298</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)	61	150,5	81	48,1	281	116	—	183	73,2

\*Инконгруэнтно. \*\*Т. кип. 3000 °C.

выше ~1200 °C; испаряется конгруэнтно, с диссоциацией в парах; ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (мм рт. ст.) = 10,62 - 25300/T (1504 - 1821 K); парамагнетик, при 32 K (точка Нейля) переходит в антиферромагн. состояние, ΔH перехода 0,80 кДж/моль; полупроводник, ширина запрещенной зоны ~ 3,4 эВ; твердость по шкале Мооса 9.

Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> химически малоактивен. Не раств. в воде и орг. р-рителях, не взаимодей. с р-рами щелочей, раств. в сильных к-тах лишь при длительном нагревании, окисляется и переходит в р-р при действии горячих р-ров персульфатов или хлоратов, а также 70%-ной HClO<sub>4</sub>. Окисляется расплавами KNO<sub>3</sub> и KClO<sub>3</sub>, взаимодей. с расплавами щелочей на воздухе. При спекании с оксидами или карбонатами металлов образует хромиты (см. Хроматы). Взаимод. с хлором в присут. углерода при 650-850 °C. Выше ~1500 °C восстанавливается до металла действием H<sub>2</sub>, C, CO, Si, Al, Ca, Mg и т. п.

Получают Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> термич. разложением гидроксида или гидратированного хромхромата (см. ниже), CrO<sub>3</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, прокаливанием дихроматов Na или K с углем с послед. выщелачиванием, сжиганием Cr в O<sub>2</sub>. Оксид высокой частоты рекомендовано получать окислением хроморг. соед., напр. этилбензолхрома. Используют Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> для получения металлич. хрома и его карбидов, как пигмент, катализатор орг. синтеза (окисление, крекинг, гидрирование и дегидрирование), как полировальный материал, компонент огнеупоров, ферритов.

Известен ряд гидроксидов Cr(III). При действии на водные р-ры солей Cr(III) щелочи или аммиака образуется гелеобразный осадок Cr(OH)<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O. Р-римость гидроксида в воде 1·10<sup>-7</sup>% по массе при 25 °C. Окраска его (голубая, зеленая, зеленовато-черная или фиолетовая), а также хим. активность зависят от условий осаждения. Гидроксид легко раств. в минеральных к-тах и р-рах щелочей. По мере старения осадков их реакционная способность падает. При высушивании осадков образуется гидрат Cr(OH)<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O, к-рый м. б. получен в кристаллич. виде; структура гексагон. (a = 1,230 нм, c = 0,970 нм, z = 8; по др. данным, a = 0,531 нм, c = 0,487 нм); плотн. 1,64 г/см<sup>3</sup>. Малоустойчив, при хранении, а также при нагрев. до ~70 °C переходит в аморфный гидрат Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O, устойчивый до ~85 °C. При дальнейшем обезвоживании получают аморфный гидроксид Cr(OH)<sub>3</sub>. Кристаллизуется он в структуре типа байерита Al(OH)<sub>3</sub>, решетка гексагон. (a = 0,5288 нм, c = 0,4871 нм, z = 2); плотн. 2,90 г/см<sup>3</sup>; обезвоживается ок. 150 °C. Применяют гидроксид для получения солей Cr(III), катализаторов, ферритов.

Известен также гидрат - изумрудная зелень, или зелень Гийе, состава Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O, где n изменяется от 1,5 до 2; не раств. в минеральных к-тах, р-рах щелочей, легко раств. в р-рах CrO<sub>3</sub>. Устойчив на воздухе. При нагрев. до ~200 °C теряет большую часть воды (остается 0,5 H<sub>2</sub>O), но при выдержке на воздухе снова ее поглощает. Полностью обезвоживается ок.

600 °C. Получают прокаливанием смеси K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> с H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub> при 500-600 °C с послед. выщелачиванием, нагреванием гидроксида Cr в автоклаве с добавкой борной или кремниевой к-ты или восстановлением Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> орг. в-вами (напр., мелассой) в автоклаве. Применяют как пигмент.

Оксигидроксид CrOOH (или Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O) известен в виде неск. модификаций. α-Модификация (минерал гримальдит) образует кристаллы голубовато-серого, голубовато-зеленого или коричнево-красного цвета; имеет ромбоэдрич. структуру (a = 0,2960 нм, c = 1,329 нм, z = 3, пространств. группа *R3m*); плотн. 4,12 г/см<sup>3</sup>. β-Модификация зеленого цвета (минерал гвианит) имеет ромбич. решетку (a = 0,4861 нм, b = 0,4292 нм, c = 0,2960 нм, z = 2, пространств. группа *Pnmm*); плотн. 4,57 г/см<sup>3</sup>. Третья модификация (минерал бресуаллит) красно-коричневого цвета имеет ромбич. структуру типа диаспора (a = 0,449 нм, b = 0,986 нм, c = 0,297 нм, z = 4, пространств. группа *Pbmm*). Описана изумрудно-зеленая β-модификация, тоже ромбическая, со структурой типа бемита (пространств. группа *Стст*). Есть указания на существование еще одной, кубической, модификации серо-фиолетового цвета.

Оксигидроксид устойчив на воздухе, практически не реагирует с минеральными к-тами и р-рами щелочей. Поведение при нагрев. различается у разных модификаций. Обезвоживание α-формы происходит при 370-440 °C, β-модификации - при 480-550 °C, γ-модификации - при 520-570 °C. Образуется CrOOH при неполном обезвоживании гидроксида Cr(III). Промежут. продукт при получении Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Диоксид CrO<sub>2</sub> кристаллизуется в структуре типа рутила; по нек-рым данным, имеет область однородности (отношение O:Cr от 1,901 до 2,013); ферромагнетик, обладает металлич. проводимостью; при 110 °C переходит в парамагн. состояние (без изменения структуры). При ~510 °C разлагается до Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. На воздухе устойчив, при длительном кипячении в воде диспропорционирует на CrOOH и H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>. При действии соляной к-ты окисляет ее с выделением Cl<sub>2</sub>. Получают CrO<sub>2</sub> разложением CrO<sub>3</sub> или Cr<sub>5</sub>O<sub>12</sub> либо Cr<sub>2</sub>O<sub>8</sub> в гидротермальных условиях; рабочее в-во носителей магн. записи.

Известна аморфная парамагн. форма CrO<sub>2</sub> коричневого или черного цвета. Она содержит следы воды и обычно немного меньше кислорода; ее ф-лу иногда пишут Cr<sub>2</sub>O<sub>9</sub>·aq. При полном обезвоживании разлагается. Как гидрат диоксида можно рассматривать гидроксохромат [Cr(OH)<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>], к-рый выпадает из р-ров, содержащих Cr(III) и Cr(VI) при pH 3-4; коричнево-рентгеноаморфное в-во, содержащее дополнительно 5-5,5 молекул воды; полупродукт при получении нек-рых соединений Cr.

Описаны гидроксохроматы Cr(III) - это Cr(OH)<sub>2</sub>(HCrO<sub>4</sub>)·4H<sub>2</sub>O (при стоянии с маточным р-ром он превращается в CrO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O) и Cr<sub>5</sub>(OH)<sub>9</sub>(CrO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O. Все они аморфные, легко раств. в разб. минеральных к-тах и р-рах

щелочей, при нагревании обезвоживаются и при  $\sim 250^\circ\text{C}$  разлагаются. Гидроксохроматы хрома(III) общей формулы  $x\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot y\text{CrO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  часто наз. хромихроматами.

Указывалось на существование оксидов  $\text{Cr}_4\text{O}_7$  и  $\text{Cr}_6\text{O}_{11}$ .

Оксид  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  — хромат(VI) хрома(III). По-видимому, это фаза переменного состава, чья область однородности лежит в интервале составов  $\text{CrO}_{2,4} - \text{CrO}_{2,48}$  (по др. данным, от  $\text{CrO}_{2,385}$  до  $\text{CrO}_{2,430}$ ). Мелкие черные иголки. Не раств. в воде, раств. в разб. минеральных к-тах; оксид, полученный при высоких давлениях, разлагается конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при кипячении. Приведенные в табл. структурные параметры относятся к неферромагн. модификации высокого давления. Структура ферромагн. (плотн.  $3,29 \text{ г/см}^3$ ) модификации низкого давления не изучена.

Оксид  $\text{Cr}_2\text{O}_5$  также содержит хром в двух степенях окисления, его структурная ф-ла  $\text{Cr}_2(\text{CrO}_4)_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)$ . Описаны две его модификации — моноклинная антиферромагнитная с т-рой Нееля ниже  $80 \text{ K}$  и существующая при высоких давлениях ромбическая, для к-рой предложена ф-ла  $\text{Cr}_6\text{O}_{15}$ . Это черные пластинчатые кристаллы. Не реагирует с водой и разб. к-тами, раств. в конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при комнатной т-ре. Получается при термич. разложении  $\text{CrO}_3$  или  $\text{Cr}_3\text{O}_8$  в атмосфере  $\text{O}_2$  ( $270\text{--}300^\circ\text{C}$ ).

Как гидрат  $\text{Cr}_2\text{O}_5$  можно рассматривать гидроксид-хромат  $\text{Cr}(\text{OH})\text{CrO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , осаждающийся из водных р-ров. Это коричневого аморфное в-во, раств. в разб. к-тах и щелочах; при  $100\text{--}160^\circ\text{C}$  обезвоживается, при  $250\text{--}350^\circ\text{C}$  разлагается.

Оксид  $\text{Cr}_3\text{O}_8$  [или  $\text{Cr}_2(\text{Cr}_2\text{O}_7)_2(\text{Cr}_3\text{O}_{10})$ ] — очень мелкие темно-коричневые кристаллы; антиферромагнетик, т-ра Нееля  $\sim 80 \text{ K}$ ; быстро разлагается водой; получают разложением  $\text{CrO}_3$  на воздухе ( $270\text{--}300^\circ\text{C}$ ), в атмосфере  $\text{O}_2$  ( $240^\circ\text{C}$ ) или гидротермальным его разложением ( $270^\circ\text{C}$ ). Оксид  $\text{Cr}_2\text{O}_5$  и  $\text{Cr}_3\text{O}_8$  рекомендованы как материалы катодов литиевых источников тока.

Декахромат хрома  $\text{Cr}_2(\text{Cr}_{10}\text{O}_{31})_3$ , или  $\text{CrO}_{2,906}$ , является первичным продуктом термич. разложения  $\text{CrO}_3$ . Черный аморфный порошок с плотн.  $2,88 \text{ г/см}^3$ ; разлагается, начиная с  $240^\circ\text{C}$ , с образованием  $\text{CrO}_3$  и  $\text{Cr}_3\text{O}_8$ .

Триоксид хрома (хромовый ангидрид)  $\text{CrO}_3$  — красные или фиолетово-красные кристаллы; при давлении  $11,5 \text{ ГПа}$  и т-ре  $23^\circ\text{C}$  переходит в др. модификацию; т. пл.  $180\text{--}202^\circ\text{C}$  (в зависимости от степени разложения); заметно испаряется с диссоциацией в пар, у-рние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $20,14 - 10300/T$  ( $448 - 468 \text{ K}$ ); полупроводник. Малоустойчив, начинает разлагаться уже при комнатной т-ре. При медленном нагревании при  $210\text{--}270^\circ\text{C}$  образуется  $\text{Cr}_3\text{O}_8$ , при  $270\text{--}300^\circ\text{C} - \text{Cr}_2\text{O}_5$ , при  $360\text{--}540^\circ\text{C} - \text{Cr}_2\text{O}_3$ . Очень сильный окислитель. Гигроскопичен, расплывается на воздухе. Хорошо раств. в воде с образованием хромовых к-т, существующих только в водных р-рах; р-римость  $62,49\%$  по массе при  $20^\circ\text{C}$ ,  $65,79\%$  при  $80^\circ\text{C}$ . Ниже  $-102^\circ\text{C}$  кристаллизуется гидрат  $\text{CrO}_3 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ .

Между хромовой  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  и дихромовой  $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  к-тами в р-ре устанавливается равновесие, при разбавлении р-ра оно сдвигается в сторону образования хромовой к-ты. Обе эти к-ты сильные, они полностью диссоциированы по первой ступени, но по второй ступени, напротив, диссоциируют в незначит. степени. В конц. сильноокислых р-рах  $\text{CrO}_3$  образуются также ионы трихромовой  $\text{Cr}_3\text{O}_{10}^{2-}$  и тетрахромовой  $\text{Cr}_4\text{O}_{13}^{2-}$  к-т.

При действии на р-ры  $\text{CrO}_3$  серы, В, С и нек-рых металлов ( $\text{Mg}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mo}$  и др.) при нагревании происходит полимеризация с получением хромовых полимеров — от вязкотекучих до смолоподобных и стекловидных. Полимеры рентгеноаморфны, мол. м.  $10^3\text{--}10^4$ . Ионы металлов входят в состав полимера, тогда как неметаллы большей частью оказывают только каталитич. действие. Смолы обратимо раств. в воде. Полимеры, помимо  $\text{Cr(VI)}$ , содержат также  $\text{Cr(III)}$ ,  $\text{Cr(IV)}$  и  $\text{Cr(V)}$ .

Триоксид  $\text{Cr}$  и хромовые к-ты вызывают тяжелые ожоги кожи, дерматит, язвы. Могут вызывать желтуху, бронхиталь-

ную астму, язву желудка, поражения почек. ПДК Х. о. в атм. воздухе  $0,01 \text{ мг/м}^3$ .

Известны соед. с содержанием кислорода больше, чем в  $\text{CrO}_3$ ; пероксиды, представителями к-рых являются синие перхромат  $\text{Cr}_2(\text{CF}_2\text{O}_{10})_3$  и гидропероксид  $\text{CrO}(\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

П. И. Федоров.

**ХРОМА СПЛАВЫ**, относятся к числу тугоплавких, жаропрочных и жаростойких сплавов. Осн. легирующие элементы —  $\text{Mo}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Y}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Ta}$ . Имеют т-ру плавления от  $1350$  до  $1900^\circ\text{C}$ , сравнительно невысокую плотн. ( $7,2\text{--}8 \text{ г/см}^3$ ), высокую кратковременную и длительную (в течение  $100 \text{ ч}$ ) прочность при  $1000\text{--}1100^\circ\text{C}$ , соотв.  $240\text{--}250$  и  $100\text{--}120 \text{ МПа}$ . В отличие от сплавов на основе др. тугоплавких металлов ( $\text{Nb}$ ,  $\text{Ta}$ ,  $\text{Mo}$  и  $\text{W}$ ) практически не окисляются на воздухе и в продуктах сгорания топлива, содержащего серу, до  $1200\text{--}1350^\circ\text{C}$ . По коррозионной стойкости во мн. средах превосходят сплавы  $\text{Ni}$ , достаточно стойки в разбавл. и конц. к-тах и щелочах. Отдельные Х. с. стойки в расплавах стекла.

Основа всех Х. с. — твердый р-р легирующих элементов в  $\text{Cr}$  с объемноцентрированной кристаллич. решеткой. Примеси, образующие твердые р-ры внедрения ( $\text{C}$ ,  $\text{N}$  и  $\text{O}$ ) и не превышающие  $0,02\text{--}0,04\%$  по массе, ухудшают технол. св-ва (обрабатываемость давлением) Х. с., повышают т-ру перехода из пластичного состояния в хрупкое. Т-ра перехода из пластичного в хрупкое состояние для наиб. пластичных Х. с. составляет  $130\text{--}350^\circ\text{C}$ ; при загрязнении  $\text{O}_2$  (особенно  $\text{N}_2$ ) она повышается до  $500\text{--}550^\circ\text{C}$ .

По способу получения различают деформируемые, литейные и спеченные Х. с. К деформируемым относят нелегированный  $\text{Cr}$  (может содержать до  $1\%$  по массе  $\text{Y}$ ), низколегированные (до  $1\text{--}1,5\%$   $\text{Ti}$ ,  $\text{V}$  и  $\text{Y}$ ) и высоколегированные (до  $32\%$   $\text{Ni}$ ,  $1,5\text{--}2\%$   $\text{W}$ ,  $\text{Ti}$  и  $\text{V}$ ) Х. с. Литейные Х. с. содержат  $10\text{--}15\%$   $\text{Mo}$ ,  $3\%$   $\text{W}$ ,  $2\text{--}10\%$   $\text{Nb}$  или  $\text{Ta}$ , до  $0,1\%$   $\text{V}$  и др.; спеченные — до  $3\text{--}6\%$   $\text{MgO}$  или  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $0,5\%$   $\text{Ti}$  и др.

Деформируемые и литейные Х. с. выплавляют в вакуумных индукционных и электродуговых печах с использованием огнеупоров на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{BeO}$  и  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ; спеченные Х. с. получают методом порошковой металлургии (прессованием смесей порошков исходных компонентов под давлением  $300\text{--}400 \text{ МПа}$  и спеканием при  $1450\text{--}1500^\circ\text{C}$  в атмосфере  $\text{H}_2$ ). Деформированные полуфабрикаты (прутки, трубы, листы, поковки, штамповки и др.) и изделия из Х. с. получают методами горячей деформации и прецизионного литья. Изделия из Х. с. обычно подвергают высоко- или низкотемпературному отжигу в атмосфере  $\text{H}_2$  или инертных газов ( $\text{Ar}$ ,  $\text{He}$ ). Для защиты от действия  $\text{O}_2$  и  $\text{N}_2$  на пов-сть изделий из Х. с. наносят разл. покрытия (напр.,  $\text{Ni}$ , эмали и др.).

Недостаток многих Х. с., препятствующий их широкому использованию, — низкая пластичность.

Х. с. используют для изготовления конструкц. материалов и деталей, длительно работающих в окислит. средах при т-рах  $1000\text{--}1300^\circ\text{C}$  или кратковременно при  $1500\text{--}1600^\circ\text{C}$  (чехлы термопар, крепежные детали, внутр. каналы установок для нефтеперерабатывающей пром-сти, а также детали двигателей, котлов и нагреват. печей, работающие в продуктах сгорания топлива, содержащего серу); спеченные Х. с. — также для изготовления деталей МГД-генераторов, жаростойких поддонов и др. термич. оборудования, коклей для литья.

Лит.: Материалы в машиностроении. Выбор и применение. Справочник, т. 3. Специальные стали и сплавы, М., 1968; Энциклопедия неорганических материалов, т. 2, К., 1977.

А. М. Захаров.

**ХРОМА СУЛЬФАТЫ**. Сульфат хрома(III)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  — красноато-коричневые кристаллы тригон. сингонии ( $a = 0,812 \text{ нм}$ ,  $c = 2,186 \text{ нм}$ ); плотн.  $3,012 \text{ г/см}^3$ ;  $C_p^0$   $281 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$ ;  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $-3308 \text{ кДж/моль}$ ;  $S_{298}^0$   $288 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$ ; выше  $350^\circ\text{C}$  разлагается до  $\text{Cr}_2\text{O}(\text{SO}_4)_2$ , выше  $640^\circ\text{C}$  — до  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Не раств. в холодной воде и разб. к-тах, плохо раств. в этаноле.

Кристаллогидрат  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  — сине-фиолетовые кристаллы; т. пл.  $\sim 80^\circ\text{C}$ ; плотн.  $1,70 \text{ г/см}^3$ ;  $C_p^0$   $934 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$ ;  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $-8317 \text{ кДж/моль}$ ;  $S_{298}^0$   $1035 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$ ; р-римость в воде (в пересчете на безводную соль)  $45,4\%$  по массе при

20 °С, раств. в этаноле; при плавлении превращается в зеленый декагидрат, при 100 °С переходит в пентагидрат, при 440 °С – в безводную соль. Описаны также фиолетовые гидраты с 17, 16, 15 и 14 молекулами воды. При нагр. фиолетовых водных р-ров до 70–80 °С они становятся зелеными, после чего из них м. б. выделены зеленые гидраты, в к-рых часть анионов  $\text{SO}_4^{2-}$  находится во внутр. сфере комплекса (см. Хром).

Известны зеленые кристаллогидраты с 15 молекулами воды (плотн. 1,867 г/см<sup>3</sup>), с 8, 6, 5 и 3 (плотн. 2,429 г/см<sup>3</sup>) молекулами воды и др. Стеклообразные или аморфные гидраты хорошо раств. в воде, не раств. в этаноле.

Сульфат Cr(III) с сульфатами щелочных металлов образует *квасцы*. Из конц. сернокислых р-ров выделены кислые сульфаты  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$  (фиолетовый и зеленый) и др., к-рые иногда рассматривают как хромсерные к-ты. Они хорошо раств. в воде.

Получают  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  взаимодей. гидроксида Cr(III) или феррохрома с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , зеленый сульфат – восстановлением  $\text{CrO}_3$  в сернокислом р-ре. Используют как протраву при крашении, дубитель в кожевенной пром-сти, как пигмент для лаков и красок, керамики, зеленых чернил.

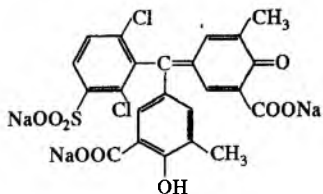
В техн. лит. под названием X. с. часто фигурирует смесь  $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$  с  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  или  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (может содержать др. гидроксосульфаты) – аморфный зеленый порошок, растворимый в воде. Получают восстановлением сернокислых р-ров  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  или  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  орг. в-вами (напр., формалином, меллассой, древесными опилками) или  $\text{SO}_2$  при нагр. с послед. выпариванием и высушиванием. Дубитель в кожевенной пром-сти.

Сульфат хрома(II)  $\text{CrSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – синие кристаллы триклинной сингонии ( $a = 0,724$ ,  $b = 1,094$ ,  $c = 601$  нм,  $\alpha = 125,32^\circ$ ,  $\beta = 97,63^\circ$ ,  $\gamma = 94,32^\circ$ ); в сухом состоянии устойчив на воздухе; раств. в воде (17,3% по массе при 0 °С), р-ры очень легко окисляются  $\text{O}_2$  воздуха; обезвоживается при 30–265 °С с последоват. образованием тетра-, ди- и моногидрата, безводный разлагается при ~500 °С до  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . С сульфатами щелочных металлов образует двойные соли типа шенита  $\text{M}_2\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Получают растворением Cr в  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или восстановлением р-ров  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  электролитически или цинком. Используются (р-ры) в аналит. химии, как восстановитель в орг. синтезе, как поглотитель  $\text{O}_2$  из газов.

П. И. Федоров.

**ХРОМА ХЛОРИДЫ**, см. *Хрома галогениды*.

**ХРОМАЗУРЦИ** S, мол. м. 604,51, темно-красные кристаллы, хорошо раств. в воде. Кислотно-основный индикатор. Используются также для фотометрич. определения Al, Be, Pd, Sc, Zr, Cu, в составе тройных комплексов с ПАВ. Окрашенные р-ры Al с X. стабильны даже при высоких концентрациях элемента. Взаимод. с Al сопровождается резким переходом желтой окраски р-ра ( $\lambda_{\text{макс}}$  430 нм) в фиолетово-синюю ( $\lambda_{\text{макс}}$  545 нм) при pH 5,3–6,1, предел обнаружения 0,006 мкг/мл.



Лит.: Тихонов В. Н., Аналитическая химия алюминия, М., 1971; Саввин С. Б., Чернова Р. К., Штыков С. Н., Поверхностно-активные вещества, М., 1991. А. В. Михайлова.

**ХРОМАТИН**, нуклеопротеид клеточного ядра, составляющий основу *хромосом*. В состав X. входят: ДНК (30–40% по массе), гистоны (30–50%), негистоновые белки (4–33%) и РНК. Кол-во негистоновых белков, РНК, а также размеры молекул ДНК колеблются в широких пределах в зависимости от метода выделения X. и природы объекта. Взаимод. между гистонами и ДНК гл. обр. ионное.

В зависимости от степени конденсации (плотности упаковки) и коррелирующей с ней активности X. в интерфазе (часть клеточного цикла между двумя последоват. делениями) различают гетерохроматин и эухроматин. Гетерохроматин бывает конститутивный (структурный) и факультативный. Если для факультативного гетерохроматина конденсированное (плотно упакованное) состояние – явление временное, наступающее как следствие инактивации X., напр., в ходе развития или дифференцировки, то конститутивный гетерохроматин конденсирован всегда. Ф-ции его неясны.

Эухроматин отличается от гетерохроматина менее плотной упаковкой хромосомного материала, большим кол-вом негистоновых белков и др. Может инактивироваться и приобретать св-ва факультативного гетерохроматина.

Структуру X. формирует элементарная фибрилла диаметром 10 нм. Для нее известны 4 уровня укладки в более сложные структуры. Важнейший этап в структурных исследованиях X. – открытие в 1973 осн. структурной единицы X. – нуклеосомы. Она состоит из универсальной «кор»-частицы, образованной ДНК (146 нуклеотидных пар), октамером из 4 гистонов (H2A, H2B, H3 и H4 – по две молекулы каждого) и линкерной ДНК переменной длины (0–80 нуклеотидных пар), связанной с гистонами H1. Последовательность расположения гистонов вдоль молекулы ДНК имеет вид – H3 – H2A – H2B – (H4, H3)<sub>2</sub> – H2B – H2A – H3. Согласно пространств. модели А. Клута «кор»-частица выглядит как плоский диск диаметром 11 нм, толщиной 5,7 нм, с осью симметрии 2-го порядка, на внеш. пов-сть к-рого намота двойная спираль ДНК в В-форме, образующая 1,75 витка левой суперспирали.

Для фибриллы диаметром 10 нм предложена модель «бусы на нитке» со специфич. по отношению к нуклеотидной последовательности ДНК расположением нуклеосом (т. наз. фазированием). Следующий уровень организации представлен толстой фибриллой диаметром 30 нм. Ее описывают две альтернативные модели: регулярная спираль – соленоид, на один виток к-рой приходится от 3 до 7–8 нуклеосом и менее признанная глобулярная, где каждые 6–12 нуклеосом образуют глобулу. Важную роль в наднуклеосомной организации X. играет гистон H1. Детали устройства т. наз. петельной или доменной структуры X. и собственно хромосомы в метафазе (одна из стадий деления клетки) неизвестны. Интересна гипотеза о соответствии одного домена одному или, в крайнем случае, неск. генам.

В ходе *экспрессии генов* структура X. претерпевает глубокие изменения, однако судьба нуклеосом при *транскрипции* остается непонятой. Для активного X. характерны: модификация гистонов, повышенное содержание негистоновых белков, наличие деметилированной ДНК, угловое напряжение в ДНК, наличие свободных от нуклеосом зон (участков свободной ДНК) и т. д. Выяснение связи между структурой и ф-цией X. – фундам. задача мол. биологии.

Термин «X.» ввел В. Флемминг в 1880.

Лит.: Ченинов Ю. С., Общая цитология, М., 1978; Георгиев Г. П., Гены высших организмов и их экспрессия, М., 1989. Г. Я. Коломийцева.

**ХРОМАТОГРАФИЯ**, метод разделения, анализа и физ.-хим. исследования в-в. Обычно основана на распределении исследуемого в-ва между двумя фазами – неподвижной и подвижной (элюент).

Неподвижная фаза гл. обр. представляет собой сорбент с развитой пов-стью, а подвижная – поток газа (пара, флюида – в-во в сверхкритич. состоянии) или жидкости. Поток подвижной фазы фильтруется через слой сорбента или перемещается вдоль слоя сорбента.

**Основные виды хроматографии.** В зависимости от агрегатного состояния подвижной фазы различают газовую, флюидную (или сверхкритич. X. с флюидом в качестве элюента; см. *Капиллярная хроматография*) и жидкостную X. В качестве неподвижной фазы используют твердые (или твердообразные) тела и жидкости. В соответствии с агрегатным состоянием подвижной и неподвижной фаз различают следующие виды X.: 1) газо-твердофазную X., или *газоадсорбционную хроматографию*; 2) газо-жидкостную *хроматографию* (газо-жид-

ко-твердофазную); 3) жидко-твердофазную X.; 4) жидко-жидкофазную X.; 5) флюидно-твердофазную X.; 6) флюидно-жидко-твердофазную X.

Строго говоря, газо-жидкостная X. пока не реализована, на практике используют только газо-жидко-твердо-фазную X. (см. Газовая хроматография). Жидко-жидкофазная X. реализована, однако преим. используют жидко-жидко-твердо-фазную X. (неподвижной фазой служит твердый носитель с нанесенной на его пов-сть жидкостью; см. Жидкостная хроматография).

По механизму разделения в-в различают адсорбционную, распределительную, ионообменную, эксклюзионную, аффинную (биоспецифическую), осадочную X. На практике часто реализуется одновременно неск. механизмов разделения (напр., адсорбционно-распределительный, адсорбционно-эксклюзионный и т. д.).

По геометрии сорбционного слоя неподвижной фазы различают колоночную и плоскостойную X. К плоскостойной относятся тонкослойная хроматография и бумажная хроматография. В колоночной X. обычно выделяют капиллярную X., в к-рой сорбент расположен на внутр. стенках колонки, а центр. часть колонки остается незаполненной сорбентом, т.е. открытой для потока элюента (X. на открытых капиллярных колонках).

В зависимости от способа ввода пробы и способа перемещения хроматографич. зон по слою сорбента различают след. варианты X.: проявительный (или элюентный), фронтальный и вытеснительный. В наиб. часто используемом проявительном варианте анализируемую смесь периодически импульсно вводят в поток подвижной фазы; в колонке анализируемая смесь разделяется на отдельные компоненты, между к-рыми находятся зоны подвижной фазы.

Во фронтальном варианте X. пробу, содержащую разделяемые в-ва, непрерывно подают в колонку. Можно также подавать в колонку одновременно пробу и подвижную фазу. Во фронтальной X. только первый, наименее сорбируемый компонент можно получить в чистом виде на выходе из колонки, вторая и последующая зоны содержат по два и более компонентов разделяемой смеси.

В вытеснительном варианте X. в колонку после подачи разделяемой смеси вводят спец. в-во (т. наз. вытеснитель), к-рое сорбируется лучше любого из разделяемых компонентов. В вытеснительной X. образуются примыкающие друг к другу зоны разделяемых в-в. Во фронтальном и вытеснительном вариантах X. необходима регенерация колонки перед след. опытом.

**Основы хроматографич. процесса.** Для проведения хроматографич. разделения в-в или определения их физ.-хим. характеристик обычно используют спец. приборы – хроматографы. Осн. узлы хроматографа – хроматографич. колонка, детектор, а также устройство для ввода пробы. Колонка, содержащая сорбент, выполняет ф-цию разделения анализируемой смеси на составные компоненты, а детектор – ф-цию их количеств. определения. Детектор, расположенный на выходе из колонки, автоматически непрерывно определяет концентрацию разделяемых соед. в потоке подвижной фазы (см. Детекторы хроматографические).

После ввода анализируемой смеси с потоком подвижной фазы в колонку зоны всех в-в расположены в начале хроматографич. колонки (рис. 1). Под действием потока подвижной фазы компоненты смеси начинают перемещаться вдоль колонки с разл. скоростями, величины к-рых обратно пропорциональны коэффициентам распределения  $K$  (или константам распределения) хроматографируемых компонентов. Хорошо сорбируемые в-ва, значения констант распределения для к-рых велики, передвигаются вдоль слоя сорбента по колонке медленнее, чем плохо сорбируемые. Поэтому быстрее всех из колонки выходит компонент А, затем компонент Б и последним покидает колонку компонент В ( $K_A < K_B < K_V$ ). Сигнал детектора, величина к-рого пропорциональна концентрации определяемого в-ва в потоке элюента, автоматически непрерывно записывается и регистрируется (напр., на диаграммной ленте). Полученная хроматограм-

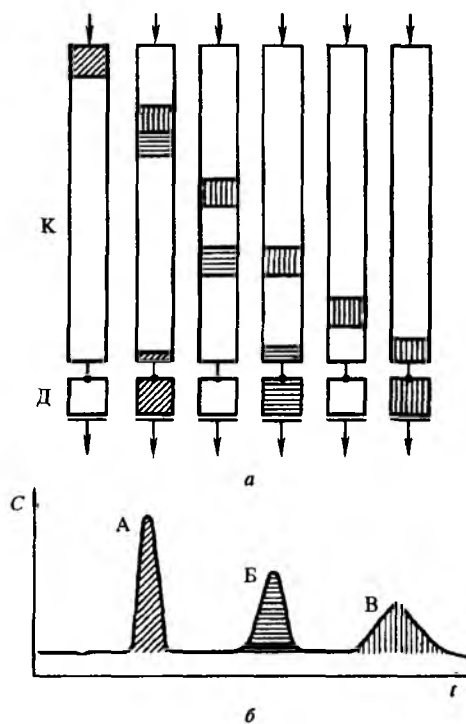


Рис. 1. Разделение смеси из трех компонентов (А, Б и В) на хроматографической колонке К с детектором Д: а – положение хроматографических зон разделяемых компонентов в колонке через определенные интервалы времени; б – хроматограмма (С – сигнал, t – время).

ма отражает расположение хроматографич. зон на слое сорбента или в потоке подвижной фазы во времени.

При плоскостойном хроматографич. разделении лист бумаги или пластину со слоем сорбента с нанесенными пробами исследуемого в-ва помещают в хроматографич. камеру. После разделения компоненты определяют любым подходящим методом.

**Основные величины удерживания и качественный анализ.** Хроматограмма – первичный результат хроматографич. разделения. Используя хроматограмму, можно определять осн. характеристики хроматографич. процесса: параметры удерживания, размывания и разделения хроматографируемых соединений. Осн. характеристика в-ва при колоночной X. (если т-ра колонки, состав подвижной фазы и ее скорость постоянны) – объем удерживания (или время удерживания в случае жидкостной X.), к-рый для  $i$ -го компонента зависит от его константы распределения  $K_p$ .

Если неподвижная фаза – твердое тело, на пов-сть к-рого нанесена в форме тонкого слоя неподвижная жидкая фаза (НЖФ), удерживание определяется как адсорбцией разделяемых соед. слоем НЖФ, так и их адсорбцией пов-стями раздела: подвижная фаза – НЖФ и НЖФ – твердое тело. Для качеств. характеристики хроматографируемых соед. преим. применяют относит. величины удерживания, поскольку эти величины в меньшей мере, чем абс. величины, зависят от условий эксперимента.

Для характеристики относит. времени удерживания в X. используют системы с двумя стандартами, в качестве к-рых в наиб. распространенной системе индексов удерживания Ковача  $I_i$  применяют соед. одного гомологич. ряда. Эти стандарты выбирают таким образом, чтобы определяемое соед. выходило из колонки позже стандарта (напр., алкана), молекула к-рого содержит  $z$  атомов углерода, и раньше стандарта, молекула к-рого содержит  $z + 1$  атомов углерода.  $I_i$  определяют по ф-ле (рис. 2):



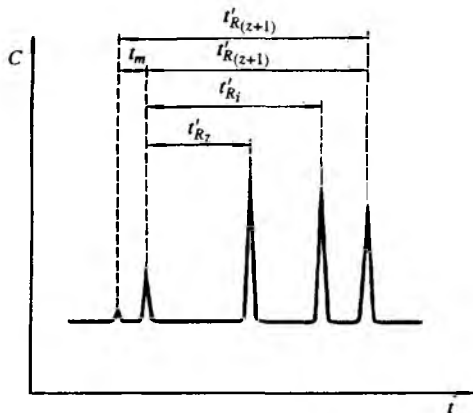


Рис. 2. Определение индекса удерживания  $I_i$  с использованием  $n$ -алканов с числом атомов  $z$  и  $z+1$ ; пояснения в тексте.

$$I_i = 100z + 100 \frac{\lg(t'_R(z+1)/t'_R_z)}{\lg(t'_R(z+1)/t'_R_i)}$$

где  $t'_{R(z+1)}$  – время удерживания алкана  $C_{z+1}$ ;  $t'_R_i$ ,  $t'_{R(z+1)}$ ,  $t'_R_z$  – исправленные времена удерживания соотв. для алканов  $C_z$  и  $C_{z+1}$  и  $i$ -го компонента;  $t_m$  – время удерживания несорбирующегося компонента.

Идентификацию пиков неизвестных компонентов анализируемой смеси проводят путем сопоставления (сравнения) относит. величин, определяемых непосредственно из хроматограммы, с соответствующими табличными данными для известных соединений. При идентификации в X. достоверен только отрицат. ответ; напр., пик  $i$  не является в-вом A, если времена удерживания пика  $i$  и в-ва A не совпадают. Совпадение времен удерживания пика  $i$  и в-ва A – необходимое, но недостаточное условие для заключения, что пик  $i$  – это в-во A.

**Эффективность хроматографической колонки.** При продвижении зон разделяемых соед. под действием потока подвижной фазы вдоль слоя сорбента происходит одновременно два противоположных процесса: возрастает расстояние между максимумами концентрации хроматографич. зон (что улучшает разделение) и увеличивается ширина хроматографич. зон (что ухудшает разделение). Качественно эффективность колонки тем выше, чем уже, острее зоны хроматографируемых соединений. Количеств. характеристикой эффективности колонки служит число теоретич. тарелок. Эффективность колонки тем выше, чем больше характерное для нее число теоретич. тарелок  $N$ . Число  $N$  для  $i$ -го компонента вычисляют по ур-нию:  $N_i = 5,45(t'_R/w_h)^2$ , где  $t'_R$  и  $w_h$  – соотв. время удерживания  $i$ -го компонента и ширина пика, измеренная на половине его высоты (рис. 3). Число  $N$  пропорционально квадрату числа пиков, к-рые можно разместить на хроматограмме на отрезке, соответствующем времени удерживания данного соединения.

**Разделение.** Разделение смеси соед. – основная цель аналит. и препаративной X. Для характеристики разделения трудно-разделимых (критических) пар соед. используют особую величину – степень разделения (рис. 3):

$$R_{ij} = \frac{2(t_{R_j} - t_{R_i})}{w_{b_i} + w_{b_j}}$$

где  $t_{R_j}$  – время удерживания  $j$ -го компонента;  $t'_{R_j}$  – исправленное время удерживания  $j$ -го компонента;  $w_{b_i}$  и  $w_{b_j}$  – ширина хроматографич. зон, измеренная у основания пиков на хроматограмме,  $\Delta t = t_{R_j} - t_{R_i}$ .

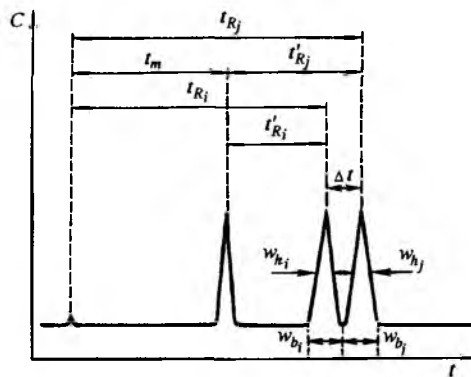


Рис. 3. Определение степени разделения  $R_{ij}$ ; пояснения в тексте.

Количественно зависимость степени разделения от параметров хроматографич. разделения отражает ур-ние Пернелла:

$$R_{ij} = \frac{\sqrt{N}}{4} \cdot \frac{\alpha_{ij} - 1}{\alpha_{ij}} \cdot \frac{k_j}{k_j + 1}$$

где  $\alpha_{ij}$  – селективность разделения  $i$ -го и  $j$ -го компонентов;  $k_j$  – коэф. емкости (или коэф. излучения) компонента  $j$ , причем  $k_j = t'_{R_j}/t_m$ . Как следует из этого ур-ния, степень разделения увеличивается с ростом эффективности колонки ( $1/4\sqrt{N}$ ), селективности ( $\alpha_{ij} - 1$ ) и емкости колонки  $k_j/(k_j + 1)$ . Селективность разделения характеризуется величиной относит. удерживания  $r_{ij}$ :

$$\alpha_{ij} = r_{ij} = \frac{V'_{R_i}}{V'_{R_j}} = \frac{t'_{R_i}}{t'_{R_j}} = \frac{K_i}{K_j}$$

где  $V'_{R_j}$  и  $V_{R_j}$  – исправленный объем удерживания для  $j$ -го и  $i$ -го компонентов;  $K_i$  и  $K_j$  – коэф. распределения в системе неподвижная фаза – подвижная фаза для  $i$ -го и  $j$ -го компонента. Величины  $r_{ij}$  достаточно инвариантны; они не зависят от таких условий эксперимента, как скорость газа-носителя, кол-во сорбента, длина колонки и т. п.

X. – один из основных методов количеств. анализа орг. и неорг. соединений. При постоянных условиях эксперимента величина сигнала детектора прямо пропорциональна концентрации  $i$ -го компонента в подвижной фазе, а площадь его пика на хроматограмме  $S_i$  – кол-ву анализируемого соединения. Долю  $i$ -го компонента в процентах в  $n$ -компонентной смеси рассчитывают по ф-ле:

$$P_i = \frac{a_i S_i}{\sum_1^n a_j S_j} \cdot 100$$

где  $a_i$  и  $a_j$  – поправочные коэф., определяемые чувствительностью детектора к анализируемому в-вам. Предел обнаружения при использовании высокочувствит. детекторов составляет  $10^{-10}\%$ , обычно погрешность определения 0,1–20%.

Недостаток хроматографич. методов – периодичность анализа (показанная запаздывают на время, равное продолжительности разделения) – является существенным, в осн., для пром. X., к-рую используют для контроля и регулирования пром. многоотопных процессов.

Аналит. X. применяют в научных исследованиях, хим. и фармацевтич. пром-сти, медицине, для контроля практически всех объектов окружающей среды, в газовой и нефтеперерабатывающей пром-сти и т. д.

Препаративную X. используют для получения узких фракций смесей и чистых в-в в произ-ве хим. реактивов, а также в фармацевтич., парфюмерной пром-сти, при разделении

изотопов, в биохимии и т.п. Разделяют смеси массой 1–1000 г, диаметр колонок 2–100 см.

Х. применяют для определения физ.-хим. характеристик в-в: коэф. распределения, энтальпии растворения, адсорбции, констант устойчивости комплексных соед., коэф. диффузии в газовой и жидкой фазах и т.д., а также как метод исследования кинетики гетерогенных и гомогенных р-ций. См. также *Хроматография с программированием температуры, Хромато-масс-спектрометрия.*

Х. открыл М.С. Цвет в 1903.

*Лит.*: Белецкий Б.Г., Виленчик Л.З., *Хроматография полимеров*, М., 1978; Киселев А.В., Яшин Я.И., *Адсорбционная газовая и жидкостная хроматография*, М., 1979; Кирхнер Ю., *Тонкослойная хроматография*, пер. с англ., т. 1–2, М., 1981; Березкин В.Г., *Газо-жидко-твердофазная хроматография*, М., 1986; *Хроматография*, под ред. Э. Хэфмана, пер. с англ., ч. 1–2, М., 1986; Даванков В.А., Навратил Дж., Уолтон Х., *Лигандообменная хроматография*, пер. с англ., М., 1989; Гольберт К.А., Видергауз М.С., *Введение в газовую хроматографию*, 3 изд., М., 1990; *Количественный анализ хроматографическим методом*, под ред. Э. Кэпа, пер. с англ., М., 1990; *Препаративная жидкостная хроматография*, под ред. Б. Бидлинмайера, пер. с англ., М., 1990; *Сверхкритическая флюидная хроматография*, под ред. Р. Смита, пер. с англ., М., 1991; Snyder L., Kirkland J.L., *Introduction to modern liquid chromatography*, 2 ed., N.Y., 1979. В.Г. Березкин.

**ХРОМАТОГРАФИЯ НА БУМАГЕ**, то же, что *бумажная хроматография*.

**ХРОМАТОГРАФИЯ ПРЕПАРАТИВНАЯ (ПХ)**, включает разработку и применение хроматографич. методов и аппаратуры для получения чистых в-в (содержащих не более 0,1% примесей). Особенность ПХ – использование хроматографич. колонн большого диаметра (1–30 см) и спец. устройств для выделения и сбора компонентов. В лабораториях на колонках диаметром 8–15 мм выделяют 0,1–10 г в-ва, на полупром. установках с колоннами диаметром 10–20 см – неск. кг. Созданы пром. приборы с колоннами диаметром ок. 0,5 м для получения неск. т в-ва.

Большой диаметр колонн приводит к тому, что плотность сорбента по сечению неодинакова, влияние на разделение оказывают тепловые эффекты сорбции и десорбции, а большой объем пробы не удается вводить одновременно на весь верх. слой сорбента. Эти факторы снижают эффективность препаративных колонн: на полупром. установках высота, эквивалентная теоретич. тарелке (ВЭТТ), не ниже 2–4 мм. Производительность препаративных колонн относительно невысока (до 10 см<sup>3</sup> см<sup>-2</sup> час<sup>-1</sup>) и зависит от природы разделяемых в-в и емкости сорбента.

Потери в-ва в препаративных колоннах малы, что позволяет широко использовать ПХ для разделения небольших кол-в сложных синтетич. и природных смесей. Газовую ПХ применяют при получении чистых углеводородов, спиртов, карбоновых к-т и др. орг. соед. (в т.ч. хлорсодержащих), жидкостную – при получении лек. ср-в, полимеров с узким ММР, аминокислот, белков и др.

*Лит.*: Сакодынский К.И., Волков С.А., *Препаративная газовая хроматография*, М., 1972.

**ХРОМАТОГРАФИЯ С ПРОГРАММИРОВАНИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ** (температурно-градиентная хроматография), газовая хроматография (ГХ), в к-рой разделение в-в проводят при заданном режиме изменения т-ры хроматографич. колонки. Этот вид ГХ применяют для сокращения времени анализа смесей в-в, кипящих в широком диапазоне т-р, а также для концентрирования примесей и препаративного получения чистых в-в. Включает метод, в к-ром изменяют т-ру всей колонки во времени (наиб. широко используется в анализ. практике; часто именно этот метод наз. «Х. с п. т.»), а также методы с изменением т-ры как во времени, так и по длине колонки, – тепловую десорбцию, элюентно-тепловытеснит. метод, хроматографию, теплодинамич. метод. Температурно-градиентные методы имеют важное значение в др. видах хроматографии: хроматографии без газа-носителя, хроматографии, хроматидстиляции.

При изотермич. режиме (см. *Газовая хроматография*) наблюдается неудовлетворит. разделение компонентов либо в начале, либо в конце хроматографирования. Программирование т-ры позволяет разделить и выделить все компоненты смеси. Изменение т-ры бывает ступенчатым (т-ру колонки

меняют быстро, практически скачком) или, как правило, постепенным. Первоначально применяли нелинейные программы изменения т-ры (баллистические), теперь чаще всего используют приборы, обеспечивающие линейное программирование т-ры:  $T = T_0 + \beta t$ , где  $T_0$  – начальная т-ра;  $\beta$  – скорость ее изменения;  $t$  – время.

Обычно программирование т-ры реализуют путем изменения т-ры термостата колонки. Применяют также непосредств. нагрев металлч. колонки электрич. током, когда необходим быстрый или нелинейный режим разогрева колонки.

Т-ра удерживания  $T_R$  отвечающая моменту выхода максимума пика, связана с параметрами, характеризующими компонент и условия опыта, след. ур-нием:

$$\beta/F_c = \int_{T_0}^{T_R} dT/V_R,$$

где  $F_c$  – объемная скорость потока газа-носителя,  $V_R$  – объем удерживания компонента, к-рый в осн. определяется его сорбируемостью, зависящей от т-ры. Расчетные характеристики кривые строят либо с использованием эксперим. данных о зависимости  $V_R$  от т-ры, либо получая приближенные выражения, при этом задают величину «мертвого» объема колонки, характер стабилизации потока (постоянство скорости или давления), перепад давления по колонке и т.д. Т-ра изотермич. опыта (эквивалентная т-ра), обеспечивающая такое же, как в опыте с программированием т-ры, время удерживания пика, составляет  $0,85T_R$ . Индекс удерживания (см. *Газо-жидкостная хроматография*), рассчитанный по т-рам удерживания, приближенно соответствует линейному индексу удерживания, рассчитанному по данным изотермич. опыта при эквивалентной т-ре. Оптимальная селективность разделения (см. *Хроматография*) при ГХ с программированием т-ры может превышать 2 и наблюдается при отношениях  $\beta/F_c$ , близких к 0,1.

Если в изотермич. ГХ ширина пика увеличивается с возрастанием времени удерживания, то при больших значениях  $\beta$  в методе с программированием т-ры ширина пиков может оставаться неизменной, при этом обеспечивается равномерное разделение (напр., гомологов углеводородов).

При использовании метода тепловой десорбции (вариант вытеснит. хроматографии) разделяемую смесь сначала вводят в хроматографич. колонку, на к-рую затем надвигают длинную печь с равномерным температурным полем. В результате послышного прогрева сорбента в колонке перед печью формируются зоны индивидуальных компонентов, перемещающиеся со скоростью движения печи  $w$ . Хроматограммы при этом имеет ступенчатый вид. Этот метод применяют для препаративного выделения небольших кол-в особо чистых в-в и концентрирования примесей.

В элюентно-тепловытеснит. методе разделение также происходит в колонке вперед движущегося теплового поля (высокотемпературной зоны), однако дополнительно используют небольшой поток газа-носителя, причем скорость движения теплового поля больше скорости движения разделяемых компонентов в условиях элюентной хроматографии. По сравнению с методом тепловой десорбции этот метод позволяет снизить т-ру теплового поля, уменьшить его протяженность, что расширяет область применения.

Метод, в к-ром после ввода пробы на движение градиентного температурного поля налагается поток газа-носителя, причем разделение происходит в области движущегося по колонке теплового поля, наз. *хроматографией с вытеснит. эффектом*. Наиб. широко используют стационарную хроматографию, когда т-ра падает в направлении движения потока газа-носителя (отрицат. температурный градиент). В хроматографии применяют движущуюся печь, расположенные вдоль колонки электр. нагреватели с программированием температурного градиента либо электр. нагреватели, создающие постоянный температурный градиент совместно с термостатом колонки. Движение молекул анализируемого в-ва в области низких т-р замедляется, а в области высоких – ускоряется.

Тем самым обеспечивается концентрирование каждого  $i$ -го компонента в хроматографич. зоне при определенной для данного  $v$ -ва  $t$ -ре  $T_i$ :

$$T_i = -Q_i / R \ln A \eta,$$

где  $Q_i$  — теплота адсорбции;  $A$  — постоянная,  $\eta = w/u$ ;  $u$  — линейная скорость потока;  $R$  — универсальная газовая постоянная. Т. обр. все компоненты движутся с одной скоростью  $w$ . Быстрое установление стационарного распределения  $v$ -в в температурном поле печи позволяет снизить длину сорбционного слоя колонки, необходимого для разделения смеси. На хроматограмме, как правило, наблюдаются симметричные пики даже при нелинейных изотермах сорбции. Хроматография обеспечивает сжатие хроматографич. зон. Температурный коэф. обогащения (увеличение концентрации анализируемого  $v$ -ва в газовой фазе)  $O_T$  связан с изменением адсорбции  $v$ -ва при  $t$ -рах ввода его в колонку  $T_0$  и выхода из нее  $T_x$ :  $O_T = \Gamma(T_0) / \Gamma(T_x)$ , где  $\Gamma$  и  $\Gamma'$  — постоянные Генри при  $T_0$  и  $T_x$ . Сжатие зоны обусловлено разными скоростями движения ее переднего (при более низкой  $t$ -ре) и заднего (при более высокой  $t$ -ре) фронтов в температурном поле.

Теплодинамич. метод (вариант стационарной хроматографии) сочетает непрерывный ввод анализируемой смеси в колонку с периодич. воздействием движущегося температурного поля с отрицат. температурным градиентом. Часто используют колонку в виде незамкнутого кольца, вдоль к-рого перемещается одна или неск. коротких печей. Периодически получаемая хроматограмма отвечает среднему кол-ву  $v$ -ва, накопленному в слое сорбента за время цикла.

Для увеличения степени разделения компонентов предложены варианты нестационарной хроматографии с обратным температурным градиентом ( $t$ -ра в печи нарастает в направлении потока). Возможно перемещение печи в направлении потока («адсорбционное торможение») и против потока. В обоих случаях сильнее ускоряются легкие компоненты, что обеспечивает их лучшее отделение от более тяжелых. Этим методом достигнут ниж. предел обнаружения примесей  $10^{-10}\%$  при коэф. обогащения более  $10^5$ . Методы хроматографии применяют для определения примесей в газах на приборах, использующих криогенные  $t$ -ры для создания температурного градиента.

При хроматографии без газа-носителя, когда разделяемые компоненты имеют большие давления насыщенного пара (близкие к атм. давлению), изменение скорости потока по слою сорбента происходит из-за адсорбции. Проведение процесса в теплодинамич. режиме позволяет добиться препааративного разделения смеси до отдельных компонентов, выделяющихся при определенных для данных условий концентрациях.

В условиях обратного градиента  $t$ -ры, возникающего на замыкающем крае печи при ее движении по сорбенту, заполненному сорбирующимся газом-носителем, образуется стационарное поле («волна») скоростей потока (режим хроматографии). Этот вариант ГХ используют для концентрирования примесей более легких, чем основной компонент смеси.

Хроматистилляцию проводят при отрицат. температурном градиенте с применением инертного твердого носителя; анализируемая смесь полностью разделяется в результате многократного испарения в потоке газа-носителя при более высоких  $t$ -рах и конденсации при более низких  $t$ -рах. Изменение  $t$ -ры во времени от  $-100$  до  $400$  °C позволяет осуществлять фракционную разгонку сложных смесей нефтепродуктов в широком диапазоне  $t$ -р кипения от  $36$  до  $800$  °C. Поскольку при хроматистилляции величина пробы примерно в  $1000$  раз превышает таковую для ГХ, создаются возможности для соответствующего увеличения чувствительности определения примесей, измерения физ.-хим. характеристик компонента при высоких концентрациях в  $p$ -ре.

Программирование температуры колонки во времени впервые описали в 1952 Дж. Гриффитс, Д. Джеймс и К. Филлипс. Тепловытеснительный метод предложили в 1943–47 Н. К. Тернер и М. И. Яновский; элюентно-тепловытеснит. — в 1965 В. Г. Березкин, А. А. Жуховицкий, Н. М. Туркельтауб

описали хроматермографию в 1950, теплодинамич. метод — в 1953, хроматографию без газа-носителя — в 1963, хроматермографию — 1973, хроматистилляцию — в 1974.

Лит.: Яновский С. М., «Успехи химии», 1986, т. 55, в. 7, с. 1162–97; Руководство по газовой хроматографии, под ред. Э. Лейбница, Х. Штруссе, пер. с нем., т. 1–2, М., 1988; Гольберт К. А., Вигдергауз М. С., Введение в газовую хроматографию, 3 изд., М., 1990; Гишо и Ж., Гийемен К., Количественная газовая хроматография, пер. с англ., т. 1, М., 1991.

С. М. Яновский.

**ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ**, метод анализа смесей пл. обр. орг.  $v$ -в и определения следовых кол-в  $v$ -в в объеме жидкости. Метод основан на комбинации двух самостоят. методов — хроматографии и масс-спектрометрии. С помощью первого осуществляют разделение смеси на компоненты, с помощью второго — идентификацию и определение строения  $v$ -ва, количеств. анализ. Известны 2 варианта Х.-м.-с., представляющие собой комбинацию масс-спектрометрии либо с газо-жидкостной хроматографией (ГЖХ), либо с высокоэффективной жидкостной хроматографией.

Первые исследования анализ. возможностей Х.-м.-с. были проведены в 1950-х гг., первые пром. приборы, объединяющие газо-жидкостной хроматограф и масс-спектрометр, появились в 60-х гг. Принципиальная совместимость этих двух приборов обусловлена тем, что в обоих случаях анализируемое  $v$ -во находится в газовой фазе, рабочие температурные интервалы одинаковы, пределы обнаружения (чувствительность) близки. Различие состоит в том, что в ионном источнике масс-спектрометра поддерживается высокий вакуум ( $10^{-5}$ – $10^{-6}$  Па), тогда как давление в хроматографич. колонке  $10^5$  Па. Для понижения давления используют мол. сепаратор, к-рый одним концом соединен с выходом хроматографич. колонки, а другим — с ионным источником масс-спектрометра. Мол. сепаратор удаляет из газового потока, выходящего из колонки, осн. часть газа-носителя, а орг.  $v$ -во пропускает в масс-спектрометр. При этом давление на выходе колонки понижается до рабочего давления в масс-спектрометре.

Принцип действия мол. сепараторов основан либо на различии подвижности молекул газа-носителя и анализируемого  $v$ -ва, либо на их разл. проницаемости через полупроницаемую мембрану. В пром-сти чаще всего применяют эжекторные сепараторы, работающие по первому принципу. Одностадийные сепараторы этого типа содержат две форсунки с отверстиями небольшого диаметра, к-рые установлены точно напротив друг друга. В объеме между форсунками создается давление  $1,33$  Па. Газовый поток из хроматографич. колонки через первую форсунку со сверхзвуковой скоростью попадает в область вакуума, где молекулы распространяются со скоростями, обратно пропорциональными их массе. В результате более легкие и быстрые молекулы газа-носителя откачиваются насосом, а более медленные молекулы орг.  $v$ -ва попадают в отверстие второй форсунки, а затем в ионный источник масс-спектрометра. Нек-рые приборы снабжены двухстадийным мол. сепаратором, снабженным еще одним подобным блоком форсунок. В объеме между ними создается высокий вакуум. Чем легче молекулы газа-носителя, тем эффективнее они удаляются из газового потока и тем выше обогащение орг.  $v$ -вом.

Наиб. удобный для Х.-м.-с. газ-носитель — гелий. Эффективность работы сепаратора, т. е. отношение кол-ва орг.  $v$ -ва в газовом потоке, выходящем из колонки, к его кол-ву, поступающему в масс-спектрометр, в значит. степени зависит от расхода газа-носителя, попадающего в сепаратор. При оптимальном расходе  $20$ – $30$  мл/мин удаляется до  $90\%$  газа-носителя, а в масс-спектрометр поступает более  $60\%$  анализируемого  $v$ -ва. Такой расход газа-носителя типичен для насадочных колонок. В случае использования капиллярной хроматографич. колонки расход газа-носителя не превышает  $2$ – $3$  мл/мин, поэтому на ее выходе в газовый поток добавляют дополнит. кол-во газа-носителя, чтобы скорость потока, поступающего в мол. сепаратор, достигла  $20$ – $30$  мл/мин. Тем самым обеспечивается наилучшая эффективность мол. сепаратора. Гибкие кварцевые капиллярные колонки могут вводиться непосредственно в ионный источник. В этом случае ионный источник должен быть обеспечен мощной откачивающей системой, поддерживающей высокий вакуум.

В масс-спектрометрах, соединенных с газовыми хроматографами, применяется ионизация электронным ударом, химическая или полевая. Хроматографич. колонки должны содержать труднолетучие и термостабильные стационарные жидкие фазы, чтобы масс-спектр их паров не налагался на спектр анализируемого в-ва.

Анализируемое в-во (обычно в р-ре) вводится в испаритель хроматографа, где мгновенно испаряется, а пары в смеси с газом-носителем под давлением поступают в колонку. Здесь происходит разделение смеси, и каждый компонент в токе газа-носителя по мере элюирования из колонки поступает в мол. сепаратор. В сепараторе газ-носитель в осн. удаляется и обогащенный орг. в-вом газовый поток поступает в ионный источник масс-спектрометра, где молекулы ионизируются. Число образующихся при этом ионов пропорционально кол-ву поступающего в-ва. С помощью установленного в масс-спектрометре датчика, реагирующего на изменение полного ионного тока, записывают хроматограммы. Т. обр. масс-спектрометр можно рассматривать как универсальный детектор к хроматографу. Одновременно с записью хроматограммы в любой ее точке, обычно на вершине хроматографич. пика, м. б. зарегистрирован масс-спектр, позволяющий установить строение в-ва.

Важное условие работы прибора – быстрая запись масс-спектра, к-рый должен регистрироваться за время, гораздо меньшее, чем время выхода хроматографич. пика. Медленная запись масс-спектра может исказить соотношение интенсивностей пиков в нем. Скорость регистрации масс-спектра (скорость сканирования) определяется масс-анализатором. Наименьшее время сканирования полного масс-спектра (неск. миллисекунд) обеспечивает квадрупольный анализатор. В совр. масс-спектрометрах, снабженных ЭВМ, построение хроматограмм и обработка масс-спектров производится автоматически. Через равные промежутки времени по мере элюирования компонентов смеси регистрируются масс-спектры, количеств. характеристики к-рых накапливаются в памяти ЭВМ. Для каждого сканирования производится сложение интенсивностей всех регистрируемых ионов. Т. к. эта суммарная величина (полный ионный ток) пропорциональна концентрации в-ва в ионном источнике, то ее используют для построения хроматограммы (эта величина откладывается по оси ординат, по оси абсцисс – время удерживания и номер сканирования). Задавая номер сканирования, можно вызвать из памяти масс-спектр в любой точке хроматограммы.

Как описано выше, м. б. проанализированы смеси в-в, достаточно хорошо разделяемые на входящих колонках. Иногда удается исследовать и неразрешенные хроматографич. пики. Исследуемые в-ва должны быть термически стабильны, хроматографические подвижны в интервале рабочих т-р колонки, легко переводятся в паровую фазу при т-ре испарителя. Если в-ва не удовлетворяют этим требованиям, их можно химически модифицировать, напр. силилированием, алкилированием или ацилированием гидрокси-, карбокси-, меркапто-, аминогрупп.

Чувствительность X.-м.-с. (обычно  $10^{-6}$ – $10^{-9}$  г) определяется чувствительностью детектора масс-спектрометра. Более чувствительна ( $10^{-12}$ – $10^{-15}$  г) разновидность X.-м.-с. – масс-фрагментография, наз. также селективным ионным или многоионным детектированием. Суть ее состоит в том, что запись хроматограмм осуществляется не по полному ионному току, а по наиб. характерным для данного в-ва ионам. Этот вид X.-м.-с. используют для поиска, идентификации и количеств. анализа в-ва с известным масс-спектром в составе сложной смеси, напр. при количеств. определении следов в-в в больших объемах биол. жидкостей (медицина, фармакология, токсикология, допинг-контроль, биохимия). Осуществляют масс-фрагментографию на хромато-масс-спектрометрах с использованием спец. устройства – многоионного детектора либо с помощью ЭВМ, к-рая может строить хроматограммы по одному или неск. ионам. Такая хроматограмма, в отличие от обычной, содержит пики лишь тех компонентов, в масс-спектрах к-рых есть такие ионы. Анализ проводят с применением внутр. стандарта, в качестве к-рого часто ис-

пользуют аналог искомого в-ва, меченный стабильными изотопами ( $^2\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{18}\text{O}$ ).

Другой вариант X.-м.-с. заключается в сочетании высокоэффективной жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии. Метод предназначен для анализа смесей труднолетучих, полярных в-в, не поддающихся анализу методом ГЖХ. Для сохранения вакуума в ионном источнике масс-спектрометра необходимо удалять р-ритель, поступающий из хроматографа со скоростью 0,5–5 мл/мин. Для этого часть жидкого потока пропускают через отверстие в неск. мкм, в результате чего образуются капли, к-рые далее попадают в обогреваемую зону, где большая часть р-рителя испаряется, а оставшаяся вместе с в-вом попадает в ионный источник и ионизируется химически.

В ряде пром. приборов реализован принцип ленточного транспортера. Элюат из колонки попадает на движущуюся ленту, к-рая проходит через обогреваемую ИК излучением камеру, где испаряется р-ритель. Затем лента с в-вом проходит через область, обогреваемую др. нагревателем, где испаряется анализируемое в-во, после чего оно поступает в ионный источник и ионизируется. Более эффективный способ сочетания высокоэффективного газо-жидкостного хроматографа и масс-спектрометра основан на электро- и термораспылении. В этом случае элюат пропускают через капилляр, нагретый до 150 °С, и распыляют в вакуумную камеру. Ионы буфера, присутствующие в р-ре, участвуют в ионообразовании. Образовавшиеся капли несут положитель. или отрицат. заряд. Вдоль капли из-за малого ее диаметра создается высокий градиент электр. поля, причем по мере распада капель этот градиент возрастает. При этом происходит десорбция из капель протонированных мол. ионов или кластеров (молекула в-ва + катион буфера).

Метод X.-м.-с. используют при структурно-аналит. исследованиях в орг. химии, нефтехимии, биохимии, медицине, фармакологии, для охраны окружающей среды и др.

Лит.: Хмельницкий Р. А., Бродский Е. С., Хромато-масс-спектрометрия, М., 1984; Заики В. Г., Микая А. И., Химические методы в масс-спектрометрии органических соединений, М., 1987; Карасек Ф., Клемент Р., Введение в хромато-масс-спектрометрию, пер. с англ., М., 1993. В. Г. Заикин.

**ХРОМАТЫ**, соли хромовых к-т (см. *Хрома оксиды*). Наиб. часто встречаются хроматы(VI) – производные  $\text{CrO}_3$ , желтого или красного цвета (табл. 1). Их получают взаимодей. р-ров  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  (или  $\text{CrO}_3$ ) с оксидами, гидроксидами, карбонатами металлов, осаждением из р-ров солей при действии X. натрия или K, а также окислением соед., содержащих Cr в низших степенях окисления. Известно неск. относящихся к X. минералов, напр. крокоит  $\text{PbCrO}_4$ . X.(VI) большей частью изоморфны с соответствующими сульфатами. Анион  $\text{CrO}_4^{2-}$  имеет тетраэдрич. строение.

X. щелочных металлов и Mg хорошо раств. в воде, у X. щел.-зем. металлов р-римость сильно уменьшается от Са к Ва. Р-ры X. имеют щелочную р-цию, X. тяжелых металлов в воде большей частью практически не раств., в особенности соли Pb, Bi, Ag, Hg. X. PЗЭ плохо раств., причем соед. элементов итриевой группы водой разлагаются с образованием основных солей. X. щелочных и щел.-зем. металлов плавятся без разложения, X. остальных металлов большей частью разлагаются до плавления.

При подкислении р-ров X. образуются дихроматы (бихроматы), что сопровождается переходом их окраски в оранжевую. Дихромат-анион  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  построен из двух хромкислородных тетраэдров с общей вершиной по атому кислорода. Дихроматы щелочных, щел.-зем. и большинства тяжелых металлов легко раств. в воде. Трудно растворимы дихроматы Ag, Tl. Р-ры дихроматов имеют кислую р-цию. Дихроматы менее термически устойчивы по сравнению с X.(VI). Дихроматы – реагенты в *дихроматометрии*.

Для щелочных (кроме Li) и нек-рых др. металлов известны темно-красные трихроматы  $\text{M}_2\text{Cr}_3\text{O}_{10}$  и коричнево-красные тетрахроматы  $\text{M}_2\text{Cr}_4\text{O}_{13}$ . Для мн. металлов получены оксохроматы и гидроксохроматы (основные X.). Оксо- и гидроксохроматы тяжелых металлов в воде не раств. Описано

большое число двойных хроматов, напр.  $KZn_2(CrO_4)_2 \cdot OH \cdot H_2O$  (используются как пигменты), хромато-сульфатов и т. д. Для нек-рых металлов известны хромато-дихроматы, напр.  $Bi_2(CrO_4)_2 \cdot Cr_2O_7$ . См. также *Калия дихромат*, *Натрия хромат*.

При действии  $H_2O_2$  на водные р-ры X. в зависимости от условий можно получить пероксохроматы: синие – состава  $M_2Cr_2O_{12}$  (получают из кислых р-ров) либо красные – состава  $M_2CrO_8$ . Синие пероксохроматы очень неустойчивы; при ударе, нагревании или соприкосновении с конц.  $H_2SO_4$  они взрываются. Красные пероксохроматы разлагаются при нагрев., при обычных т-рах довольно устойчивы.

X.(VI) калия  $K_2CrO_4$  – лимонно-желтые кристаллы; при 668 °C ромбич. форма переходит в гексагон. красную,  $\Delta H_{перехода}$  10,0 кДж/моль; т. пл. 973 °C,  $\Delta H_{пл}$  33,0 кДж/моль; р-римость в воде 38,96% по массе при 20 °C; не раств. в этаноле, эфире; получают взаимод.  $K_2Cr_2O_7$  и  $K_2CO_3$  в водном р-ре; в природе минерал тарапакоит; протрава при крашении, дубитель в кожевенной пром-сти, отбеливатель для масел, воска, протрава для семян, окислитель в орг. синтезе, реагент в хроматометрии.

X.(VI) аммония  $(NH_4)_2CrO_4$  – золотисто-желтые кристаллы, р-римость в воде 27,2% по массе при 25 °C, мало раств. в этаноле и в ацетоне; т. разл. 180 °C; при хранении на воздухе постепенно теряет  $NH_3$  и превращается в дихромат; получают взаимод. р-ров  $NH_3$  с  $CrO_3$  или  $(NH_4)_2Cr_2O_7$ ; протрава при крашении тканей, дубящее в-во, компонент светочувствит. слоя фотоматериалов. Дихромат аммония  $(NH_4)_2Cr_2O_7$  – оранжево-красные кристаллы; разлагается выше 170 °C, при 240 °C – со вспышкой; р-римость в воде 29,18% по массе при 25 °C, раств. в этаноле, не раств. в ацетоне; получают взаимод.  $NH_4Cl$  с  $Na_2Cr_2O_7$  в водном р-ре; окислитель в орг. синтезе, отбеливатель для жиров, воска, парафина, компонент светочувствит. слоя фотоматериалов, исходное в-во для синтеза оксидов Cr, катализаторов, полу-

чения фоторезисторов, фотосенсибилизаторов, компонент пиротехн. составов, консервант для древесины.

X.(VI) кальция  $CaCrO_4$  – желтые кристаллы; при 50 °C становится красно-коричневым (при охлаждении окраска восстанавливается); т. пл. ~ 1150 °C (под давлением  $O_2$ ), при атм. давлении т. пл. 1022 °C (с разл.); р-римость в воде 2,27% при 19 °C, 0,79% при 70 °C; из р-ров кристаллизуются ди-, моно- и гемигидраты, обладающие существенно большей р-римостью и полностью обезвоживающиеся при ~ 400 °C; раств. в этаноле; получают взаимод. р-ров  $Na_2Cr_2O_7$  с  $Ca(OH)_2$ , либо  $Na_2CrO_4$  с  $CaCl_2$  с послед. прокаливанием осадка; в природе минерал хроматит; компонент шихты при аллюмотермич. получении Cr, пигмент, ингибитор коррозии, компонент покрытий для легких сплавов, деполяризатор для батарей, окислитель при получении Cr.

X.(VI) бария  $BaCrO_4$  – желтые кристаллы; т. пл. 1380 °C; практически не раств. в воде и орг. р-рителях, разлагается к-тами; получают взаимод.  $BaCl_2$  с  $K_2Cr_2O_7$ ; окислитель при синтезе красителей, компонент ВВ, пиротехн. составов, антикоррозионных покрытий на стали, составов головок спичек, пигмент (баритовый желтый) для керамики. X.(VI) цинка  $ZnCrO_4$  – лимонно-желтые кристаллы; разлагается выше 440 °C; практически не раств. в воде; образует гидраты с 7, 2 и 1 молекулами воды; при кипячении с большим кол-вом воды гидролизуются с образованием гидроксохроматов; получают взаимод.  $Zn(OH)_2$  с  $K_2Cr_2O_7$ ; пигмент, компонент антикоррозионных покрытий.

X.(VI) свинца  $PbCrO_4$  – желтые или оранжево-красные кристаллы; при 707 °C превращается в желтую ромбическую, а при 783 °C – в красную тетрагон. модификации; т. пл. 844 °C (с разл.); практически не раств. в воде и орг. р-рителях; раств. в  $HNO_3$ , конц. р-рах щелочей; получают взаимод. р-ров нитрата или ацетата Pb с хроматами Na, K или  $NH_4^+$ ; пигмент (желтый крон), окислитель в орг. синтезе, компонент материалов термохромных датчиков. Оксохромат свинца

Табл. 1.– СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХРОМАТОВ(VI)

Соединение	Сингония	Параметры кристаллич. решетки				z	Пространств. группа	Плотн., г/см <sup>3</sup>	C <sub>p</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)	ΔH <sub>обр</sub> <sup>0</sup> , кДж/моль	S <sub>298</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)
		a, нм	b, нм	c, нм	β, град						
$K_2CrO_4$	Ромбич.	0,593	1,042	0,763	—	4	<i>Rmcm</i>	2,73	146	-1408	200
$(NH_4)_2CrO_4$	Моноклиная	0,615	0,630	0,776	115,22	—	—	1,89	—	-1163	657
$(NH_4)_2Cr_2O_7$	Моноклиная	0,774	0,754	1,326	93,70	2	<i>C2/c</i>	2,15	293	-1810	—
$CaCrO_4$	Ромбич.	0,5433	0,8968	0,5990	—	4	<i>Cmcm</i>	4,04	—	—	—
$Ag_2CrO_4$	Ромбич.	1,0063	0,7029	0,5540	—	4	<i>Rmca</i>	5,62	142	-732	218
$CaCrO_4$	Тетрагон.	0,725	—	0,634	—	4	<i>I4/amd</i>	3,12	113	—	131
$SrCrO_4$	Моноклиная	0,6794	0,7131	0,6489	102,90	—	—	3,895	—	—	—
$BaCrO_4$	Ромбич.	0,9105	0,5541	0,7343	—	4	<i>Rmca</i>	4,50	—	-1429	172
$ZnCrO_4$	Ромбич.	0,5505	0,8383	0,6219	—	4	<i>Cmcm</i>	3,40	—	—	—
$\alpha$ - $PbCrO_4$	Моноклиная	0,710	0,740	0,680	77,50	4	<i>P2_1/c</i>	6,12	—	-925	167
$\beta$ - $PbCrO_4$	Ромбич.	0,867	0,559	0,713	—	4	<i>Rmca</i>	—	—	—	—
$Pb_2CrO_5$	Моноклиная	1,4018	0,5683	0,7143	115,23	4	<i>C2/m</i>	6,27	—	—	—
$CoCrO_4$	Ромбич.	0,5516	0,8336	0,6262	—	4	<i>Cmcm</i>	4,08	—	—	—

Табл. 2.– СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ХРОМАТОВ(III)

Соединение	Сингония	Параметры кристаллич. решетки, нм			z	Пространств. группа	Т. пл., °C	Плотн., г/см <sup>3</sup>	C <sub>p</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)	ΔH <sub>обр</sub> <sup>0</sup> , кДж/моль	S <sub>298</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)
		a	b	c							
$NaCrO_2$	Тригон.	0,297	—	1,594	3	$\bar{R}3m$	—	4,39	—	—	—
$CuCrO_2$	Тригон.	0,2975	—	1,7096	3	$\bar{R}3m$	—	5,49	—	-674	—
$CuCr_2O_4$	Тетрагон.	0,8532	—	0,7788	—	<i>I4/amd</i>	—	—	—	-1288	—
$MgCr_2O_4$	Кубич.	0,8329	—	—	8	<i>Fd3m</i>	2350	4,43	127	-1787	106
$CaCr_2O_4$	Ромбич.	0,903	1,058	0,296	—	—	2170	4,98	—	-1841	—
$ZnCr_2O_4$	Кубич.	0,8337	—	—	8	<i>Fd3m</i>	—	5,29	—	-1550	—
$CdCr_2O_4$	Кубич.	0,8584	—	—	8	То же	—	5,79	—	-1438	—
$MnCr_2O_4$	Кубич.	0,8437	—	—	8	»	—	4,97	—	—	—
$FeCr_2O_4$	Кубич.	0,8420	—	—	8	»	2153	5,1	—	-1452	146
$CoCr_2O_4$	Кубич.	0,8342	—	—	8	»	—	5,14	—	-1430	138
$NiCr_2O_4$	Кубич.	0,8316	—	—	8	»	—	5,24	—	-1382	119
$YCrO_3$	Ромбич.	0,5242	0,5520	0,7534	6	<i>Rbmm</i>	2430	5,76	97	-1555	97
$LaCrO_3$	Ромбич.	0,5514	0,5478	0,7752	6	То же	2510	6,75	109	—	112
$CeCrO_3$	Ромбич.	0,5475	0,5475	0,7740	6	»	2300	6,84	118	-1352	119
$SmCrO_3$	Ромбич.	0,5367	0,5508	0,7643	6	»	2400	7,28	106	—	—

Pb<sub>2</sub>CrO<sub>5</sub> – оранжевые или красные кристаллы, пигмент (оранжевый крон), материал для термисторов.

**Хроматы(V)** (иногда их наз. хроманатами) – большей частью черного, голубовато-черного или темно-зеленого цвета, содержат тетраэдрич. анион CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Для щелочных металлов получены соед. типа M<sub>3</sub>CrO<sub>4</sub> и MCr<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, для щел.-зем. – типа M<sub>3</sub>(CrO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, M<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> и M<sub>3</sub>(CrO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>OH, для PЗЭ – типа MCrO<sub>4</sub>. Получают X<sub>2</sub>(V) термич. разложением X<sub>2</sub>(VI) в смеси с оксидом или нитратом соответствующего металла, гидротермальным путем, взаимод. оксидов при высоких давлениях и т. д. Мало раств. в воде, при кипячении с водой гидролизуются с диспропорционированием на Cr(III) и Cr(VI).

**Хроматы(IV)** большей частью представляют собой сложные оксиды, хотя в структуре нек-рых из них имеется тетраэдрич. анион CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, преим. зеленого цвета. Для щелочных металлов известны X. типа M<sub>2</sub>CrO<sub>3</sub> и M<sub>4</sub>CrO<sub>4</sub>, для щел.-зем. – типа MCrO<sub>3</sub>, M<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, M<sub>3</sub>CrO<sub>5</sub> и M<sub>4</sub>CrO<sub>6</sub>.

**Хроматы(III)** (устар. назв. хромиты) представляют собой сложные оксиды (табл. 2). X.(III) металлов в степени окисления +1 имеют состав MCrO<sub>2</sub> (метахромиты), получены также M<sub>3</sub>CrO<sub>3</sub> (ортохромиты). Для металлов в степени окисления +2 характерны соед. MCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (многие из них имеют структуры типа шпинели). PЗЭ, кроме Sc, дают соед. MCrO<sub>3</sub> со структурами типа перовскита. Получают X.(III) спеканием Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с оксидами, карбонатами и др. соед. металлов, а также восстановлением или термич. разложением X.(VI) и дихроматов(VI). Из р-ров, получающихся в результате р-рения гидроксида Cr(III) в щелочи, кристаллизуются гидроксохроматы(III) состава MCr(OH)<sub>4</sub>, M<sub>3</sub>Cr(OH)<sub>6</sub> и даже M<sub>4</sub>Cr(OH)<sub>8</sub>. Для щел.-зем. металлов получены гидроксохроматы типа M<sub>3</sub>Cr<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub> со структурой типа граната. X.(III) в осн. тугоплавки, химически стойки.

X.(III) магния MgCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – темно-зеленые, серо-зеленые или красные кристаллы; получают нагреванием MgCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> или спеканием MgO с Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с добавкой V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; в природе минерал магнезиохромит; компонент огнеупоров, катализатор орг. синтеза. X.(III) цинка ZnCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – светло-зеленые кристаллы; получают прокаливанием смеси нитратов Zn и Cr или термич. разложением ZnCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>; катализатор орг. синтеза, компонент керамики, датчиков влажности. X.(III) железа FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – черные или темно-коричневые кристаллы; получают нагреванием смеси FeCl<sub>3</sub> + K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> или Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с добавкой H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; в природе минерал хромит; компонент огнеупоров, катализатор орг. синтеза; природный – сырьё для извлечения Cr. См. также Лантана хромат.

Известны X., содержащие Cr в двух степенях окисления, в частности +3 и +4 (напр., Sr<sub>4</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>9</sub>), +4 и +6 [Ca<sub>3</sub>(CrO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>] или +5 и +6 [Ca<sub>10</sub>(CrO<sub>4</sub>)<sub>7</sub>]. Иногда их наз. хромито-хроматами, а состав выражают ф-лой mMO · nCrO<sub>3</sub> · pCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

X. и дихроматы Na, K и аммония обладают местным и общим токсич. действием. Их аэрозоли вызывают протечение хрящевой части носовой перегородки, воспаление гортани и придатков носовой полости. Могут вызвать тяжелые ожоги кожи, экзему, язвы. Поражают органы дыхания и желудочно-кишечный тракт. Токсична пыль и нерастворимых X., нек-рые канцерогенны. ПДК X. (в пересчете на CrO<sub>3</sub>) 0,01 мг/м<sup>3</sup>.

П. И. Федоров.

**ХРОМОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, см. Протравные красители.  
**ХРОМОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**, содержат связь Cr – C. По типу орг. лиганда и характеру его связи с металлом X. с. можно разделить на соед. с σ-связью Cr – C, изонитрильные, карбеновые и карбиновые комплексы, а также π-комплексы. Из последних наиб. интересны соед. с 5-, 6- и 7-членными лигандами. Известны также немногочисленные би- и полиядерные комплексы с ареновыми и циклопентадиенильными лигандами. Хром в X. с. может находиться в степенях окисления 0, +1, +2, +3, +4.

Большинство X. с. синтезируют на основе гексакарбонила хрома [Cr(CO)<sub>6</sub>] и карбонильных комплексов с лигандами π- и π-типа.

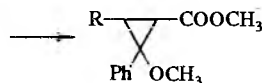
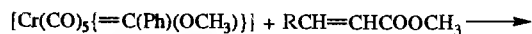
X. с. с σ-связью в большинстве своем являются гетеролигандными. Немногочисленные гомолигандные R<sub>3</sub>Cr, R<sub>4</sub>Cr не-

устойчивы. Известны анионные комплексы, напр. M<sub>3</sub>[CrR<sub>6</sub>], M[CrR<sub>3</sub>], K<sub>3</sub>[Cr(CO)<sub>3</sub>(C<sub>2</sub>R)<sub>3</sub>] (M – щелочной металл, R – алкил, арил). Наиб. важны производные Cr(III) типа [CrR<sub>3</sub>L<sub>3</sub>] (где L, напр., ТГФ). σ-Арильные комплексы Cr(III) в отсутствие стабилизирующих лигандов претерпевают гомолиз связи Cr – C и σ,π-перегруппировку с образованием бисареновых π-комплексов Cr(0). Синтезируют [CrR<sub>3</sub>(ТГФ)<sub>3</sub>] взаимод. CrCl<sub>3</sub> с RMgX в р-ре ТГФ; при использовании RM (M – щелочные металлы) образуются анионные комплексы.

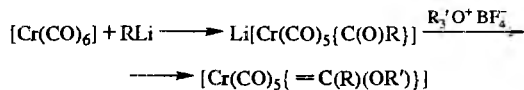
Изонитрильные комплексы Cr м. б. гомолигандными [Cr(CNR)<sub>6</sub>] и гетеролигандными, напр. [Cr(CO)<sub>n</sub>(CNR)<sub>6-n</sub>], [Cr(CO)<sub>2</sub>(CNR)(арен)]. Получают их замещением CO в карбонилах Cr, из соед. [Cr(bipy)<sub>2</sub>] (bipy – бипиридил) и [Cr(η<sup>6</sup>-C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>)<sub>2</sub>] путем обмена лигандов, восстановлением соед. Cr высшей степени окисления в присут. избытка изонитрила.

Осн. типы карбеновых комплексов – [Cr(CO)<sub>5</sub>(=C(R)(X))], [Cr(CO)<sub>2</sub>(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) (=C(R)(X))], где X = OR', SR', NR'R"; комплексы типа [Cr(CO)<sub>5</sub>(=CRR')], не содержащие гетероатома, встречаются редко.

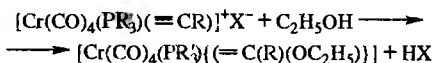
Для карбеновых комплексов характерны р-ции нуклеоф. замещения у карбенового атома C, а также р-ции присоединения карбена к активир. олефинам или ацетиленам, напр.:



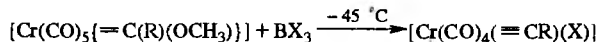
Получают карбеновые комплексы взаимод. карбонил Cr с RLi, напр.:



Осн. типы карбиновых комплексов – нейтр. [Cr(CO)<sub>4</sub>(=CR)X] и катионные [Cr(CO)<sub>5</sub>(=CR)]X. При взаимод. с нуклеофилами они образуют карбеновые комплексы, напр.:



Карбиновые комплексы Cr синтезируют из карбеновых комплексов, напр.:



Олефиновые π-комплексы Cr, как правило, гетеролигандны. Хром легко образует комплексы с циклич. полиолефинами: норборнадиеном, циклогептагриеном, циклооктадиеном и циклооктатетраеном. Получают их замещением карбонильного лиганда либо соконденсацией паров Cr и олефина в высоком вакууме.

Ацетиленовые π-комплексы Cr немногочисленны. Осн. типы – [Cr(CO)(NO)(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)], [Cr(CO)<sub>2</sub>(C<sub>2</sub>R<sub>2</sub>)(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)]. Их получают р-циями обмена лигандов, восстановлением солей Cr в присут. ацетилена.

Из η<sup>3</sup>-аллильных комплексов Cr наиб. распространены [Cr(η<sup>3</sup>-аллил)<sub>3</sub>]. При термоллизе и УФ облучении они превращаются в [Cr<sub>2</sub>(η<sup>3</sup>-аллил)<sub>4</sub>], с CO дают [Cr(CO)(η<sup>3</sup>-аллил)<sub>2</sub>] или [Cr(CO)<sub>2</sub>], с HX и I<sub>2</sub> – [Cr(η<sup>3</sup>-аллил)<sub>2</sub>X]<sub>2</sub>. Получают [Cr(η<sup>3</sup>-аллил)<sub>3</sub>] из аллилмагнийхлорида и CrCl<sub>3</sub>.

Из циклопентадиенильных комплексов Cr наиб. изучены [Cr(CO)<sub>3</sub>(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>], [Cr(CO)<sub>2</sub>(NO)(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>] и [Cr(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>]. Известны также [Cr(NO)<sub>2</sub>(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)X], [Cr(NO)<sub>2</sub>(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>], [Cr(L)(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)X<sub>2</sub>] и [Cr(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)X<sub>3</sub>] (X – галоген, L – Ph<sub>3</sub>P и др.). Димер [Cr(CO)<sub>3</sub>(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>] – диамагнитен, в мягких условиях претерпевает обратимый гомолиз связи Cr – Cr и образует парамагн. мономер [Cr(CO)<sub>3</sub>(η-C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)], при нагр. в толу-



оле димер декарбонилируется до  $[\text{Cr}_2(\text{CO})_4(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]$ , с  $\text{H}_2$  дает  $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$ , с амальгамой  $\text{Na} - \text{Na}[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$  (последний с  $\text{RX}$  дает  $[\text{Cr}(\text{R})(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$ ).

Получают  $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]$  из  $[\text{Cr}(\text{CO})_6]$  и дициклопентадиена или циклопентадиенида  $\text{Na}$  либо из  $\text{CO}$  и хромосена;  $[\text{Cr}(\text{CO})_2(\text{NO})(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$  из  $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)]$  и  $\text{NOCl}$  или фотолитом  $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]$  ( $n = 2, 3$ ) в присут.  $\text{NO}$ .

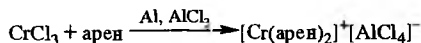
При взаимодействии галогенидов  $\text{Cr}(\text{II})$  или  $\text{Cr}(\text{III})$  с циклопентадиенидом  $\text{Na}$  либо  $\text{Cr}(\text{CO})_6$  с циклопентадиеном образуется парамагн. хромосен  $[\text{Cr}(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]$  (расстояние  $\text{Cr}-\text{C}$  0,217 нм; оно больше, чем соответствующее расстояние  $\text{Fe}-\text{C}$  в ферроцене); он обратимо окисляется до катиона  $[\text{Cr}(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]^+$  (потенциал полувольты окисления  $-0,67$  В относительно насыщ. каломельного электрода) и обратимо восстанавливается до аниона  $[\text{Cr}(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)_2]^-$  (при  $-2,3$  В); с  $\text{FeCl}_2$  дает ферроцен, с  $\text{CO}$ ,  $\text{HX}$ ,  $\text{CCl}_3$ ,  $\text{S}$  и др. — продукты замещения одного  $\text{C}_5\text{H}_5$ -лиганда.

Хром образует  $\pi$ -комплексы с ароматич. соед. Наиб. изучены  $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\text{арен})]$ . Для них характерны  $\pi$ -ции обмена лигандов: при УФ облучении замещается одна группа  $\text{CO}$  на  $\text{RNH}_2$ ,  $\text{RNC}$ ,  $\text{RCN}$ , олефин, ацетилен; при взаимодействии с аминами, фосфинами и др. замещается ареновый лиганд и образуются комплексы типа  $[\text{Cr}(\text{CO})_2\text{L}_3]$  ( $\text{L} = \text{NH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{N}$ ,  $\text{PR}_3$ ,  $\text{P}(\text{OR})_3$ ); би- и тридентатные лиганды при  $160\text{--}220^\circ\text{C}$  образуют продукты замещения и аренового и карбонильных лигандов, напр.  $[\text{Cr}(\text{виру})_3]$ .  $\pi$ -ции электроф. замещения атома  $\text{H}$  (меркурирование, ацилирование, дейтерирование в кислой среде) в аренкарбонильных комплексах  $\text{Cr}$  затруднены по сравнению с аналогичными  $\pi$ -циями бензола; напротив,  $\pi$ -ции с бутиллитием и дейтерирование в основной среде протекают в более мягких условиях.

Галогенсодержащие ареновые комплексы  $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{X})]$  ( $\text{X} = \text{Cl}$ ,  $\text{F}$ ) легко замещают галоген на  $\text{RO}^-$ ,  $\text{CN}^-$ , карбанионы. Эти  $\pi$ -ции широко применяют в орг. синтезе. Получают аренкарбонильные комплексы обменом лигандов при нагревании аренов с  $[\text{Cr}(\text{CO})_6]$ ,  $[\text{Cr}(\text{CO})_3\text{L}_3]$  либо  $[\text{Cr}(\text{CO})_3(\eta^6\text{-C}_{10}\text{H}_8)]$ .

Бисареновые комплексы  $[\text{Cr}(\text{арен})_2]$  — термически устойчивые в-ва (до  $200\text{--}300^\circ\text{C}$  в отсутствие  $\text{O}_2$ ); дибензолхром имеет сэндвичевую структуру с заслоненной конформацией. Хим. (окислители —  $\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{I}_2$ , алкилгалогениды,  $\kappa$ -ты Льюиса) и электрохим. окисление бисареновых комплексов приводит к катионам  $[\text{Cr}(\text{арен})_2]^+$  (потенциал полувольты для дибензолхрома  $-0,80$  В), при электрохим. окислении при низких  $\tau$ -рах образуются нестабильные двухзарядные катионы  $[\text{Cr}(\text{арен})_2]^{2+}$ ; при восстановлении нейтральных комплексов  $[\text{Cr}(\text{арен})_2]$  с электронно-акцепторными заместителями ( $\text{COR}$ ,  $\text{CH}=\text{C}(\text{COR})$ ,  $\text{CN}$ ,  $\text{Ph}$ ) образуются анион-радикалы  $[\text{Cr}(\text{арен})_2]^-$ . Дибензолхром вступает в реакции металлизации и изотопного обмена водорода в основных средах. В катионных комплексах  $\text{Cr}(\text{I})$  кислотность связей  $\text{C}-\text{H}$  на  $16\text{--}17$  порядков выше, чем в бензоле. В хлорзамещенных, катионных комплексах  $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl})_2]^+$  атом хлора легко замещается на  $\text{RO}^-$ ,  $\text{RNH}$  и др. Обмен ареновых лигандов в  $[\text{Cr}(\text{арен})_2]$  на другой арен протекает в жестких условиях, в присут.  $\text{AlHal}_3$  процесс ускоряется;  $\pi$ -ции замещения арена на  $\text{CO}$ ,  $\text{PF}_3$  требуют высоких  $\tau$ -р и давлений ( $200^\circ\text{C}$ ,  $> 30$  МПа). Бис(нафталин)хром легко обменивает один или оба лиганда на  $\text{RNC}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{PR}_3$ , бипиридил.

Дибензолхром получают взаимодействием  $\text{CrCl}_3$  с  $\text{PhMgBr}$ , образующийся  $[\text{CrPh}_3]$  в результате  $\sigma, \pi$ -перегруппировки дает смесь  $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_5)_2]$ ,  $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{Ph}_2]$  и  $[\text{CrPh}_2]$ . Для синтеза алкил- и арилзамещ. дибензолхрома используют метод Фишера-Хаффнера:



Наиб. универсальный метод синтеза — соконденсация паров  $\text{Cr}$  и арена при  $-196^\circ\text{C}$  в высоком вакууме. Комплексы типа  $[\text{Cr}(\text{C}_6\text{H}_5\text{X})_2]$  ( $\text{X} = \text{COR}$ ,  $\text{COOR}$ ,  $\text{SiR}_3$ ,  $\text{PR}_2$ ,  $\text{I}$ ) получают металлизацией дибензолхрома комплексом бутиллития с тетра-

метилэтилендиамином с последующим взаимодействием с соответствующими реагентами.

Получены сэндвичевые комплексы  $\text{Cr}$ , содержащие два разных циклич.  $\pi$ -лиганда. Соед.  $[\text{Cr}(\eta\text{-C}_5\text{H}_5)(\eta\text{-C}_6\text{H}_6)]$  чрезвычайно реакционноспособно; при ацилировании в условиях  $\pi$ -ции Фриделя-Крафтса происходит расщирение 6-членного кольца до 7-членного и образуется  $[\text{Cr}(\eta^5\text{-C}_5\text{H}_5)(\eta^7\text{-C}_7\text{H}_6\text{R})]^+$ .

Известны комплексы  $\text{Cr}$  с карборанами в качестве лигандов, напр.  $[\text{Cr}(1,2\text{-C}_2\text{B}_9\text{H}_9\text{R}_2)]^-$  и  $[\text{Cr}(1,7\text{-C}_2\text{B}_9\text{H}_{11})_2]^-$ .

$\text{X}$ . с. — катализаторы  $\pi$ -ции полимеризации и олигомеризации олефинов (напр., иод-аллильные комплексы),  $[\text{Cr}(\text{арен})_2]$  применяют для получения металлич. и оксидных пленок и покрытий.

Лит.: Магомедов Г.К.-И., в кн.: Методы элементоорганической химии. Подгруппы меди, скандия, титана, ванадия, хрома, марганца. Лантаноиды и актиноиды, под ред. А.Н. Несмеянова, К.А. Кочешкова, кн. 2, М., 1974, с. 477–576; Comprehensive organometallic chemistry, v. 3, Oxf. [a.o.], 1982, p. 783–951, 953–1077.

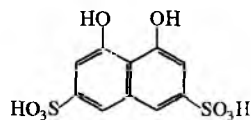
Л.П. Юрьева.

**ХРОМОСОМЫ**, структурные элементы клеточного ядра, являющиеся носителями *генов* и определяющие наследственные св-ва клеток и организмов. Способны к самовоспроизведению, обладают структурной и функциональной индивидуальностью и сохраняют ее в ряду поколений. Основу  $\text{X}$ . составляет нуклеопротеид *хроматин*. Запись наследственной информации в  $\text{X}$ . обеспечивается строением ДНК, ее *генетическим кодом*. Белки, содержащиеся в  $\text{X}$ ., участвуют в сложной упаковке ДНК и регуляции ее способности к синтезу РНК — *транскрипции*.

В процессе функционирования  $\text{X}$ . претерпевают структурно-морфологич. преобразования, в основе к-рых лежит процесс спирализации — деспирализации структурных единиц  $\text{X}$ . (хромосом). На одной из стадий деления клеток — в метафазе — спирализованные (плотнупакованные, конденсированные)  $\text{X}$ . хорошо различимы в оптич. микроскопе. В клетках тела двуполовых животных и растений каждая  $\text{X}$ . представлена двумя гомологичными  $\text{X}$ ., происходящими одна от материнского, а другая от отцовского организма. Каждый вид обладает характерным и постоянным набором  $\text{X}$ . в клетке; число  $\text{X}$ . в хромосомном наборе варьирует от двух до неск. сотен для разных видов.

Термин « $\text{X}$ .» предложен В. Вальдейером в 1888. См. также *Репликация*.

**ХРОМОТРОПОВАЯ КИСЛОТА** (4,5-дигидрокси-2,7-нафталиндисульфокислота), мол. м. 320,3, бесцв. кристаллы; хорошо раств. в воде (кристаллизуется с 2 молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ ). Динатриевая соль  $\text{X}$ . к. (хромотроп) — реагент в аналит. химии, кристаллизуется в виде белых игол с 2 молекулами  $\text{H}_2\text{O}$ . Соль хорошо раств. в воде, плохо — в этаноле ( $0,62$  г в  $100$  г при  $15^\circ\text{C}$ ) и диэтиловом эфире; водный р-р соли обычно имеет буроватую окраску.  $\text{X}$ . к. можно получить гидролизом 4-амино-5-гидрокси-2,7-нафталиндисульфокислоты (при действии 3%-ной  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).



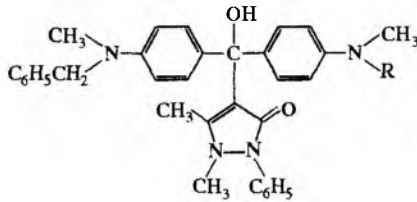
Водный р-р хромотропа с  $\text{FeCl}_3$  дает темно-зеленое окрашивание, с  $\text{Ti}(\text{IV})$  — красно-бурое. Разб. р-р при облучении УФ светом дает голубую флуоресценцию, яркость к-рой возрастает при увеличении рН, что используется при кислотно-основном титровании. Применяют  $\text{X}$ . к. для обнаружения  $\text{Ti}(\text{IV})$ ,  $\text{Cr}(\text{VI})$ ,  $\text{Fe}(\text{III})$ ,  $\text{Mo}(\text{VI})$ ,  $\text{Hg}(\text{II})$  и др. элементов,  $\text{ClO}_4^-$  и др. окислителей, а также для определения  $\text{Ti}(\text{IV})$  и  $\text{Cr}(\text{VI})$ . Так,  $\text{Ti}(\text{IV})$  определяют обычно при рН от 3 до 5 в буферном р-ре (при рН 3,5  $\lambda$  комплекса  $460$  нм,  $\epsilon$   $1,7 \cdot 10^4$ ); мешают ионы  $\text{Fe}(\text{III})$ , к-рые предвратительно восстанавливают до  $\text{Fe}(\text{II})$  аскорбиновой к-той, сульфитами и др. С помощью  $\text{X}$ . к. определяют  $\text{Ti}$  и  $\text{Cr}$  в чугунах, сталях и др.

Лит.: Саввин С.Б., Дедков Ю.М., «Ж. аналит. химии», 1964, т. 19, № 1, с. 21–27; Марченко О.З., Фотометрическое определение элементов, пер. с польск., М., 1971, с. 396–97.

**ХРОМОФОБЫ**, см. *Цветность органических соединений*.

**ХРОМПИРАЗОЛЫ**. Известны  $\text{X}$ . I (в ф-ле  $\text{R} = \text{CH}_3$ ) и  $\text{X}$ . II ( $\text{R} = \text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ ).  $\text{X}$ . I — синие кристаллы; плавятся с разл.:

раств. в ацетоне, этаноле, ДМФА, плохо – в воде. Реагент для фотометрич. определения в кислой среде Zn ( $\lambda$  комплекса 640 нм,  $\epsilon$   $6,3 \cdot 10^4$ ), W ( $\lambda$  635 нм,  $\epsilon$   $8,5 \cdot 10^4$ ), а также P и Si; экстракционно-фотометрич. определения Hg(II) в бензоле ( $\lambda$  585 нм,  $\epsilon$   $4,7 \cdot 10^4$ ) и Au(III); для титриметрич. определения Cd, Si, P, Bi и W; для концентрирования мн. элементов.



X. II – темно-синие кристаллы; плавятся с разл.; раств. в ацетоне, этаноле, хлороформе, ДМФА, водных р-рах к-т, не раств. в воде. Реагент для титриметрич. и фотометрич. определения Cd в 1 М р-ре H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в присут. Zn и Cu ( $\lambda$  635 нм,  $\epsilon$   $1 \cdot 10^5$ ); для экстракционно-фотометрич. определения Ga(III), Hg(II), Sb(V), Re(VII) ( $\lambda$  580–585 нм,  $\epsilon \cdot 10^4$  1,67, 6,1, 4,6 и 7,5 соотв.).

**ХРОНОАМПЕРОМЕТРИЯ**, электрохим. метод исследования и анализа, основанный на изучении зависимости от времени величины тока, протекающего через электролитич. ячейку при определенном значении электродного потенциала поляризуемого электрода. Этот потенциал можно поддерживать, напр., с помощью потенциостата. Напряжение, накладываемое на электролитич. ячейку, измеряют с учетом омич. падения напряжения в ней и приборе, регистрирующем ток. Обычно используют трехэлектродную ячейку, включающую, кроме поляризуемого рабочего (индикаторного) и вспомогательного электродов (через к-рые протекает электрич. ток), электрод сравнения, необходимый для контроля потенциала рабочего электрода. Двухэлектродная ячейка применяется в тех редких случаях, когда не нужно поддерживать строго постоянный потенциал рабочего электрода. Электрохим. процесс (электролиз) проводят в течение сравнительно короткого времени (от неск. секунд до неск. минут) на рабочем стационарном электроде (напр., платиновом, графитовом, ртутном) в перемещиваемом р-ре, содержащем настолько большой избыток фонового электролита, что ионная сила р-ра практически не зависит от концентрации исследуемого электрохимически активного (электроактивного) в-ва. Электрод сравнения (насыщ. каломельный или хлорсеребряный) остается во время измерения неполяризуемым, т. е. его потенциал сохраняет постоянное значение независимо от малых значений тока, проходящего через ячейку. Вспомогат. электрод изготавливают обычно из платины или графитовых материалов. Величина тока в X. определяется скоростью пл. обр. диффузионного переноса в-в, участвующих в электродном процессе, и(или) кинетикой электрохим. р-ции. Если электрохим. р-ция протекает настолько быстро, что на электродах достигается электрохим. равновесие, то процессы обратимы, и скоростью лимитирующей стадией является диффузия. Тогда для вычисления электродного потенциала применимо *Нернста уравнение*. Если электроактивное в-во (со стандартным электродным потенциалом  $E^0$ ) восстанавливается, то при менее отрицат. потенциале, чем  $E^0$ , электрохим. р-ция не происходит и ток практически равен 0. Сдвиг потенциала к более отрицат. значениям приводит к увеличению равновесной концентрации восстановленной формы, ток возрастает и достигает предельной величины, определяемой диффузией электроактивного в-ва. Зависимость плотности предельного тока  $i$  от объемной концентрации  $C$  окисленной формы электроактивного в-ва описывается ур-нием Коттреля:  $i = nFD^{1/2}C/\pi^{1/2}t^{1/2}$ , где  $n$  – число электронов, участвующих в электродном процессе;  $F$  – число Фарадея;  $D$  – коэф. диффузии окисленной формы электроактивного в-ва;  $t$  – время. Скорость диффузии зависит пл. обр. от геометрии пов-сти раздела электрод – раствор. Если рабочий электрод имеет форму пластинки или цилиндра, то в

процессе электролиза при достаточно отрицательном потенциале плотность тока в течение времени падает до 0 (причем в случае цилиндрич. электрода ток падает значительно медленнее, чем в случае плоского). При использовании электрода сферич. формы значение тока уменьшается до нек-рой постоянной, отличной от 0 величины. При использовании плоских перемещающихся в р-ре электродов величина предельного тока возрастает в  $1/3$  раза; при этом с помощью ур-ния Коттреля можно вычислить значения мгновенного диффузионного тока (см. *Вольтамперометрия*).

Если электродные процессы необратимы и лимитирующей стадией является электрохим. р-ция, зависимость плотности тока от концентрации электроактивного в-ва описывается ур-нием:  $i = nFD^{1/2}C \cdot f(\lambda) \cdot t^{-1/2}$ , где  $\lambda = kt^{1/2}/D^{1/2}$ ,  $k$  – константа скорости прямой электрохим. р-ции, а ф-ция  $f$  зависит от  $\lambda$  и изменяется от 1 до 0. Тогда, при  $t = 0$  ток имеет конечную величину. В случае сферич. электрода с большим радиусом при  $t \rightarrow 0$  зависимость тока от времени такая же, как в случае плоского электрода.

Если электродным процессам предшествует хим. р-ция первого порядка, в результате к-рой образуется электроактивное в-во, зависимость  $i$  от  $t$  С такая же, как для необратимых электродных процессов, но дополнительно учитывают параметр  $\rho \sim \sqrt{Kk_1t}$ , где  $K$  – константа равновесия хим. р-ции;  $k_1$  – константа скорости прямой хим. р-ции.

В случае каталитич. электродных процессов (см. *Поляррография*) отношение каталитич. тока к предельному диффузионному току пропорционально параметру  $\gamma^{1/2}$ , зависящему от  $k_1$ ,  $C$  и  $t$ . Если между двумя электрохим. процессами протекает хим. р-ция, то при малой скорости последней ( $k_1 \rightarrow 0$ ) зависимость  $i$  от  $t$  и  $C$  описывается ур-нием Коттреля; если  $k_1 \rightarrow \infty$ , то в ур-нии Коттреля  $n$  представляет собой число электронов, участвующих в обоих электрохим. р-циях.

X. используется пл. обр. для изучения кинетики электродных р-ций, для определения кол-ва электричества при электролизе. В аналит. практике X. применяют редко, т. к. по своим метрологич. характеристикам метод уступает вольтамперометрии.

*Лит.*: Галюс З., Теоретические основы электрохимического анализа, пер. с польск., М., 1974; Бонд А. М., Поляррографические методы в аналитической химии, пер. с англ., М., 1983. А. И. Каменев.

**ХРОНОПОТЕНЦИОМЕТРИЯ**, электрохим. метод исследования и анализа, основанный на изучении изменения электродного потенциала  $E$  во времени при контролируемом значении тока электролиза. Различают прямую и инверсионную X. Чаще применяют первый вариант. В этом случае электролиз осуществляют в перемещиваемом р-ре определяемого электрохимически активного (электроактивного) в-ва при большом избытке фонового электролита; при этом значение тока, как правило, превышает предельный диффузионный ток  $I_d$  (см. *Вольтамперометрия*). Используют двух- и трехэлектродные ячейки (см. *Хроноамперометрия*). Регистрируют хронопотенциометрич. кривую – зависимость электродного потенциала рабочего электрода (на к-ром происходит электролиз) от времени  $t$ .

У пов-сти рабочего электрода постепенно уменьшается концентрация исследуемого в-ва и соответственно изменяется электродный потенциал в сторону более отрицат. значений. В конце электролиза наблюдается резкий скачок потенциала. Интервал времени, в течение к-рого концентрация электроактивного в-ва уменьшается практически до 0, наз. переходным временем  $\tau$ , причем  $i\tau^{1/2} \sim CnFD_0^{1/2}$ , где  $C$  – объемная концентрация электроактивного в-ва;  $n$  – число электронов, участвующих в электрохим. процессе;  $F$  – число Фарадея;  $D_0$  – коэф. диффузии окисленной формы в-ва;  $i$  – плотность электрич. тока. При постоянных значениях  $C$  и площади пов-сти электрода произведение  $i\tau^{1/2} = \text{const}$ . Изменяя  $i$ , можно менять величину  $\tau$ . Необходимые условия проведения анализа – отсутствие конвекции и малое значение тока, расходуемого на зарядание двойного электрол. слоя. Обычно продолжительность электролиза  $t$  не превышает  $\sim 30$  с, так как при больших  $t$  на величину  $\tau$  оказывают сильное влияние емкость

двойного электрич. слоя, конвекция, адсорбция и др. факторы. Величина  $\tau$  зависит также от формы электрода: для цилиндрич. электрода она меньше, чем для сферического с такими же радиусом и площадью пов-сти. Если ток электролиза является ф-цией  $i^{1/2}$ , то  $\tau \sim C$ . Это соотношение лежит в основе количеств. хим. анализа. Значение  $\tau$  определяют по хронопотенциометрич. кривой, вид к-рой зависит от характера электрохим. процесса.

Для обратимого электрохим. процесса, скорость к-рого ограничивается диффузией электроактивного в-ва (диффузионный процесс с переходным временем  $\tau_{\text{диф}}$ ), электродный потенциал  $E_{\text{в}}$  при  $t = \tau/4$  равен потенциалу полуволны  $E_{1/2}$ . Причем выражение для хронопотенциометрич. кривой в координатах  $E-t$  совпадает с ур-нием для вольтамперометрич. волны, если вместо  $E_{1/2}$ ,  $I_d$  и  $I$  подставить соотв.  $E_{\text{в}}$ ,  $\tau^{1/2}$  и  $i^{1/2}$ .

Для необратимого электрохим. процесса форма хронопотенциометрич. кривой определяется произведением  $\alpha n_a$ , где  $\alpha$  – коэф. переноса электрона;  $n_a$  – число электронов, участвующих в медленной стадии электрохим. р-ции. Величина  $\tau$  не зависит от кинетики электродной р-ции. При  $t = 0$  значение  $E$  определяется константой скорости  $k_f$  прямой гетерог. электрохим. р-ции, величинами  $\alpha n_a$  и  $i$ . Чем меньше  $k_f$ , тем большее перенапряжение необходимо для протекания этого процесса. Величина смещения хронопотенциометрич. кривой в отрицат. область потенциалов возрастает с увеличением  $i$ . Это справедливо для процессов, протекающих на электродах сферич. и цилиндрич. формы. Условие необратимости электродного процесса в Х.:  $k_f \tau^{1/2} < 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ см} \cdot \text{с}^{-1/2}$ . Использование приема реверса (изменения знака) тока позволяет изучать процессы восстановления (катодные с  $\tau_c$ ) и окисления (анодные с  $\tau_a$ ), при этом  $\tau_c = 3\tau_a$ .

Если скорость электрохим. р-ции лимитируется скоростью образования в р-ре электроактивного в-ва из определяемого компонента, то процесс наз. кинетическим (переходное время  $\tau_{\text{кин}}$ ); причем  $i\tau_{\text{кин}}^{1/2} < i\tau_{\text{диф}}^{1/2}$ . При  $i \rightarrow 0$  значение  $i\tau_{\text{кин}}^{1/2}$  для кинетич. и диффузионных процессов сближаются. Увеличение  $i$  приводит к линейному уменьшению  $i\tau_{\text{кин}}^{1/2}$ , тем более резко, чем меньше константа равновесия  $K$  и константа скорости  $k$ , прямой хим. р-ции образования электроактивного в-ва. В случае каталитич. электродного процесса (см. *Полярграфия*) с переходным временем  $\tau_{\text{кат}}$  величина  $(\tau_{\text{кат}}/\tau_{\text{диф}})^{1/2}$  зависит от параметра  $\gamma$ ; причем  $\gamma \sim (k_1 C_{\text{кат}})^{1/2}$ , где  $C_{\text{кат}}$  – концентрация катализатора. При  $\gamma > 2$  наблюдается линейная зависимость отношения  $(\tau_{\text{кат}}/\tau_{\text{диф}})$  от  $\gamma$ .

В инверсионной Х. предвратно проводят электролиз (электролитич. концентрирование) определяемого в-ва в течение времени  $t_x$  при заданном токе или потенциале. Выделенное на электроде в-во растворяют электрохимически при  $i = \text{const}$  или химически (чаще окислением, напр. с помощью  $\text{Hg}^{2+}$  или  $\text{O}_2$ ). Величина  $\tau$  обычно пропорциональна концентрации электроактивного в-ва и времени  $t_x$ .

Х. применяют для определения ионов металлов в объектах окружающей среды (сточных и прир. водах, почвах, растениях, осадочных горных породах), а также в биосредах (кровь, моча). Пределы обнаружения достигают неск. мкг/л; относит. стандартное отклонение – неск. % (для малых концентраций менее 0,25%).

Лит.: Галус З., Теоретические основы электрохимического анализа, пер. с польск., М., 1974; Агасян П. К. [и др.], «Ж. аналит. химии», 1976, т. 31, в. 1, с. 121–42; Захаров М. С., Баханов В. И., Пнев В. В., Хронопотенциометрия, М., 1978.

А. И. Каменев.

**ХРУПКОСТИ ТЕМПЕРАТУРА** полимеров, т-ра, ниже к-рой полимер становится хрупким, т.е. разрушается при очень малых деформациях. Х. т. зависит от режима испытаний и возрастает при увеличении длительности мех. воздействия. Х. т. можно определять графически по температурным зависимостям величин разрушающей деформации, разрушающего напряжения и длительности нагружения до разрушения. На практике в качестве Х. т. обычно используют значение, найденное по первой зависимости.

Для эластомеров характерны наиб. низкие значения Х. т., к-рые в этом случае служат характеристикой их морозостой-

кости. Х. т. пластмасс лежит ниже т-ры стеклования, причем интервал между этими величинами варьирует от 10 °С (для полистирола) до 100 °С (для поливинилхлорида). Значения Х. т., как правило, соответствуют ниж. границе температурной области эксплуатации изделий из полимерных материалов, хотя на практике иногда целесообразно использовать хрупкие материалы, обладающие иными ценными св-вами.

А. Я. Малкин.

**ХУНДА ПРАВИЛА**, приближенные правила, определяющие относит. расположение энергетич. уровней атома. Получены Ф. Хундом в 1927 в результате анализа атомных спектров.

Формулировка Х. п. предполагает, что состояние многоэлектронного атома можно описать, указав т. наз. электронную конфигурацию – набор тех состояний, в к-рых находятся отдельные электроны. В общем случае данной электронной конфигурации отвечает неск. разных энергетич. состояний атома. Каждое из них в силу сферич. симметрии атома можно классифицировать по суммарному орбитальному моменту (квантовое число  $L = 0, 1, 2, \dots$  отвечает соотв. состояниям  $S, P, D$ -типов), суммарному спину (квантовое число  $S$ ) и полному моменту импульса атома как целого (квантовое число  $J$ , к-рое при заданных  $L$  и  $S$  меняется от  $L + S$  до  $|L - S|$  с шагом 1). Напр., атом С в низших состояниях можно описать электронной конфигурацией  $1s^2 2s^2 2p^2$ ; общее число состояний, отвечающих такой конфигурации, с учетом вырожденности нек-рых уровней равно 15. При стандартном обозначении символом  $^{2S+1}L_J$  состояния атома С –  $^1S_0, ^3P_0, ^3P_1, ^3P_2, ^1D_2$ .

Наиб. распространены след. Х. п.:

1. Из состояний атома с заданной электронной конфигурацией ниже по энергии те, к-рые отвечают большим значениям  $S$ .

2. Из состояния атома с заданной конфигурацией и заданным спином  $S$  ниже по энергии те, к-рые отвечают большему значению  $L$ .

С Х. п. тесно связан важный для теории мол. орбиталей принцип заполнения: из неск. конфигураций молекулы ниже по энергии те, для к-рых сумма значений орбитальных энергий атомов меньше.

Х. п. ограничены в осн. низколежащими состояниями атомов при условии, что влияние электронной корреляции (взаимной обусловленности движений электронов) достаточно мало и не нарушает границ применимости одноконфигурационного приближения (см. *Конфигурационного взаимодействия метод*). Основанием для выполнения первого правила является тесная связь между симметрией пространств. части волновой ф-ции атома и симметрией ее спиновой части, существующая согласно *Паули принципу*. По этой же причине первое Х. п. обычно выполняется и для молекул.

Второе Х. п. имеет более ограниченную применимость и определяется в осн. тем, насколько значимо межэлектронное отталкивание в анализируемых состояниях. Это правило выполняется иногда и для линейных молекул (при замене  $L$  на модуль проекции момента кол-ва движения на ось молекулы).

Для нек-рых типов состояний удается найти дополнит. правила, отвечающие изменению энергии атома при данной конфигурации и данных  $L$  и  $S$  в зависимости от  $J$ . Эти правила связаны со *спин-орбитальным взаимодействием* и др. тонкими эффектами. Напр., если в конфигурации есть лишь одна частично заполненная оболочка, то при заполнении оболочки менее чем на половину («нормальный мультиплет») энергия растет с повышением  $J$ . В остальных случаях с ростом  $J$  энергия убывает («обращенный мультиплет»). Так, для атома С описанные правила подтверждаются эксперим. значениями энергий возбуждения из основного состояния  $^3P_0$ : энергия перехода в состояние  $^3P_1$  равна 0,2 кДж/моль, в состоянии  $^3P_2 - 0,5$ ,  $^1D_2 - 121,9$ ,  $^1S_0 - 259,0$  кДж/моль.

Х. п. часто нарушаются, т. к. одноконфигурационные модели атомов и молекул довольно редко бывают надежны. С появлением прецизионных эксперим. данных о спектрах атомов они теряют свое значение.

Лит.: Собельман И. И., Введение в теорию атомных спектров, М., 1977; Абаренков И. В., Братцев В. Ф., Тулуб А. В., Начала квантовой химии, М., 1989.

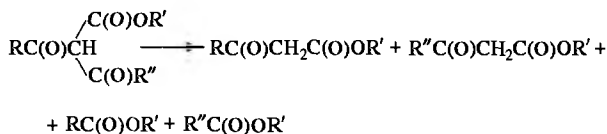
В. И. Путьшев.

**ХУНДА СЛУЧАИ СВЯЗИ**, различные случаи связи отд. составляющих полного момента импульса двухатомной молекулы или линейной многоатомной молекулы. Учитываются при расчете энергии молекулы как предельные случаи взаимодействия между электронным и вращат. движениями. Энергия линейной молекулы зависит от след. составляющих полного момента  $J$ : орбитального момента  $L$  и спина  $S$  электронов, вращат. момента  $R$  и спина  $I$  ядер. Электростатич. и магн. поля, создаваемые ядрами, влияют на движение электронов и определенным образом ориентируют их орбитальный момент и спин либо, если велико *спин-орбитальное взаимодействие*, их сумму  $L + S$ . Различные X. с. с. выделяют в зависимости от того, сильными или слабыми являются указанные поля, велико или мало взаимод. отд. моментов и их проекций на ось молекулы или ось ее вращения и, следовательно, какие из моментов и их проекций м. б. представлены в выражении для энергии молекулы определенными квантовыми числами. Рассмотрение X. с. с. позволяет установить, какие общие св-ва симметрии характеризуют вращат. волновые ф-ции каждой молекулы. Для наглядного представления X. с. с. обычно используют векторную модель сложения моментов.

X. с. с. важны при анализе спектров линейных молекул с разрешенной тонкой структурой. Для каждого электронного состояния, относящегося к данному X. с. с., имеется вполне определенная зависимость вращат. уровней энергии от соответствующих квантовых чисел, что приводит к определенному виду спектра. Поэтому наблюдаемые спектры соотносят с ожидаемыми при заданных X. с. с. для обоих состояний, между к-рыми происходит переход, а все отклонения интерпретируют либо как указание на необходимость выбора других X. с. с., либо, если отклонения малы, как обусловленные дополнит. малыми возмущениями. Эксперим. данные свидетельствуют о том, что большинство состояний линейных молекул относится к промежуток. случаям связи составляющих полного момента импульса молекулы, однако на практике этим часто пренебрегают и относят каждое состояние к определенному «чистому» X. с. с.

Н. Ф. Степанов.

**ХУНСДИККЕРА РЕАКЦИИ**, 1) получение эфиров 3-оксокарбонных к-т расщеплением эфиров 2-ацил-3-оксокарбонных к-т под действием оснований (т. наз. расщепление по Хунсдиккеру):



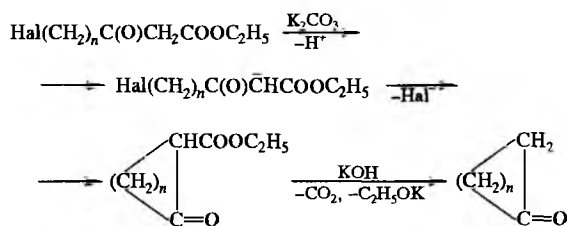
В р-ции преимущественно образуется эфир той оксокарбонной к-ты, у к-рой больше орг. радикал, связанный с кетогруппой. В качестве оснований используют алкохоляты или щелочи. Р-цию обычно проводят при комнатной т-ре в среде этанола или метанола; основание берут с небольшим избытком (ок. 5%). Выходы 40–75%.

Осн. побочные процессы – конденсация карбонильных соед. и декарбокислирование. Считается, что первоначально в X. р. имеет место енолизация одной из оксогрупп эфира, а затем происходит расщепление молекулы. Ацилирование 2-ацетоуксусного эфира в сочетании с расщеплением по Хунсдиккеру широко используют в препаративной практике для получения эфиров высших 3-оксокарбонных к-т.

Р-ция открыта Х. Хунсдиккером в 1942.

Лит.: Органикум, пер. с нем., т. 2, М., 1979, с. 168; Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, Bd E 5/1, В., 1985, S. 367.

2) Получение макроциклич. кетонов внутримол. циклизацией  $\omega$ -галогеналкилацетоуксусных эфиров под действием  $\text{K}_2\text{CO}_3$  с послед. гидролизом и декарбокислированием промежуток. продуктов:

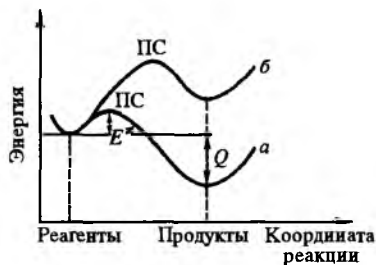


Циклизацию осуществляют длительным (3–4 сут) кипячением  $\omega$ -галогенкарбонильного соед. с избытком  $\text{K}_2\text{CO}_3$  при большом разбавлении (р-ритель обычно метилэтилкетон, метанол). Образующиеся циклич. эфиры 2-оксокарбонных к-т выделяют и нагревают с водным KOH.

Р-ция открыта Х. Хунсдиккером в 1942.

Лит.: Heineka H., Die Chemie der Beta-Dicarbonylverbindungen, В., 1950, S. 172. Г. И. Дрозд.

**ХЭММОНДА ПОСТУЛАТ**: структура переходного состояния (ПС) в высокоэкзотермич. р-циях близка к структуре исходных реагентов (рис., кривая а), в сильно эндотермич. р-циях – к структуре продуктов (рис., кривая б). Используется для качеств. анализа положения ПС на координате реакции как одностадийных р-ций, так и на каждой стадии многостадийных процессов. X. п. часто применяют в более широком смысле – «расширенный постулат Хэммонда»: с увеличением (уменьшением) экзотермичности р-ции ПС сдвигается в сторону реагентов (продуктов).



Положение переходного состояния для экзотермических (а) и эндотермических (б) р-ций.

Для качеств. оценки положения ПС используют также т. наз. правило Торнтона, согласно к-рому при наличии факторов, способствующих стабилизации нек-рой структуры, вклад ее в ПС становится больше. Так, в р-циях нуклеоф. замещения на атоме углерода в ПС может развиваться значительный положит. или отрицат. заряд. Изменение условий р-ции, при к-рых стабилизируется, напр., положит. заряд, приводит к большему вкладу карбкатиона в структуру ПС.

Количество формулировкой X. п. служит ур-ние Маркуса, по к-рому энергия активации  $E^‡$  является квадратичной ф-цией теплового эффекта р-ции  $Q$  (см. Реакционная способность). При этом положение ПС, определяемое как  $dE^‡/dQ$ , линейно зависит от экзотермичности р-ции: с ее увеличением ПС сдвигается в сторону исходных реагентов.

Сочетание X. п. и правила Торнтонна позволяет оценивать структуру и электронные характеристики ПС и прогнозировать влияние условий р-ции и заместителей на скорость и направление процесса.

Предложен Дж. С. Хэммондом в 1955.

Лит.: Керн Ф., Сандберг Р., Углубленный курс органической химии, пер. с англ., кн. 1, М., 1981, с. 150–56; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., М., 1987; Lowry T.H., Richardson K.S., Mechanism and theory in organic chemistry, 3 ed., N. Y., 1987. И. В. Трушков.

**ХЮККЕЛЯ МЕТОД**, квантовохим. метод приближенного расчета энергетич. уровней и мол. орбиталей ненасыщенных орг. соединений. Основан на предположении, согласно к-рому движение электрона вблизи атомного ядра в молекуле не зависит от состояний или числа др. электронов. Это позволяет

максимально упростить задачу определения мол. орбиталей (МО) в представлении линейной комбинацией атомных орбиталей (см. *ЛКАО-приближение*).

Метод предложен Э. Хюккелем в 1931 для расчета электронного строения углеводородов с сопряженными связями. Считается, что атомы углерода сопряженной системы лежат в одной плоскости, относительно  $k$ -рой высшие занятые и низшие виртуальные (свободные) МО (граничные мол. орбитали) антисимметричны, т. е. являются  $\pi$ -орбиталями, образованными атомными  $2p_z$ -орбиталями (АО) соответствующих атомов С. Влиянием остальных атомов, напр. Н, или мол. фрагментов с насыщенными связями пренебрегают. Предполагается, что каждый из  $M$  атомов углерода сопряженной системы вносит в  $\pi$ -систему один электрон и описывается одной атомной  $2p_z$ -орбиталью  $\chi_k$  ( $k = 1, 2, \dots, M$ ). Каждая МО  $\phi$  задается линейной комбинацией этих АО с коэф.  $C_1, C_2, \dots, C_M$ :  $\phi = C_1\chi_1 + \dots + C_M\chi_M$ . Значения коэф. определяются одноэлектронным уравнением Шрёдингера, к-рое можно представить в форме  $HC = EC$ , где  $E$  – одноэлектронная энергия;  $C$  – вектор-столбец, составленный из коэф.  $C_k$ ;  $H$  – матрица одноэлектронного гамильтониана (см. *Квантовая химия*). Матрица  $H$  характеризуется двумя параметрами – числами  $\alpha$  и  $\beta$ : диагональные элементы матрицы для всех АО равны  $\alpha$ , недиагональные элементы для пары АО химически связанных атомов равны  $\beta$ , для всех остальных пар АО они равны нулю. Т. обр., матрица гамильтониана однозначно указывает, какие из атомов химически связаны в соответствии со структурной ф-лой в-ва. Важно, что вектор  $C$  (и, значит, МО  $\phi$ ) не зависит от выбора численных значений  $\alpha$  и  $\beta$  для углеводорода. Поэтому в той мере, в какой сама структура матрицы  $H$  передает реальное строение молекулы и ее симметрию, Х. м. позволяет дать качеств. оценки относит. расположения уровней энергии, кратности их вырождения, описать вклад электронов отдельной орбитали в *электронную плотность* молекулы и т. д. Напр., для циклич. полиенов Х. м. предсказывает, что одноэлектронные уровни энергии  $\pi$ -системы расположены в след. порядке: низший из уровней невырожден, а несколько следующих двукратно вырождены в силу аксиальной симметрии  $\pi$ -системы. Наинизшее по энергии состояние молекулы соответствует полностью заполненным электронным оболочкам, если число электронов равно  $4l + 2$ , где  $l$  – любое целое число, что согласуется с правилом Хюккеля, согласно к-рому такая полиеновая система ароматична (см. *Ароматичность*). Более детальный анализ симметрии и строения МО может объяснить, напр., природу диамагнетизма ароматич. хим. соединений, четко проявляющуюся в спектрах ЯМР.

Простая модель электронного строения молекулы, даваемая Х. м., позволяет понять многие хим. явления. Напр., неполярность *альтернантных углеводородов* обусловлена тем, что эффективные заряды на всех атомах углерода равны нулю. Напротив, неальтернантная конденсированная система 5- и 7-членного циклов (азулен) имеет дипольный момент ок.  $1\text{Д}$  ( $3,3 \cdot 10^{-30}$  Кл·м).

В нечетных альтернантных углеводородах основное энергетич. состояние отвечает электронной системе, в к-рой есть хотя бы одна однократно занятая орбиталь. Можно показать, что энергия этой орбитали та же, что и в свободном атоме, в связи с чем она наз. несвязывающей МО. Удаление или добавление электрона изменяет заселенность лишь несвязывающей орбитали, что влечет появление заряда на нек-рых атомах, к-рый пропорционален квадрату соответствующего коэф. в разложении несвязывающей МО по АО. Для определения такой МО применяют простое правило: сумма коэф.  $C_k$  для всех атомов, соседних с любым данным, должна быть равна нулю. Кроме того, значения коэф. должны отвечать условию нормировки:  $C_1^2 + C_2^2 + \dots + C_M^2 = 1$ . Это приводит к характерному чередованию (альтернированию) зарядов на атомах в мол. ионах альтернантных углеводородов. В частности, указанное правило объясняет выделение по хим. св-вам *орто*- и *пара*-положений в бензольном ядре по сравнению с *мета*-положением.

Закономерности, установленные в рамках простого Х. м., искажаются при более полном учете всех взаимодейств. в молекуле. Однако обычно влияние множества разнородных дополнит. факторов (напр.,  $\sigma$ -электронов остова, заместителей, межэлектронного отталкивания и т. п.) качественно не меняет орбитальную картину электронного распределения. Поэтому Х. м. часто используют для моделирования сложных механизмов р-ций с участием орг. соединений.

При введении в молекулу гетероатомов (N, O, S, ...) существенными становятся параметры матрицы  $H$ , принимаемые для гетероатома и для атомов углерода. В отличие от случая полиенов, разные типы атомов или связей описываются разными параметрами  $\alpha$  или  $\beta$  и их соотношение существенно влияет на вид МО; качество предсказаний, получаемых в рамках простого Х. м., как правило, в итоге ухудшается.

Простой по своей идее, наглядный и не требующий сложных вычислений Х. м. является одним из наиб. распространенных средств создания квантовохим. модели электронного строения сложных мол. систем. Наиб. эффективно его применение в тех случаях, когда св-ва молекулы определяются в осн. топологич. структурой хим. связей, в частности *симметричной молекулы*.

Попытки построить улучшенные варианты Х. м. в рамках простых *молекулярных орбиталей методов* имеют мало смысла, т. к. приводят к методам расчета, сравнимым по сложности с более точными методами квантовой химии.

Лит.: Стрейтвизер Э., Теория молекулярных орбит. Для химиков-органиков, пер. с англ., М., 1965; Базилевский М. В., Метод молекулярных орбит в реакционная способность органических молекул, М., 1969; Дьюар М., Догерти Р., Теория возмущений молекулярных орбиталей в органической химии, пер. с англ., М., 1977.

В. И. Цупышев.

BOOKS.PROEKTANT.ORG

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОННЫХ  
КОПИЙ КНИГ

для проектировщиков  
и технических специалистов



# Щ

**ЦАРСКАЯ ВОДКА**, см. *Азотная кислота*.

**ЦВЕТНАЯ ФОТОГРАФИЯ**, см. *Фотография цветная*.

**ЦВЕТНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**, зависимость цвета орг. соед. от их строения. В статье рассмотрены основные положения электронной теории цветности. Ощущение цвета возникает в результате воздействия на зрительный нерв электромагн. излучения с частотами  $\nu$  в пределах  $3,8 \cdot 10^{14}$ – $7,6 \cdot 10^{14}$  Гц, т. е. с длинами волн  $\lambda$  380–760 нм (т. наз. видимая часть спектра). Суммарное действие электромагн. излучений во всем указанном интервале вызывает ощущение белого цвета, отсутствие определенного интервала длин волн – окрашенного (см. *Цветометрия*). В табл. 1 приведены приблизит. границы интервалов длин волн монохроматич. световых лучей (т. наз. спектральных цвета) и дополнит. цвета, к-рые возникают в зрительном аппарате, если из белого луча изымается (поглощается) к.-л. из спектральных цветов.

Табл. 1. – ПРИМЕРНЫЕ ГРАНИЦЫ ОСНОВНЫХ ЦВЕТОВ СПЕКТРА

$\lambda$ , нм	Спектральный цвет	Дополнительный цвет
400–435	Фиолетовый	Зеленовато-желтый
435–480	Синий	Желтый
480–490	Зеленовато-синий*	Оранжевый
490–500	Синевато-зеленый*	Красный
500–560	Зеленый	Пурпурный
560–580	Желтовато-зеленый	Фиолетовый
580–595	Желтый	Синий
595–605	Оранжевый	Зеленовато-синий*
605–730	Красный	Синевато-зеленый*
730–760	Пурпурный	Зеленый

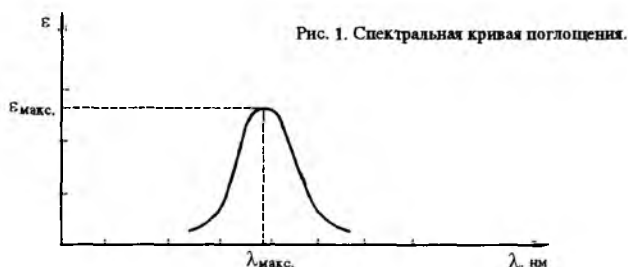
\* Голубой.

Белое тело практически полностью отражает лучи всей видимой части спектра, черное – полностью поглощает их, серое – поглощает все лучи приблизительно одинаково, но не полностью, цветное – избирательно поглощает нек-рые из них.

Энергия  $E$  электромагн. излучения определяется ур-нием Планка:  $E = h\nu = hc/\lambda$  ( $h$  – постоянная Планка;  $c$  – скорость света;  $\lambda$  – длина волны) и составляет для видимой части спектра ~158–300 кДж/моль. Для того чтобы соед. было окрашенным, энергия возбуждения его молекулы  $\Delta E = E' - E^0$  ( $E^0$  и  $E'$  – энергия молекулы соотв. в основном и возбужденном состояниях) должна лежать в этих пределах (при  $\Delta E > 300$  кДж/моль поглощение происходит в УФ, при  $\Delta E < 158$  кДж/моль – в ИК частях спектра). Указанным значениям энергии возбуждения отвечают переходы между разл. электронными уровнями энергии молекул (см. *Молекулярные спектры*).

Поглощение света в-вом характеризуется кривой поглощения, к-рая строится на основе измерения интенсивностей поглощения света определенных длин волн, рассчитанных по закону Бугера–Ламберта–Бера:  $I = I_0 \exp(-\epsilon CL)$ , где  $I_0$  и  $I$  – интенсивности светового луча соотв. до и после прохождения через р-р в-ва;  $C$  – молярная концентрация в-ва;  $L$  – толщина слоя р-ра;  $\epsilon$  – молярный коэф. поглощения, или экстинкции, характерный для каждого в-ва. Если кривая поглощения

построена в координатах  $\epsilon - \lambda$ , то положение ее максимума на оси абсцисс ( $\lambda_{\text{макс}}$ ) характеризует спектральный цвет и является мерой энергии возбуждения, а положение максимума на оси ординат ( $\epsilon_{\text{макс}}$ ) – интенсивность окраски и является мерой вероятности электронного перехода (рис. 1).



С уменьшением энергии возбуждения  $\lambda_{\text{макс}}$  смещается в длинноволновую часть спектра, при этом окраска изменяется от желтой к оранжевой, красной и т. д.; такое изменение цвета наз. его углублением или батохромным сдвигом; увеличение энергии возбуждения, приводящее к смещению  $\lambda_{\text{макс}}$  в коротковолновую область и изменению окраски в обратную последовательности, наз. повышением цвета или гипсохромным сдвигом.

Первостепенное значение в процессах поглощения света молекулами орг. соед. имеет разность энергий их граничных мол. орбиталей (ГМО) – высшей занятой и нижней свободной, т. к. переход электронов с одной орбитали на другую обычно обуславливает длинноволновую полосу поглощения, лежащую в видимой части спектра и определяющую цвет соед. Уровни ГМО зависят от характера электронов, входящих в состав молекулы.

Для  $H_2$  и парафинов, содержащих только  $\sigma$ -связи C–H и C–C, энергия возбуждения для перехода  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  составляет (кДж/моль): 1090 ( $H_2$ ), 1000 ( $CH_4$ ), 890 ( $C_2H_6$ ), что соответствует поглощению в дальней УФ области ( $\lambda_{\text{макс}}$  110, 120 и 135 нм соотв.). Такие соед. бесцветны.

Для молекул углеводородов с изолир.  $\pi$ -связями появляется возможность  $\pi \rightarrow \pi^*$ -перехода; при этом энергия возбуждения снижается и составляет, напр., для этилена 739 кДж/моль, что соответствует поглощению в дальней УФ области ( $\lambda_{\text{макс}}$  162,5 нм). Такие соед. также бесцветны.

Иное явление наблюдается для углеводородов с сопряженными двойными связями, у к-рых  $\pi$ -электроны делокализованы. С увеличением углеводородной цепи уровни энергии ГМО сопряженных  $\pi$ -связей расщепляются и появляются новые уровни, переход между к-рыми требует меньших затрат энергии по сравнению с этиленом. Так, для бутадиена энергия  $\pi \rightarrow \pi^*$ -перехода 553 кДж/моль, что соответствует поглощению при  $\lambda_{\text{макс}}$  217 нм (т. е. в ближнем ультрафиолете). Одновременно значительно возрастает интенсивность полос поглощения. По мере удлинения сопряженной цепочки происходит дальнейшее сближение уровней ГМО, в результате чего имеет место систематич. смещение полосы поглощения в длинноволновую часть спектра и появление окраски.

Аналогичное действие оказывает увеличение замкнутой (ароматической) системы сопряженных  $\pi$ -связей, особенно если ее отдельные звенья расположены линейно, что обеспечивает возможность делокализации  $\pi$ -электронов (табл. 2).

Смещение полосы поглощения в длинноволновую часть спектра происходит также при наличии в сопряженной системе как электронодонорных, так и электроноакцепторных заместителей, к-рые усиливают делокализацию  $\pi$ -электронов в основном состоянии, что приводит к сближению их ГМО и углублению цвета (табл. 3).

Важным фактором влияния электронодонорных и электроноакцепторных заместителей на электронный спектр поглощения является снятие запретов по симметрии на вероятность электронных переходов. Напр., у бензола первые два длинноволновых электронных перехода запрещены по симметрии.



Табл. 2.- ЭНЕРГИИ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ДЛИННОВОЛНОВЫЕ ПОЛОСЫ ПОГЛОЩЕНИЯ АЛИФАТИЧЕСКИХ И АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ


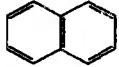
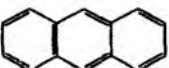
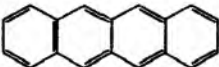
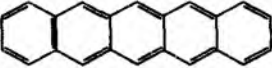
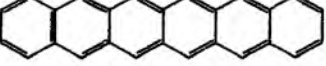
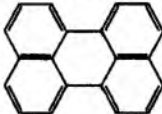
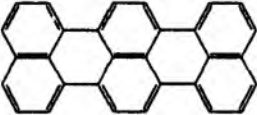

Соединение	$\Delta E$ , кДж/моль	$\lambda_{\text{макс}}$ , нм	Цвет
Бутадиен $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CH}_2$	553	217	Бесцв.
Гексатриен $\text{CH}_2=\text{CHCH}=\text{CHCH}=\text{CH}_2$	481	260	То же
Оклатетраен $\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}=\text{CH})_2\text{CH}=\text{CH}_2$	397	302	То же
Ликопин $((\text{CH}_2)_2\text{C}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}(\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2)_2$	237	506	Ярко-красный
Бензол 	471	255	Бесцв.
Нафталин 	383	275	То же
Антрацен 	324	370	То же
Тетрацен 	261	460	Желтый
Пентацен 	207	580	Синий
Гексацен 	173	693	Голубой
Периллен 	278	432	Желтый
Териллен 	232	518	Пурпурный
Коронен 	292	411	Желтый

Табл. 3.- ДЛИННОВОЛНОВЫЕ ПОЛОСЫ ПОГЛОЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Соединение	$\lambda_{\text{макс}}$ , нм
Бензол $\text{C}_6\text{H}_6$	255
Нитробензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}$	280
Анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	282
Диметиламин $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_3)_2$	297
4-Нитродиметиламин $(\text{CH}_3)_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{NO}$	420,5

Введение заместителей снимает запрет и увеличивает интенсивность поглощения света. Так, молярный коэф. поглощения ( $\epsilon_{\text{макс}}$ ) фенола в  $\sim 7$ , анилина в 8, нитробензола в 45, 4-нитрофенола в 56, 4-нитроанилина в 72 раза больше  $\epsilon_{\text{макс}}$  бензола (для длинноволновых максимумов).

Влияние заместителей м. б. усилено или ослаблено ионизацией. Так, в кислой среде усиливаются электроноакцепторные св-ва карбонильной группы в результате присоединения

протона и появления эффективного положительного заряда ( $\text{>C}=\ddot{\text{O}}: + \text{H}^+ \longrightarrow \text{>C}=\overset{+}{\text{O}}\text{H}$ ), электронодонорные св-ва аминогруппы вследствие перехода азота в новое валентное состояние исчезают ( $\text{>NH}_2 + \text{H}^+ \longrightarrow \text{>NH}_3^+$ ); в щелочной среде усиливаются электронодонорные св-ва гидроксигруппы благодаря тому, что кислород приобретает эффективный отрицательный заряд ( $\text{>OH} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{>O}^- + \text{H}_2\text{O}$ ). Эти изменения отражаются на поглощении света соединениями (табл. 4).

Табл. 4.- ДЛИННОВОЛНОВЫЕ ПОЛОСЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ИОНИЗИРОВАННЫХ МОЛЕКУЛ

Соединение	$\lambda_{\text{макс}}$ , нм
Бензол $\text{C}_6\text{H}_6$	255
Фенол $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	275
Фенолят-анион $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$	289
Анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	282
Анилийный-катион $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3^+$	253
4-Нитрофенол $\text{O}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{OH}$	315
4-Нитрофенолят-анион $\text{O}_2\text{NC}_6\text{H}_4\text{O}^-$	400

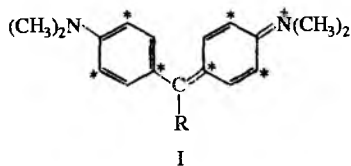
Усиление электронодонорных и электроноакцепторных св-в одновременно с углублением цвета увеличивает и интенсивность поглощения. Для 4-нитрофенолят-аниона  $\epsilon_{\text{макс}}$  в  $\sim 1,9$  раза превосходит  $\epsilon_{\text{макс}}$  4-нитрофенола. Напротив, утрата электронодонорных св-в аминогруппы в результате ионизации в кислой среде приводит к уменьшению интенсивности поглощения: если  $\epsilon_{\text{макс}}$  анилина в 8 раз больше, чем  $\epsilon_{\text{макс}}$  бензола, то анилийный-катион поглощает практически с той же интенсивностью, что и бензол.

Цветность орг. соед. связана с их принадлежностью к альтернантным или неальтернантным системам (см. *Альтернантные углеводороды*). Так, введение в молекулу альтернантного углеводорода электронодонорного заместителя (напр., в положение 1 или 2 нафталина) всегда вызывает bathochromный сдвиг полосы поглощения, для неальтернантных углеводородов эта закономерность не соблюдается; напр., введение группы  $\text{CH}_3$  в молекулу азулена ( $\lambda_{\text{макс}}$  580 нм) может привести к bathochromному сдвигу (в положение 1 или 3 – до 608 нм, а в 5 или 7 – до 592 нм) либо к гипсохромному (в положение 2 – до 566 нм, 4 или 8 – до 568 нм, а в 6 – до 565 нм).

Имеет значение также принадлежность орг. соед. к четным или нечетным альтернантным системам. Четные альтернантные углеводороды в основном состоянии содержат четное число электронов, заполняющих попарно все связывающие  $\sigma$ - и  $\pi$ -молекулярные орбитали (МО), энергия  $k$ -рых меньше энергии орбиталей атомов, входящих в состав молекулы. Молекулы нечетных альтернантных углеводородов в электрически нейтральном состоянии (радикалы) содержат нечетное число электронов, заполняющих попарно все связывающие МО, и один неспаренный электрон,  $k$ -рый находится на т. наз. несвязывающей орбитали (НМО), последняя по своей природе является  $\pi$ -орбиталью. Если частица представляет собой мол. анион, на НМО находится электронная пара, если же частица представляет собой мол. катион, эта орбиталь остается вакантной. В приближении линейной комбинации атомных орбиталей (см. *ЛКАО-приближение*) коэф. при орбиталях всех помеченных атомов равны нулю, а для помеченных (метят только нечетные атомы) – имеют конечные значения, т. е. для электронов, находящихся на НМО, электронная плотность сосредоточена только на помеченных атомах, тогда как на нижней свободной МО (НСМО) она распределена равномерно по всем помеченным и непомеченным атомам.

Эти особенности НМО проявляются при введении в молекулу ароматич. соед. гетероатомов. Так, если к центральному атому С (непомеченному) молекулы синего гидрола Михлера (ф-ла I;  $\text{R} = \text{H}$ ,  $\lambda_{\text{макс}}$  603,5 нм) присоединяется группа  $\text{NH}_2$ , энергия НМО не изменяется, энергия же НСМО повышается,

в результате увеличивается энергия возбуждения ( $\Delta E_2 > \Delta E_1$ ; рис. 2) и полоса поглощения смещается гипсохромно до  $\lambda'_{\text{макс}}$  420 нм (I; R = NH<sub>2</sub>; желтый аурамин).



Одновременно появляется новая *n*-орбиталь, на к-рой размещается неподеленная электронная пара атома группы NH<sub>2</sub>; ее энергия ниже энергии НМО вследствие большей электроотрицательности атома N по сравнению с атомом C и возникает *n*→ $\pi^*$ -переход, обуславливающий появление новой полосы поглощения с  $\lambda'_{\text{макс}}$  372 нм (УФ область). Возникает т. наз. разветвленная (или конкурирующая) сопряженная система (2 электронодонорных и 1 электроноакцепторный заместитель). Если же понизить электронодонорные св-ва группы NH<sub>2</sub> ацетилированием, конкурентоспособность ее уменьшается, длинноволновая полоса поглощения снова смещается батохромно почти до уровня гидрола Михлера (до  $\lambda'_{\text{макс}}$  590 нм) и восстанавливается синий цвет.

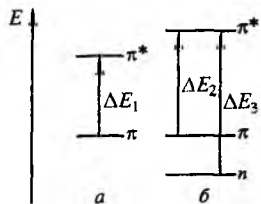
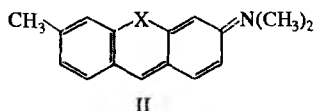
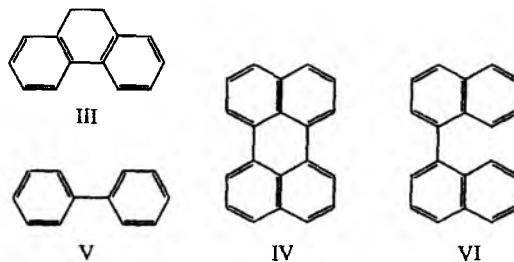


Рис. 2. Уровни энергии НМО и НСМО и электронные переходы в молекулах гидрола Михлера (а) и аурамина (б).

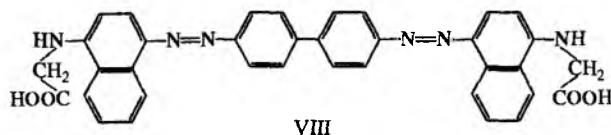
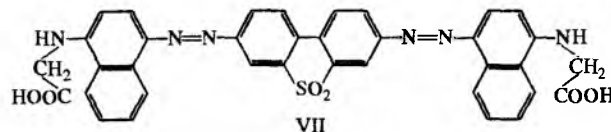
В случае, если 2 ближайших друг к другу атома C в бензольных кольцах гидрола Михлера замкнуть через электроотрицат. атомы N или O, образуется соед. ф-лы II. При этом энергия НМО не изменяется, а энергия НСМО повышается, что приводит к смещению длинноволновой полосы поглощения до 550 нм в случае X = O (пурпурный пиронин) и до 488 нм в случае X = NH (акридиновый оранжевый).



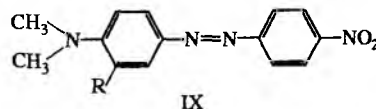
Большое влияние на поглощение света орг. соед. оказывают пространств. факторы, приводящие к искажениям формы молекул. При этом существенное значение имеет характер искажения. Если молекула перестает быть плоской, то происходит сдвиг  $\lambda_{\text{макс}}$  в коротковолновую область, т.е. цвет повышается: если же происходит изменение валентных углов без существенного нарушения плоской формы молекулы, то имеет место углубление цвета. В первом случае причина повышения цвета связана с частичным или полным разобщением отдельных участков цепи сопряжения вследствие нарушения коллианарности молекулы из-за поворота одних ее частей по отношению к другим вокруг простой связи. Напр., молекулы дигидрофенантрена (III;  $\lambda_{\text{макс}}$  267 нм) и перилена (IV;  $\lambda_{\text{макс}}$  432 нм), имеющие плоскую форму, поглощают свет в более длинноволновой области, чем бифенил (V;  $\lambda_{\text{макс}}$  251,5 нм) и бинафтил (VI;  $\lambda_{\text{макс}}$  291 нм), у к-рых возможен поворот вокруг биарильной связи, нарушающий сопряжение  $\pi$ -электронов двух ароматич. ядер.



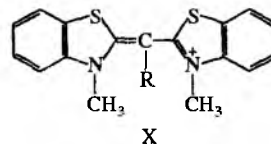
По той же причине из двух аналогичных азокрасителей производное бензидинсульфона (VII; синий) окрашено глубже, чем производное бензидина (VIII; коричнево-красный).



В азокрасителе IX введение заместителей в *орто*-положение к диалкиламиногруппе нарушает сопряжение неподеленной пары азота с  $\pi$ -системой, что приводит к повышению цвета. Напр., IX (R = H) поглощает при  $\lambda_{\text{макс}}$  475 нм; при R = CH<sub>3</sub> или *изо*-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>,  $\lambda_{\text{макс}}$  438 и 420 нм соотв.; одновременно уменьшается интенсивность поглощения в 1,5 и 1,7 раза.

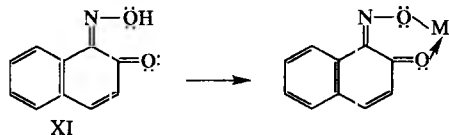


При искажении углов между направлениями связей атомов без значит. нарушения плоской структуры молекулы сопряжение  $\pi$ -электронов существенно не нарушается, но возникающее напряжение сближает уровни энергии молекулы в основном и возбужденном состояниях, снижая тем самым энергию возбуждения. Так, введение в центральную метиновую группу монометилцианина (X; R = H;  $\lambda_{\text{макс}}$  425 нм) метильной группы (X; R = CH<sub>3</sub>;  $\lambda_{\text{макс}}$  465 нм), создающей пространственные затруднения, вызывает углубление цвета при одновременном падении интенсивности поглощения почти вдвое.



Большое влияние на цвет орг. соед. оказывает присутствие в его структуре металла. При образовании комплекса создаются новые возможности электронных переходов, обуславливающие появление новых полос поглощения в спектрах комплексов. Появление этих полос связано с переносом электрона с высшей занятой МО (ВЗМО) орг. молекулы (лиганда) на своб. атомную орбиталь металла, с переходом *d*-электрона металла на НВМО лиганда (*d*→ $\pi^*$ -переход), а также с возможностью *d*→*d*-перехода, к-рый возникает благодаря снятию вырождения с вакантных *d*-орбиталей металла под влиянием поля лиганда. Обычно *d*→*d*-переходы существенно на цвет комплексов не влияют, т. к. их полосы большей частью находятся в ИК области спектра.

В химии красителей в качестве металлов-комплексобразователей наиб. часто используют Cr, Cu, Ni, Co, Fe, Al в разл. степенях окисления, обычно 2 или 3. При образовании внутримолекулярных соед. атом металла входит в устойчивый 5- или 6-членный цикл; при этом он связывается с двумя разл. атомами, один из к-рых отдает ему неподеленную пару электронов (донорно-акцепторная, или координац., связь). Если эти электроны участвуют в системе сопряжения  $\pi$ -связей, ответственных за поглощение света, комплексобразование сопровождается углублением цвета, напр. цвет соед. XI изменяется от оранжевого до зеленого при образовании комплекса с Fe, до оливкового – с Cr, до красно-коричневого – с Co.



В случае, если неподеленные пары электронов не входят в систему сопряженных двойных связей, ответственных за возникновение окраски, комплексобразование увеличивает устойчивость окраски к разл. воздействиям (света, тепла и др.).

Электронной теории цветности предшествовали более ранние теории. Одной из первых была хромофорно-ауксохромная теория О. Витта (1876), согласно к-рой окрашенные соед. содержат ненасыщ. группы – хромофоры (напр.,  $N=N$ ,  $NO_2$ ,  $NO$ ,  $CH=CH$ ,  $C=O$ ), ответственные за цвет орг. соед. (такие соед. наз. хромогенами), и электронодонорные группы – ауксохромы (напр.,  $OH$ ,  $SH$ ,  $NH_2$ ,  $NHR$ ,  $NR_2$ ), повышающие интенсивность окраски. Несмотря на то, что теория Витта устарела, предложенная им терминология используется в совр. химии красителей.

Хиноидная теория цветности, созданная Г. Армстронгом и Р. Нисцким (1887), объясняла появление окраски перегруппировкой ароматич. (бензоидного) ядра в хиноидное.

Наиб. близка к совр. теории цветности теория Г. Льюиса (1916), по к-рой «цвет обусловлен селективным поглощением света валентными электронами, частоты к-рых синхронны с соответствующей частотой световых колебаний».

Лит.: Венкатараман К., Химия синтетических красителей, пер. с англ., т. 1, Л., 1956, т. 3, Л., 1974; Дьюар М., Догерт Р., Теория возбужденных молекулярных орбиталей в органической химии, пер. с англ., М., 1977; Хедвиг П., Прикладная квантовая химия, пер. с англ., М., 1977; Барлтроп Дж., Коул Дж., Возбужденные состояния в органической химии, пер. с англ., М., 1978; Киприанов А. И., Цвет и строение цианиновых красителей, К., 1979; Степанов Б. И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984; Свердлов О. В., Электронные спектры в органической химии, 2 изд., Л., 1985. Б. И. Степанов.

**ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ**, все металлы, кроме черных – железа и его сплавов (сталь, чугун, ферросплавы). К черным металлам часто условно относят также металлы Cr и Mn, к-рые в осн. используют в качестве добавок к железу, но правильнее отнести их в отдельную группу Ц. м. – легирующие металлы. В зарубежной литературе используют вместо Ц. м. термин «нежелезные металлы».

Все Ц. м. разделяются на неск. групп (но общепринятой классификации Ц. м. нет). Это, напр., тяжелые Ц. м. – Cu, Pb, Zn, Ni, Sn; легкие металлы – Al, Mg, иногда Ti и др.; малые Ц. м. – Co, Sb, Bi, Hg, Cd; благородные металлы – Au, Ag, Pt и др. платиновые металлы; редкие металлы – Li, Be, Zr, Nb, Ga, In; редкоземельные элементы (Y, La, Ce и др.) группы в свою очередь разделяются на ряд подгрупп. Деление это условно, один и тот же металл, напр. Ti, иногда относят к разным группам.

Масштабы произ-ва Ц. м. различаются очень сильно – от превышающих десять млн. т в год для Al или Cu до неск. т (Re) и менее (для радиоактивных металлов). Произ-во нек-рых Ц. м., напр. Al, на душу населения все время растет, других (Cu, Zn) остается постоянным, нек-рых (Pb) даже снижается.

Используют Ц. м. как в виде чистых металлов, так и в виде сплавов (см. *Алюминия сплавы*, *Бронзы*, *Никеля сплавы* и др.),

в виде легирующих добавок (см. *Легирование*) при произ-ве сталей и др. сплавов, полупроводниковых материалов, как порошков для защиты изделий из коррозий, а также в виде порошков или хим. соед. – в машиностроении, судостроении, авиации и ракетной технике, электро- и радиотехнике, электронике, в приборостроении и атомной технике и др., для изготовления мн. предметов бытового назначения.

Произ-во Ц. м. загрязняет окружающую среду (см. *Металлургия*); тяжелые Ц. м. (особенно радиоактивные) токсичны. П. И. Федоров.

**ЦВЕТОМЕТРИЯ** (колориметрия), наука о методах измерения и количеств. выражения цвета. Последний рассматривают как характеристику спектрального состава света (в т. ч. отраженного и пропускаемого несамосветящимися телами) с учетом зрительного восприятия. В соответствии с трехкомпонентной теорией зрения любой цвет можно представить как сумму трех составляющих, т. наз. основных цветов. Выбор этих цветов определяет цветовую координатную систему, в к-рой любой цвет м. б. изображен точкой (или цветовым вектором, направленным из начала координат в эту точку) с тремя координатами цвета – тремя числами. Последние соответствуют кол-вам основных цветов в данном цвете при стандартных условиях его наблюдения.

Фундам. характеристикой цвета, его качеством, является цветность, к-рая не зависит от абс. величины цветового вектора, а определяется его направлением в цветовой координатной системе. Поэтому цветность удобно характеризовать положением точки пересечения этого вектора с цветовой плоскостью, к-рая проходит через три точки на осях основных цветов с координатами цвета, равными 1.

Св-ва цветового зрения учитываются по результатам экспериментов с большим числом наблюдателей с нормальным зрением (т. наз. стандартным наблюдателем). В этих экспериментах зрительно уравнивают чистые спектральные цвета (т. е. цвета, соответствующие монохроматич. свету с определенной длиной волны) со смесями трех осн. цветов. Оба цвета наблюдают рядом на двух половинках т. наз. фотометрич. поля сравнения. В результате строят графики ф-ций сложения цветов, или кривые сложения цветов, в координатах «соотношение основных цветов – длина волны спектрально чистого цвета».

Поскольку, согласно закону Г. Грассмана (1853), при данных условиях основные цвета производят в смеси одинаковый визуальный эффект независимо от их спектрального состава, по кривым сложения цветов можно определить координаты цвета сложного излучения. Для этого сначала цвет последнего представляют в виде суммы чистых спектральных цветов, а затем определяют кол-ва основных цветов, требуемых для получения смеси, зрительно неотличимой от исследуемого цвета.

Фактически основой всех цветовых координатных систем является Международная колориметрич. система RGB (от англ. *Red, Green, Blue* – красный, зеленый, синий), в к-рой основными цветами являются красный (соответствующий излучению с длиной волны  $\lambda = 700$  нм), зеленый ( $\lambda = 546,1$  нм) и синий ( $\lambda = 435,8$  нм). Измеряемый цвет  $C$  в этой системе м. б. представлен ур-нием:  $C = R + G + B$ , где  $R$ ,  $G$ , и  $B$  – координаты цвета  $C$ . Однако большинство спектрально чистых цветов невозможно представить в виде смеси трех упомянутых основных цветов. В этих случаях нек-рое кол-во одного (или двух) из основных цветов добавляют к спектральному цвету и полученную смесь уравнивают со смесью двух оставшихся цветов (или с одним оставшимся цветом). В приведенном выше ур-нии это учитывается переносом соответствующего члена из левой части в правую. Напр., если был добавлен красный цвет, то  $C + R = G + B$ , или  $C = -R + G + B$ . Наличие отрицат. координат для нек-рых цветов – существенный недостаток системы RGB.

Наиб. распространена международная система XYZ, в к-рой основные цвета  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  – нереальные цвета, выбранные так, что координаты цвета не принимают отрицат. значений, причем координата  $Y$  равна яркости наблюдаемого окрашенного объекта.

Чтобы определить координаты X, Y, Z для данного цвета (объекта) необходимо знать: 1) ф-цию E(λ) – распределение энергии излучения источника освещения по длинам волн; 2) ф-цию ρ(λ) – распределение по длинам волн интенсивности излучения, отраженного или пропущенного объектом; 3) ф-ции сложения цветов, называемые иногда также ф-циями восприятия стандартного наблюдателя, x̄(λ), ȳ(λ), z̄(λ).

В Ц. используют источники света А (близкий к лампе накаливания), С и D<sub>55</sub>, имитирующие солнечное освещение в разл. время суток. Их характеристики изучены и опубликованы в виде таблиц. Ф-ции восприятия x̄(λ), ȳ(λ), z̄(λ) при разных размерах измеряемого поля, т. е. при разных сферич. углах наблюдения (обычно 2° и 10°), также приводятся в справочной литературе. Ф-цию ρ(λ) измеряют с помощью спектрофотометров. Тогда координаты цвета данного объекта можно рассчитать по ур-ниям:

$$X = \int E(\lambda)\rho(\lambda)\bar{x}(\lambda)d\lambda$$

$$Y = \int E(\lambda)\rho(\lambda)\bar{y}(\lambda)d\lambda$$

$$Z = \int E(\lambda)\rho(\lambda)\bar{z}(\lambda)d\lambda$$

Интегрирование производится в диапазоне длин волн видимого излучения: от 380 до 760 нм.

Имеются также приборы – спец. фотоэлектрич. колориметры, характеристики фильтров к-рых воспроизводят ф-ции восприятия человеческого глаза. С помощью таких приборов сразу определяют величины ρ(λ)·x̄(λ), ρ(λ)·ȳ(λ) и ρ(λ)·z̄(λ).

Цветность определяется координатами цветности x, y, z, к-рые рассчитывают по ур-ниям:

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = 1-x-y.$$

Т. е. цветность равна проекции на цветовую плоскость (пересекающую оси координат при X = Y = Z = 1) точки, характеризующей данный цвет.

Недостаток цветовой координатной системы XYZ – неравноконтрастность: в зависимости от области цветового пространства на одинаковые по величине участки приходится разное число (от 1 до 20) цветовых порогов, т. е. границ различения цветов. Это существенно затрудняет согласование измерений с визуальной оценкой.

Поэтому была предложена (1976) цветовая координатная система Lab, где L – яркость, или светлота, к-рая изменяется от 0 (абсолютно черное тело) до 100 (белое тело), координаты -a, +a, -b, +b определяют зеленый, красный, синий и желтый цвета соответственно.

Цветность представляет собой проекцию данного цвета на плоскость ab. Система Lab более однородна и дает лучшую корреляцию с визуальными определениями, т. к. ее параметры - L, цветность и координаты a и b – близки привычным субъективным характеристикам цвета: светлоте, насыщенности и цветовому тону соответственно.

Восприятие цвета существенно зависит от условий наблюдений. Поэтому в любой цветовой координатной системе при изменении условий изменяются координаты цвета. Это явление называется метамеризмом. Различают 4 основных вида метамеризма, связанные с изменением: 1) источника освещения; 2) наблюдателя; 3) размера измеряемого поля; 4) геометрии наблюдения (напр., под каким углом смотрят на объект; вида освещения – диффузное или направленное).

Измерения цвета лежат в основе инструментальных методов оценки качества окраски разл. материалов красителями, расчета смесевых рецептов крашения, оптимизации и автоматизации хим.-технол. процессов крашения и произ-ва красителей.

Лит.: Гуревич М. М., Цвет и его измерение, М.-Л., 1950; Джадд Д., Вышецкий Г., Цвет в науке и технике, пер. с англ., М., 1978.

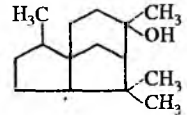
И. М. Мовшович.

**ЦВІТТЕР-ІОНИ** (биполярные ионы), нейтральные молекулы, содержащие одновременно положит. и отрицат. ионные центры. Цвितтер-ионную структуру с пространственно разделенными зарядами имеют *аминокислоты*, существующие в виде внутр. солей – *бетаинов*, а также *мезоионные соединения*.

Особый тип цвितтер-ионов представляют *илиды*, в к-рых карбанион непосредственно связан с гетероатомом, несущим положительн. заряд.

Н. А. Магдесиева.

**ЦЕДРОЛ** (кедровая камфора, кипарисовая камфора) C<sub>15</sub>H<sub>26</sub>O, мол. м. 222,37; бесцв. кристаллы, обладающие кедрово-древесным запахом; т. пл. 86–87 °С; т. кип. 290–294 °С; [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> +85° (из масла Juniperus chinensis L.), раств. в этаноле, не раств. в воде; производное: фенилуретан, т. пл. 106–107 °С. Содержится в масле кедрового дерева Juniperus virginiana, в масле кипариса Cupressus sempervirens L. и др. эфирных маслах, из к-рых его выделяют. Применяют в парфюмерии и для получения душистого в-ва – цедрилатагата.



Л. А. Хейфиц.

**ЦЕЗИЙ** [от лат. caesius – голубой (по ярк-синим спектр. линиям); лат. Cesium] Cs, хим. элемент I гр. периодич. системы, ат. н. 55, ат. м. 132,9054; относится к *щелочным металлам*. Природный Ц. состоит из стабильного нуклида <sup>133</sup>Cs. Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов 2,9·10<sup>-27</sup> м<sup>2</sup>. Конфигурация внеш. электронной оболочки атома 6s<sup>1</sup>; степень окисления +1; энергия ионизации при переходе Cs<sup>0</sup> → Cs<sup>+</sup> → Cs<sup>2+</sup> соотв. 3,89397, 25,1 эВ; средство к электрону 0,47 эВ; электростратительность по Полингу 0,7; работа выхода электрона 1,81 эВ; металлич. радиус 0,266 нм, ковалентный радиус 0,235 нм, ионный радиус Cs<sup>+</sup> 0,181 нм (координат. число 6), 0,188 нм (8), 0,192 нм (9), 0,195 нм (10), 0,202 нм (12).

Содержание Ц. в земной коре 3,7·10<sup>-4</sup>% по массе. Минералы Ц. – поллуцит (Cs, Na)[AlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>]·nH<sub>2</sub>O (содержание Cs<sub>2</sub>O 29,8–36,7% по массе) и редкий яворадрит (K, Cs)[BF<sub>4</sub>]. Ц. присутствует в виде примеси в богатых калием алмосиликатах: лепидолите (0,1–0,5% Cs<sub>2</sub>O), флогопите (0,2–1,5%) и др., также в карналите (0,0003–0,002% CsCl), трифиллине, в термальных (до 5 мг/л Cs) и озерных (до 0,3 мг/л Cs) водах. Пром. источники Ц. – поллуцит и лепидолит. Осн. месторождения поллуцита находятся в Канаде, Намибии, Зимбабве. Перспективные сырьевые источники: нефелиновые руды, карналит, цезиевый биотит, флогопит и др. слюды и слюдяные хвосты, получаемые при разработке берилловых, фенакитовых, флюоритовых месторождений, а также высокомерализованные термальные воды.

**Свойства.** Ц. – мягкий серебристо-белый металл, при комнатной т-ре находится в полужидком состоянии. Пары окрашены в зеленовато-синий цвет. Кристаллизуется в кубич. объемноцентрированной решетке: a = 0,6141 нм, z = 2, пространств. группа Im3m; т. пл. 28,44 °С, т. кип. 669,2 °С; плотн. 1,904 г/см<sup>3</sup> (20 °С); C<sub>p</sub> 32,21 Дж/(моль·К); ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 2,096 кДж/моль, ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 65,62 кДж/моль, ΔH<sub>вог</sub><sup>0</sup> 76,54 кДж/моль (298,15 К); S<sub>298</sub><sup>0</sup> 85,23 Дж/(моль·К); ур-ния температурной зависимости давления пара: lg p (мм рт. ст.) = -4122/T + 5,228 - 1,514 lg T + 3977T (100–301,59 К), lg p (мм рт. ст.) = -3822/T + 4,940 - 0,746 lg T (301,59–897 К); теплопроводность, Вт/(м·К): 19,0 (298 К), 19,3 (373 К), 20,2 (473 К); ρ, мкОм·м: 0,1830 (273,15 К), 0,2142 (301,59 К, твердый), 0,3568 (301,59 К, жидкость), температурный коэф. ρ 6,0·10<sup>-3</sup> К<sup>-1</sup> (273–291 К); парамагнетич. уд. магн. восприимчивость +0,22·10<sup>-9</sup> (293 К); η, мПа·с: 6,76 (301,59 К), 5,27 (350 К), 3,18 (500 К); γ 60,6 мН/м (301,59 К); температурный коэф. линейного расширения 97·10<sup>-6</sup> К<sup>-1</sup> (273 К); твердость по Моосу 0,2; модуль упругости 1,7 ГПа (293 К); коэф. сжимаемости 71·10<sup>-11</sup> Па<sup>-1</sup> (323 К).

По чувствительности к свету Ц. превосходит все др. элементы. Катод из Ц. испускает поток электронов даже под действием ИК излучения с длиной волны 0,80 мкм, макс. электронная эмиссия наблюдается у Ц. при освещении зеленым светом (у др. элементов – при действии фиолетовых или УФ лучей).

Ц. химически очень активен. Стандартный электродный потенциал -2,923 В. На воздухе мгновенно окисляется с воспламенением, образуя надпероксид CsO<sub>2</sub> с примесью пероксида Cs<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. При ограниченном доступе O<sub>2</sub> окисля-

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦЕЗИЯ

Показатель	CsH	CsO <sub>3</sub>	CsOH		Cs <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		CsNO <sub>3</sub>		Cs <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	CsN <sub>3</sub>	
Цвет	Бесцв.	Оранжево-красный	Бесцв.		Бесцв.		Бесцв.		Бесцв.	Желтоватый	
Сингония	Кубич.	Тетрагон.	Ромбич.	Кубич.	Ромбич.	Гексагон.	Гексагон.	Кубич.	—	Тетрагон.	Кубич.
Т. пл., °С	528	82 <sup>а</sup>	224 <sup>б</sup>	343	647 <sup>в</sup>	1015	154 <sup>г</sup>	409	793	151 <sup>д</sup>	326
Плотн. (25 °С), г/см <sup>3</sup>	3,42	3,19	3,675 (11 °С)	—	4,246 (20 °С)	—	3,643 (20 °С)	—	—	—	—
С <sup>р</sup> , Дж/(моль · К)	40,6	83,7	73	—	134,9	—	96,1	—	123,9	83,23	—
ΔH <sup>о</sup> <sub>обр</sub> , кДж/моль	-54,0	-271,1	-416,6	7,1 <sup>е</sup>	-1442,9	—	-505,0	3,6 <sup>е</sup>	-1134,9	-19,6	3,22 <sup>е</sup>
ΔH <sup>о</sup> <sub>пл</sub> , кДж/моль	15	—	—	7,3	—	35,1	—	13,8	31	—	—
S <sup>о</sup> <sub>298</sub> , Дж/(моль · К)	73	134	102,6	—	211,9	—	153,8	—	204,5	134,4	—
Р-риность в воде, г в 100 г	Разлагается с выделением H <sub>2</sub>	Разлагается с выделением O <sub>2</sub>	385,6 (15 °С) 303 (30 °С)	—	178,7 (20 °С) 210,3 (80 °С)	—	23,0 (20 °С) 134 (80 °С)	—	308,3 (20 °С)	224,2 (0 °С) 307,4 (16 °С)	—

<sup>а</sup> Т-ра разложения. <sup>б</sup> Т-ра полиморфного перехода. <sup>в</sup> ΔH полиморфного перехода.

ется до *цезия оксида* Cs<sub>2</sub>O; CsO<sub>2</sub> переходит в озонид CsO<sub>3</sub> в токе озонированного O<sub>2</sub> при 40 °С. С водой Ц. реагирует со взрывом с образованием гидроксида CsOH и выделением H<sub>2</sub>. Взаимод. с сухим H<sub>2</sub> при 200–350 °С под давлением 5–10 МПа или в присут. катализатора с образованием гидрида CsH. Горит в атмосфере галогенов, давая *цезия галогениды*. Сульфиды Cs<sub>2</sub>S<sub>n</sub> (n = 1–6) получают взаимод. металла с S в жидком NH<sub>3</sub>. Селенид Cs<sub>2</sub>Se и теллурид Cs<sub>2</sub>Te синтезируют сплавлением Ц. соотв. с Se и Te в вакууме. С N<sub>2</sub> в обычных условиях Ц. не взаимодей., с жидким N<sub>2</sub> при электр. разряде между электродами, изготовленными из Ц., образует нитрид Cs<sub>3</sub>N. Ц. раств. в жидком NH<sub>3</sub>, алкилaminaх и полиэфирах, образуя синие р-ры, обладающие электронной проводимостью; в аммиачном р-ре Ц. медленно реагирует с NH<sub>3</sub> с выделением H<sub>2</sub> и образованием амида CsNH<sub>2</sub>. С газообразным NH<sub>3</sub> при 120 °С образует CsNH<sub>2</sub>, с красным P в вакууме при 400–430 °С – фосфид Cs<sub>2</sub>P<sub>5</sub>, с порошком графита при 200–500 °С – карбид Cs<sub>2</sub>Cs, а при более высоких т-рах – C<sub>24</sub>Cs, C<sub>36</sub>Cs и др. карбиды, с ацетиленом при 300 °С в вакууме – ацетиленид Cs<sub>2</sub>C<sub>2</sub>, с Si и Ge в атмосфере Ar при 600 °С – соотв. силицид CsSi и германид CsGe. I<sub>2</sub> взаимодей. с CO<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub> со взрывом. Выше 300 °С разрушает стекло, восстанавливая Si из SiO<sub>2</sub> и силикатов. Ц. реагирует со всеми к-тами с образованием соответствующих солей, со спиртами дает алкоголяты. Св-ва соед. Ц. представлены в табл.

Ц. образует твердые р-ры с K и Rb, эвтектич. смесь с Na, не смешивается с Li. Со мн. металлами дает интерметаллиды, напр. CsAu, CsSn.

**Получение.** Для извлечения Ц. из поллуцита используют след. методы: кислотные, спекание и сплавление, прямое получение металлич. Ц. В кислотных методах применяют галогеноводородные к-ты (чаще соляную) или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Поллуцит разлагают конц. соляной к-той при нагр., из полученного р-ра действием SbCl<sub>5</sub> осаждают Cs<sub>3</sub>[Sb<sub>2</sub>Cl<sub>9</sub>], к-рый обрабатывают горячей водой или р-ром NH<sub>3</sub> с образованием CsCl. При разложении поллуцита серной к-той получают алюмоцезиевые квасцы CsAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12H<sub>2</sub>O.

Из методов спекания и сплавления наиб. распространен метод Аренда: поллуцит спекают со смесью СаО и СаCl<sub>2</sub>, спек выщелачивают в автоклаве горячей водой, р-р упаривают досуха с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> для отделения СаSO<sub>4</sub>, остаток обрабатывают горячей водой; из полученного р-ра осаждают Cs<sub>3</sub>[Sb<sub>2</sub>Cl<sub>9</sub>]. Прямое извлечение металлич. Ц. осуществляют путем нагревания до 900 °С в вакууме смеси (1:3) измельченного поллуцита и Са (или Al).

Ц. из лепидолита получают попутно при его переработке на соед. лития. Ц. осаждают из маточных р-ров после выделения Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> или LiOH в виде смеси алюмоцезиевых, алюморубидиевых и алюмокальциевых квасцов.

Для разделения Cs, Rb и K и получения чистых соед. Ц. применяют методы фракционированной кристаллизации квасцов и нитратов, осаждения и перекристаллизации Cs<sub>3</sub>[Sb<sub>2</sub>Cl<sub>9</sub>], Cs<sub>2</sub>[SnCl<sub>6</sub>]. Используют также ионообменную хроматографию на синтетич. смолах и неорг. ионитах (кли-

ноптилолит и др.), экстракцию производными фенола [4-втор-бутил-2-(α-метилбензил)фенол, алкилфенолы C<sub>7</sub>–C<sub>9</sub> и др.]. Для получения соед. Ц. высокой чистоты применяют его полигалогениды.

Извлечение радиоактивного изотопа <sup>137</sup>Cs (T<sub>1/2</sub> 33 г, продукт деления U в ядерных реакторах) из р-ров, полученных при переработке радиоактивных отходов ядерных реакторов, осуществляют методами соосаждения с гексаацианоферратами Fe, Ni, Zn или фосфоровольфрамом аммония, ионного обмена на гексаацианоферрате Ni, фосфоровольфрамите аммония и др., экстракционным.

Металлич. Ц. получают в осн. металлотермич. восстановлением CsCl (кальцием или магнием, 0,1–10 Па, 700–800 °С) с послед. очисткой от примесей ректификацией и вакуумной дистилляцией. По др. способу проводят электролиз расплава CsHal с жидким свинцовым катодом и получают сплав Cs–Pb, из к-рого выделяют металлич. Ц. дистилляцией в вакууме. Ц. высокой чистоты получают медленным термич. разложением CsN<sub>3</sub> в вакууме (менее 10 Па, 390–395 °С).

**Определение.** Качественно Ц. обнаруживают по характерным линиям спектра 894,35 нм и 852,11 нм. Для микрохим. обнаружения используют осаждение Cs<sub>3</sub>[Sb<sub>2</sub>Cl<sub>9</sub>], Cs<sub>3</sub>[Bi<sub>2</sub>I<sub>9</sub>], Cs[SnI<sub>5</sub>] и др. менее избирательные р-ции. Наиб. распространенные методы определения микроколичеств Ц. – эмиссионная пламенная фотометрия и атомно-абсорбционная спектрометрия. Применяют также радиохим. метод изотопного разбавления и нейтронно-активационный анализ.

При высоком содержании Ц. в пробе его определяют гравиметрически в виде Cs[B(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>], Cs[Bi<sub>2</sub>I<sub>9</sub>], Cs<sub>2</sub>[TeI<sub>6</sub>], Cs<sub>3</sub>[Co(NO<sub>2</sub>)<sub>6</sub>] и нек-рых др. солей. В гораздо меньшей степени используют титриметрич. и спектрофотометрич. методы.

**Применение.** Металлич. Ц. – компонент материала катодов для фотоэлементов, фотоэлектронных умножителей, телевизионных передающих электронно-лучевых трубок, термоэмиссионных электронно-оптич. преобразователей. Ц. используют в вакуумных электронных приборах (как геттер), выпрямителях, атомных стандартах времени. Цезиевые «атомные часы» необыкновенно точны. Их действие основано на переходах между двумя состояниями атома Ц. – с параллельной и антипараллельной ориентацией собств. магн. моментов ядра атома и валентного электрона; этот переход сопровождается колебаниями со строго постоянными характеристиками (длина волны 3,26 см). Пары Ц. – рабочее тело в магнетогидродинамич. генераторах, газовых лазерах, ионных ракетных двигателях. Радионуклид <sup>137</sup>Cs используют для γ-дефектоскопии, в медицине для диагностики и лечения. Ц. – теплоноситель в ядерных реакторах, компонент смазочных материалов для космич. техники.

Мировое произ-во Ц. и его соединений (без СНГ) ок. 10 т в год.

Хранят Ц. в ампулах из стекла пирекс в атмосфере Ar или стальных герметичных сосудах под слоем обезжоженого масла (вазелинового, парафинового). Утилизируют обработкой остатков металла пентанолом.

СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОВ ЦЕЗИЯ

Показатель	CsF	CsHF <sub>2</sub>		CsCl		CsBr		CsI		
Сингония	Кубич. <sup>a</sup>	Тетрагон.	Кубич.	Кубич.	Кубич.	Кубич.	Кубич.	Кубич.	Кубич.	
Параметр кристаллич. решетки <i>a</i> , нм	0,601	0,614 <sup>b</sup>	0,412	—	0,411	0,694	0,429	0,723	0,457	0,766
Число формульных единиц в ячейке	4	—	1	—	1	4	1	4	1	4
Пространств. группа	<i>Fm3m</i>	<i>I4/mcm</i>	<i>Pm3m</i>	—	<i>Pm3m</i>	<i>Fm3m</i>	<i>Pm3m</i>	<i>Fm3m</i>	<i>Pm3m</i>	<i>Fm3m</i>
Т. пл., °С	703	58 <sup>c</sup>	177 <sup>c</sup>	180	470 <sup>c</sup>	646	—	637	—	632
Т. квл., °С	1253	—	—	—	—	1295	—	1297	—	1280
Плотн. (25 °С), г/см <sup>3</sup>	3,59 <sup>e</sup>	3,68	3,81	—	3,983	—	4,43	—	4,509	—
<i>S</i> <sub>298</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль · К)	51,09	87,34	—	—	52,47	—	52,93	—	52,47	—
$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	-557,1	-923,2	4,15 <sup>d</sup>	—	-442,3	2,93 <sup>d</sup>	-405,6	—	-348,1	—
$\Delta H_{пл}^0$ , кДж/моль	21,7	2,43 <sup>d</sup>	—	2,76	—	20,38	—	23,6	—	25,65
<i>S</i> <sub>298</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль · К)	92,96	135,3	—	—	101,17	—	112,94	—	122,20	—
Показатель преломления при 20 °С ( $\lambda$ 589 нм)	1,480	—	—	—	1,6397	—	1,6984	—	1,7876	—

<sup>a</sup> Гранецентрир., при высоких давлениях существует объемноцентрир. кубич. модификация. <sup>b</sup> *c* = 0,784 нм. <sup>c</sup> Т-ра полиморфного перехода. <sup>d</sup> При 20 °С. <sup>e</sup>  $\Delta H$  полиморфного перехода.

Ц. открыли Р. Бунзен и Г. Кирхгоф в 1861; впервые выделил металлич. Ц. в 1882 К. Сеттерберг.

Лит.: Плющев В.Е., Степин Б.Д., Химия и технология соединений лития, рубидия и цезия, М., 1970; Коган Б.П., Названова В.А., Солодов Н.А., Рубидий и цезий, М., 1971; Плющев В.Е., Степин Б.Д., Аналитическая химия рубидия и цезия, М., 1975; Мозговой А.Г. [и др.], в кн.: Обзоры по теплофизическим свойствам веществ, М., 1985, № 1, с. 3-108; Степин Б.Д., Цветков А.А., Неорганическая химия, М., 1994; Hart W.A. [a.o.], The chemistry of lithium, sodium, potassium, rubidium, caesium and francium, Oxf., 1975.

**ЦЕЗИЙ ГАЛОГЕНИДЫ** CsX, где X = F, Cl, Br, I, — бесцветные кристаллы (табл.). Плавятся без разложения, выше т-ры плавления летучи, давление пара повышается, а термич. устойчивость понижается при переходе от CsF к CsI; CsBr и CsI в парах частично разлагаются с выделением соотв. Br<sub>2</sub> и I<sub>2</sub>. CsI легко окисляется при обычной т-ре, на свету его водные р-ры желтеют вследствие выделения I<sub>2</sub>. Р-римость Ц. г. в воде (г в 100 г): CsF — 530 (25 °С), 608 (50 °С); CsCl — 162,3 (0,7 °С), 191,8 (25 °С), 229,4 (50 °С); CsBr — 123,5 (25 °С); CsI — 43,1 (0 °С), 85,6 (25 °С), 160 (61 °С). Из водных р-ров кристаллизуются безводные CsCl, CsBr, CsI, кристаллогидраты CsF · *n*H<sub>2</sub>O, где *n* = 1, 1,5, 3.

Ц. г. хорошо раств. в метаноле, этаноле, муравьиной к-те, гидразине, плохо — в ацетоне, эфирах, пиридине, ацетоннитриле, нитробензоле. Растворимость в галогеноводородных к-тах НХ:

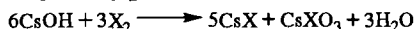
В-во	Концентрация в растворе НХ и CsX, % по массе (25 °С)				
HBr	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0
CsBr	49,0	40,6	33,3	27,9	23,4
HCl	4,2	11,0	15,4	20,2	22,4
CsCl	57,9	49,1	45,5	43,1	42,4

Р-ры CsCl в соляной к-те используют для его первичного отделения от NaCl и KCl.

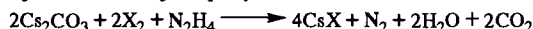
Безводный CsF гигроскопичен, его водные р-ры имеют щелочную среду: 2CsF + H<sub>2</sub>O ⇌ CsHF<sub>2</sub> + CsOH. Фторид образует гидрофториды: CsF · *n*HF, где *n* = 1, 2, 3, 6, — бесцвет. кристаллы, при *n* > 2 легко распыляются и разлагаются на воздухе; CsHF<sub>2</sub> термически устойчив, отщепляет HF при 500–600 °С; хорошо раств. в воде.

Ц. г. образуют с соответствующими КХ и RbX твердые р-ры, с NaX — эвтектич. смеси, с LiX — аддукты, напр. LiCl · 2CsCl. Комплексы CsX с галогенидами мн. элементов, напр. Cs<sub>3</sub>[Sb<sub>2</sub>Cl<sub>9</sub>], используют для выделения и определения цезия.

Получают CsX нейтрализацией Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> соответствующей к-той НХ либо взаимодей. Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с ВаХ<sub>2</sub> в р-ре. CsBr и CsI получают в горячем р-ре по р-ции:



Далее в р-р добавляют активир. уголь, упаривают досуха и прокаливают при 300–450 °С. CsBr и CsI можно получить из Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> или CsHCO<sub>3</sub> в присут. восстановителей:



Галогениды CsBr и CsI обладают оптич. прозрачностью в интервале длин волн от 500 до 6 · 10<sup>4</sup> нм, их используют для изготовления призм в ИК спектроскопии; пары CsBr — рабочее тело в плазменных СВЧ установках; монокристаллы CsI, активированные Tl, используют в сцинтилляционных счетчиках. CsX — компоненты люминофоров для флуоресцирующих экранов. CsF применяют при получении фторорг. соед., пьезоэлектрич. керамики, как компонент спец. стекол и эвтектич. композиций для аккумуляторов тепла, CsCl — электролит в топливных элементах, флюс при сварке Mo.

Л. И. Покровская.

**ЦЕЗИЙ ОКСИД** Cs<sub>2</sub>O, кристаллы (табл.), расплывающиеся на воздухе; в вакууме (10<sup>-3</sup> Па) возгоняется при 350–450 °С, при 500 °С разлагается: 2Cs<sub>2</sub>O → Cs<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 2Cs; энергично реагирует с водой, давая CsOH, с влажным SO<sub>2</sub>, при 150–200 °С — с H<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, а также с расплавл. S; разлагается на свету; получают медленным окислением Cs кислородом (2/3 стехиометрич. кол-ва), остаток Cs отгоняют в вакууме при 180–200 °С. При окислении Cs кислородом получают также его пероксид и надпероксид.

СВОЙСТВА ОКСИДА, ПЕРОКСИДА И НАДПЕРОКСИДА ЦЕЗИЯ

Показатель	Cs <sub>2</sub> O	Cs <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	CsO <sub>2</sub>	
Цвет	Коричнево-красный	Бледно-желтый	Золотисто-коричневый	
Сингония	Гексагон.	Ромбич.	Тетрагон.	Кубич.
Параметры кристаллич. решетки, нм:				
<i>a</i>	0,674	0,4322	0,4477	0,662
<i>b</i>	—	0,7517	—	—
<i>c</i>	1,882	0,6340	0,7350	—
Пространств. группа	<i>R3m</i>	<i>Immm</i>	<i>I4/mmm</i>	<i>Fm3m</i>
Т. пл., °С	595	594	130 <sup>a</sup>	450
Плотн., г/см <sup>3</sup>	4,36	4,47 (15 °С)	3,76 (19 °С)	—
<i>S</i> <sub>298</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль · К)	76,0	95,0	79,1	—
$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	-346,4	-440	-286	—
$\Delta H_{пл}^0$ , кДж/моль	20	22	—	18
<i>S</i> <sub>298</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль · К)	146,9	180	142	—

<sup>a</sup> Т-ра полиморфного перехода, ниже -263,6 °С и в интервале от -263,6 до -83 °С существуют две ромбич. модификации.

Пероксид Cs<sub>2</sub>O<sub>2</sub> — гигроскопичные кристаллы, выше 650 °С разлагается с выделением атомарного кислорода и активно окисляет Ni, Ag, Pt, Au; давление диссоциации 2261 Па (1103 °С); раств. в ледяной воде без разложения, выше 25 °С гидролизуетс: 2Cs<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O → 4CsOH + O<sub>2</sub>;



в к-тах раств. с образованием  $H_2O_2$ ; получают окислением Cs или его р-ра в жидком  $NH_3$  дозированным кол-вом  $O_2$ .

Надпероксид  $CsO_2$  выше  $350^\circ C$  диссоциирует с выделением  $O_2$ , давление диссоциации 931 Па ( $400^\circ C$ ), 6783 Па ( $973^\circ C$ ); очень сильный окислитель, окисляет, напр.,  $ReO_2$  до  $Cs_7ReO_5$ ,  $MnO_2$  до  $Cs_2MnO_4$ ,  $SeO_2$  до  $Cs_2SeO_4$ ; реагирует с  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $H_2$  с выделением  $O_2$ ; чистый  $CsO_2$  получают сжиганием металла в избытке  $O_2$ , др. способы – окисление кислородом р-ра Cs в жидком  $NH_3$ , амальгамы Cs, расплавов  $CsOH$  и  $Cs_2O$ .

Ц. о. – компонент сложных фотокатодов, спец. стекло и катализаторов;  $Cs_2O_2$ ,  $CsO_2$  – источники  $O_2$  и его регенераторы в космич. и подводных кораблях.

Л. И. Покровская.

**ЦЕЙЗЕ СОЛЬ**, см. *Платинаорганические соединения*.

**ЦЕЙЗЕЛЯ МЕТОД**, способ определения алкоксигрупп в орг. соед. Алкоксигруппы, содержащие метильный, этильный, пропильный или изопропильный радикалы, расщепляются концентр.  $HCl$  в присут. красного фосфора с образованием летучего алкилоксида, напр.:  $ROCH_3 + HI \rightarrow ROH + CH_3I$ . Последний отгоняют и поглощают  $AgNO_3$ ; иод, содержащийся в алкилоксиде, определяют гравиметрически в виде  $AgI$ . Чаще используют более точный вариант Ц. м., в к-ром алкилоксид поглощают р-ром  $Br_2$  и  $CH_3COOK$  в ледяной  $CH_3COOH$  с послед. титриметрич. определением образовавшейся  $HIO_3$  с помощью  $Na_2S_2O_3$  в присут.  $KI$ .

Алкоксилированные производные, содержащие бутильную группу или др. высший радикал, расщепляются с трудом; образующиеся иодиды имеют слишком высокую т-ру кипения и не испаряются количественно в условиях опыта. Метанол, этанол и нек-рые более высокомогл. спирты также дают положит. р-цию в условиях определения. Присутствие в в-ве серосодержащих функц. групп осложняет определение. В нек-рых случаях для лучшего разложения алкоксисоединения используют смесь, состоящую из  $HCl$ , фенола и  $C_2H_5CHO$ .

Ц. м. непригоден для несимметричных простых эфиров, в к-рых обе группы алифатические. Его используют для определения алкоксигрупп в алкалоидах и сахарах.

Метод предложен С. Цейзелем в 1885. С. И. Обтемперанская.

**ЦЕЛЛОБИОЗА**, см. *Целлюлоза*.

**ЦЕЛЛОЗЬЛЫ**, торговое назв. простых моноалкиловых эфиров этиленгликоля общей ф-лы  $ROCH_2CH_2OH$ . Иногда к Ц. относят также диалкиловые эфиры этиленгликоля  $ROCH_2CH_2OR'$ .

Ц. – горючие бесцв. жидкости (табл.), со слабым спиртовым или гликолевым запахом; бензилцеллозоль – с запахом розы. Большинство Ц. раств. в воде, спиртах, гликолях и др. орг. р-рителях, ограниченно раств. в воде 2-этилбутилцеллозоль ( $1,2$  г в  $100$  г при  $20^\circ C$ ) и фенилцеллозоль ( $2,7$  г в  $100$  г при  $20^\circ C$ ).

Ц. обладают хим. св-вами, характерными для этиленгликоля и простых эфиров. Металлы и их гидроксиды легко замещают водород гидроксильной группы; при взаимод. с карбоновыми к-тами образуются сложные эфиры, напр. с

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЦЕЛЛОЗЬЛЫХ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
Метилцеллозоль <sup>a</sup> $CH_3OCH_2CH_2OH$	76,09	-85,1	124,6	0,9646	1,4021
Этилцеллозоль <sup>b</sup> $C_2H_5OCH_2CH_2OH$	90,12	-70	135,6	0,9311	1,4076
Бутилцеллозоль <sup>c</sup> $C_4H_9OCH_2CH_2OH$	118,18	-70	170,2	0,9022	1,4198
Гексилцеллозоль <sup>d</sup> $C_6H_{13}OCH_2CH_2OH$	146,23	-50,1	208,1	0,9887	1,4290
Фенилцеллозоль <sup>e</sup> $C_6H_5OCH_2CH_2OH$	138,17	—	215	1,030	1,5386
2-Этилбутилцеллозоль <sup>f</sup> $(C_2H_5)_2CHCH_2OCH_2CH_2OH$	146,23	-90	196,7	0,8954	1,4304

<sup>a</sup>  $\eta$  1,7 мПа·с ( $20^\circ C$ ), т. всп.  $36^\circ C$ , т. самовоспл.  $228^\circ C$ . <sup>b</sup>  $\eta$  2,1 мПа·с ( $20^\circ C$ ), т. всп.  $48,9^\circ C$ , т. самовоспл.  $237,8^\circ C$ . <sup>c</sup>  $\eta$  6,4 мПа·с ( $20^\circ C$ ), т. всп.  $69,4^\circ C$ , т. самовоспл.  $244,4^\circ C$ . <sup>d</sup>  $\eta$  5,2 мПа·с ( $20^\circ C$ ), т. всп.  $90,6^\circ C$ . <sup>e</sup> т. всп.  $121,1^\circ C$ . <sup>f</sup> т. всп.  $82,2^\circ C$ .

уксусной к-той – целлозольацетат:  $C_2H_5OCH_2CH_2OH + CH_3COOH \rightarrow C_2H_5OCH_2CH_2OC(=O)CH_3$ ; при оксигетилировании – эфиры ди-, три- и т.д. этиленгликолей.

В пром-сти Ц. получают взаимод. этиленоксида с соответствующими спиртами при  $150$ – $200^\circ C$  и давлении  $2$ – $4$  МПа в присут. гомогенных (к-ты, щелочи) или гетерогенных (цеолиты, алюмосиликаты, силикагели и др.) катализаторов.

Для снижения себестоимости товарных продуктов создают пром. установки с «гибкой» технологией, позволяющие синтезировать эфиры моно-, ди- и триэтиленгликоля на основе этиленоксида и спиртов  $C_1$ – $C_4$ .

Ц. могут быть получены также взаимод. этиленхлоргидрина и алкоколята Na (выход эфиров из алкоколятов нормальных спиртов  $60$ – $65\%$ , спиртов изостроения  $30$ – $35\%$ ) либо взаимод. моноэтиленгликоля с диалкилсульфатами в присут. щелочи.

Ц. – р-рители нитратов и ацетатов целлюлозы (отсюда и назв. – целлозольвы), жир. и синтетич. смол, поливинилацетата; компоненты р-рителей для удаления старых лакокрасочных покрытий; входят в состав аппретур для отделки кож, хим. чистки одежды; придают краскам способность раств. в воде; текстильно-вспомогат. в-ва. Бутилцеллозоль благодаря совместимости с алкидными смолами снижает вязкость лака, позволяет наносить алкидный лак на нитроцеллозные эмали; добавление к алкидным смолам целлозольацетата замедляет испарение р-рителя. Метил- и этилцеллозольвы – присадки к реактивным авиационным топливам для предотвращения образования кристаллов льда (к автомобильным бензинам добавляют бутилцеллозоль). Этилцеллозоль включают в состав антиобледенит. жидкостей для ветровых стекол автомобилей (до  $10\%$ ). Ц. часто используют как разделяющие агенты при азеотропной ректификации спиртов и углеводородов. Бензилцеллозоль – сырье в произ-ве душистых в-в и фиксатор запаха в парфюмерии.

Пары Ц., особенно низших, ядовиты; накапливаясь в организме, могут вызывать изменения в печени и почках; при хронич. отравлениях поражают гл. обр. центр. нервную систему и слизистые оболочки. Всасываются через кожу, вызывают дерматит, при приеме внутрь – смерть.

Горючи, для метил- и этилцеллозольва КПВ смеси паров с воздухом  $3$ – $14\%$  и  $2,6$ – $15,7\%$  (по объему); ПДК в воздухе рабочей зоны соотв.  $5$  мг/м<sup>3</sup> и  $10$  мг/м<sup>3</sup>. С увеличением мол. массы токсичность снижается.

Мировое произ-во более  $400$  тыс. т в год (1990).

Лит.: Дымент О.Н., Казанский К.С., Мирошников А.М., Гляколи и другие производные окисей этилена и пропилена, М., 1976; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980.

Б. Б. Чесноков.

**ЦЕЛЛОФАН**, пленка, формируемая из щелочных р-ров ксантогената целлюлозы (вискозы). Для формирования обычно используют вискозу со сроком созревания ок.  $90$  ч. Прозрачная пленка Ц. содержит до  $12\%$  воды и ок.  $11\%$  глицерина, толщина ее  $20$ – $50$  мкм, масса  $1$  м<sup>2</sup>  $30$ – $100$  г. Отличается высокой паро- и влагопроницаемостью, высокой стойкостью к действию жиров. Прочность Ц. при растяжении в продольном направлении не менее  $7,8$  ГПа, в поперечном – ок.  $3,5$  ГПа, относит. удлинение соотв. не менее  $10$  и  $14\%$ ; при многократном изгибе не ломается.

Получают Ц. формированием вискозы через щелевую или кольцевую фильеру в осадит. ванну, содержащую водный р-р  $H_2SO_4$  ( $130$ – $150$  г/л) и  $Na_2SO_4$  ( $200$ – $220$  г/л), с послед. удалением серы действием разб. р-ра NaOH и промыванием. Для придания Ц. эластичности его пластифицируют глицерином, иногда – маннитом, пентаэритритом или гидроксикислотами. Т-ра формирования Ц. ок.  $40^\circ C$ , т-ра сушки – не более  $75^\circ C$  (во избежание улетучивания пластификатора). Высушенную пленку наматывают в рулон.

Для получения неслипающегося Ц., обладающего пониженной паро- и влагопроницаемостью, пленку модифицируют – покрывают тонкой защитной пленкой из полиэтилена, ацетицеллюлозы, поливинилхлорида или др. полимеров (дублирование), выдерживают в среде влажного воздуха и затем пропускают через ванну с эфироцеллозольным лаком (лаки-

рование) или обрабатывают феноло-формальдегидной смолой для снижения гигроскопичности.

Ц. нетоксичен; применяется в качестве упаковочного материала для жирных мясо-молочных продуктов, фруктов, кондитерских изделий, товаров народного потребления, техн. продуктов; в медицине Ц. – имплантируемый материал.

Лит. см. при ст. Вискозные волокна.

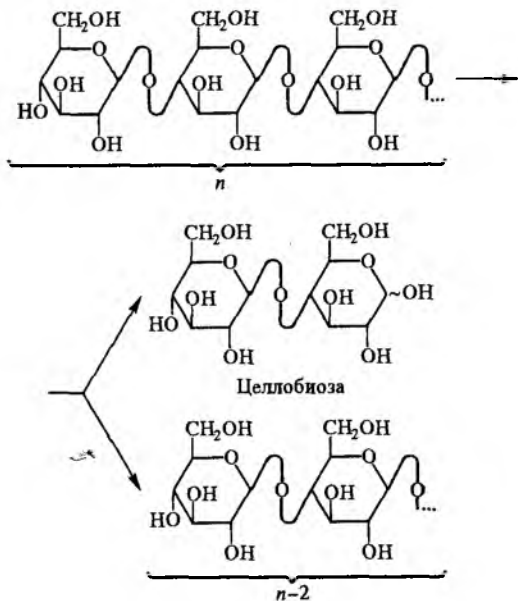
**ЦЕЛЛУЛОИД**, см. Этролы.

**ЦЕЛЛЮЛАЗЫ** (целлюлолитич. ферменты), ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз 1,4-гликозидных связей в молекуле целлюлозы с образованием набора олигосахаридов разл. степени полимеризации вплоть до мономера – глюкозы.

Различают два осн. типа Ц.: эндоглюканызы (1,4-β-глюкан-4-глюкогидролазы, эндо-1,4-β-глюканызы) и целлобиогидролазы (1,4-β-D-глюкан-4-целлобиогидролазы, экзоцеллобиогидролазы), отличающиеся по характеру действия на молекулы целлюлозы и, как правило, действующие совместно.

Ц. первого типа гидролизуют связи в молекуле целлюлозы и нек-рых ее растворимых производных (карбоксиметил-, гидроксиэтилцеллюлоза и др.) неупорядоченным способом, образуя набор поли- и олигомерных фрагментов разл. длины. Катализируют также р-цию трансгликозилирования (присоединение части расщепляемой молекулы поли- или олигосахарид к концевому невосстанавливаемому ангидроглюкозному остатку др. поли- или олигомерной молекулы субстрата).

Ц. второго типа гидролизуют молекулы целлюлозы, образуя почти исключительно целлобиозу, к-рую они отщепляют с невосстанавливающего конца полисахарида (n – число звеньев цепи):



Другое отличие Ц. второго типа от эндоглюканыз – значит. снижение ими вязкости р-ров карбоксиметил- или гидроксиэтилцеллюлозы (при равной степени гидролиза полимера).

Характерное св-во двух типов Ц. – наличие синергизма (взаимного усиления) при их совместном действии на высокоупорядоченные формы целлюлозы (хлопковое волокно, микрокристаллич. целлюлоза).

Ц. обнаружены у бактерий, актиномицетов, грибов, растений. Наличие Ц. у животных однозначно не доказано, однако мн. насекомые, птицы, жвачные, грызуны содержат в пищеварит. органах микрофлору, образующую Ц. Способность жвачных животных переваривать клетчатку обусловлена присутствием в их желудке (гл. обр. в рубце) симбиотич. анаэробных микроорганизмов, выделяющих Ц.

Наиб. эффективные продуценты Ц. – грибы. Ферментные системы грибов содержат, как правило, множественные формы обеих форм Ц., отличающиеся мол. массой, изоэлектрич. точкой и содержанием ковалентно связанных углеводных остатков. Часть Ц. – истинные изоферменты, кодируемые самостоят. генами, др. формы образуются при посттрансляционной модификации основных типов Ц.

Наиб. изученным продуцентом Ц., имеющим важное прикладное значение, является почвенный грибок *Trichoderma viride* (teesei). Он секретирует по меньшей мере 2 изофермента целлобиогидролазы с мол. м. 65 и 55 тыс., pI 3,9-4,2 и 5,9-6,5 соотв., а также 2 изофермента эндоглюканызы с pI 4,7 и 5,4. Определена первичная структура всех этих ферментов. Оптимальное каталитич. действие Ц. большинства грибов проявляется при pH 4-5.

Среди анаэробных бактерий наиб. известный продуцент Ц. – *Clostridium thermocellum*. Структура Ц. этих бактерий существенно отличается от Ц. грибов. Этот микроорганизм секретирует крупные надмол. образования, в составе к-рых обнаруживается не менее 14 разл. белков, в т. ч. молекулы Ц., – т. наз. целлюлосомы (общая мол. м. более 2 млн.). Сходные образования обнаруживаются и у нек-рых др. анаэробных бактерий, в т. ч. находящихся в желудке жвачных животных.

В составе целлюлосом обнаружены по крайней мере 4 изофермента Ц. первого типа и 1 – второго. Для всех эндоглюканыз целлюлосомы определена первичная структура, а для одной из них – также пространственная. Оптимальная каталитич. активность бактериальных ферментов при pH ок. 7.

Наиб. известный ингибитор Ц., в особенности для Ц. второго типа, – целлобиоза.

В первичную структуру многих Ц. входит т. наз. сорбционный домен – фрагмент полипептидной цепи, определяющий связывание молекулы фермента с поверхностью целлюлозы. У разл. Ц. он локализован на С- или на N-конце молекулы и связан переходной областью с каталитич. доменом. Последний, при протеолитич. отщеплении сорбционного домена, способен катализировать гидролиз производных целлюлозы в р-ре, но не активен по отношению к нерастворимым субстратам.

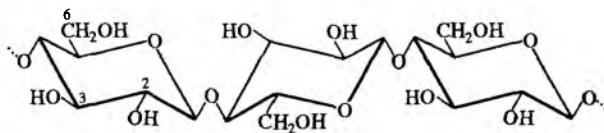
Ц. применяют в произ-ве соков и вин (для их осветления), комбикормов (для их лучшего усвоения), а также для получения высококачественной бумаги.

Мировое произ-во Ц. составляет тысячи тонн (в числе осн. производителей – Япония, Дания, Финляндия, Россия).

Лит.: Рабинович М. Л. [и др.], в сб.: Итоги науки и техники, сер. Биотехнология, т. 11, М., 1988, с. 4-149; Biochemistry and genetics of cellulose degradation, eds. J. P. Aubert, P. Beguin, J. Millet, L., 1988. М. Л. Рабинович.

**ЦЕЛЛЮЛОЗА** (франц. cellulose, от лат. cellula, букв. клетка, здесь – клетка), полисахарид – линейный (1→4)-β-глюкан [поли(1→4)-β-D-глюкопиранозил-D-глюкопираноза] общей ф-лы [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>]<sub>n</sub>. Один из наиб. распространенных биополимеров, входящий в состав клеточных (отсюда назв.) стенок растений и микроорганизмов (нек-рые из них, а также отд. виды беспозвоночных – черви, древоточцы благодаря ферменту целлюлазе, расщепляющему Ц., могут ее усваивать). Мировой объем ежегодного прироста 10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup> т. Содержание Ц. (% по массе) в волокнах семян хлопчатника 95-98, лубяных 60-85, тканях древесины 40-44, низших растениях 10-25.

**Строение.** Элементарное звено макромолекулы Ц. находится в конформации кресла с экваториально расположенными группами OH и CH<sub>2</sub>OH:



Теоретически рассчитанная конформация макромолекулы Ц. – жесткая спираль (шаг равен 2-3 элементарным звеньям), стабилизированная внутримол. водородными связями.

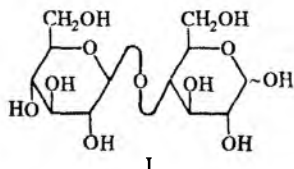
Ц. имеет ряд структурных модификаций, из к-рых наиб. важны модификации I–IV и X (ЦI–ЦIV и ЦX). Структура ЦI – модификация природной Ц. Структура ЦII – т. наз. гидратцеллюлоза (см. *Гидратцеллюлозные волокна*), образующаяся при регенерации Ц. из ее производных (напр., сложных эфиров, щелочной Ц.), растворении и послед. осаждении Ц. из р-ра; ЦIII образуется при обработке ЦI или ЦII жидким  $\text{NH}_3$  либо безводным этиламинол; ЦIV получают обработкой ЦI или ЦII при повышенной т-ре глицерином, водой либо водными р-рами щелочей; ЦX – обработкой ЦI 38–40,3%-ной  $\text{HCl}$  при 20 °С, нейтрализацией массы с одновременным повышением т-ры до 95 °С, промывкой, вытеснением воды ацетоном и сушкой.

Основа надмол. структуры Ц. – элементарные высокоупорядоченные фибриллы. Последние ассоциированы в агрегаты (микрофибриллы – содержат неск. сотен макромолекул; размеры в поперечном направлении от 4 до 10–20 нм), образующие матрицу, мол. структура к-рой значительно менее упорядочена, чем структура фибрилл.

Ц. – типичное аморфно-кристаллич. в-во (см. *Кристаллическое состояние полимеров*). Поэтому в Ц. в продольном направлении наряду со структурами с трехмерным дальним порядком (кристаллитами) сохраняются аморфные области. По данным электронной микроскопии, длина кристаллитов от 20–85 (гидратцеллюлозные волокна) до 65–220 нм (волокна природной Ц.). Распределение по длине и ММР – мульти-модальное (см. *Молекулярно-массовое распределение*) и зависит от вида Ц. и условий ее получения. Объемное содержание в образце кристаллич. областей, или степень кристалличности, составляет соотв. в хлопковом волокне, древесной Ц. и Ц. искусств. волокон 70–83, 64–74 и 35–40%. Аморфные области Ц. неоднородны, что подтверждается множественностью изофазных температурных переходов. Развитая капиллярно-пористая структура Ц. включает: внутрифибрилярные нерегулярности упаковки (размер 1,5 нм); межфибрилярные поры (1,5–10 нм); поры, возникающие как результат внутр. напряжений (неск. десятков нм); каналы и поры диаметром неск. мкм (волокна природной Ц.).

**Свойства.** Ц. – белое волокнистое в-во с длиной волокон более 20 мм (текстильные волокна) и 3 мм (волокна для произ-ва бумаги и картона, хим. переработки). Плотн. 1,52–1,54 г/см<sup>3</sup>; т. разл. 210 °С; степень полимеризации  $n$  от неск. сотен до 10–14 тыс. Раств. в сравнительно ограниченном числе р-рителей – водных смесях комплексных соед. гидроксидов переходных металлов (Cu, Cd, Ni) с  $\text{NH}_3$  и аминами, нек-рых минер. ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) и орг. (трифторуксусная) к-тах, аминоксидах, нек-рых системах (напр., натрий-железистый комплекс – аммиак – щелочь, ДМФА –  $\text{N}_2\text{O}_4$ ). Медноаммиачные р-ры Ц. используют для формования гидратцеллюлозных волокон и пленок.

Хим. св-ва Ц. определяются наличием гликозидных связей между элементарными звеньями и групп  $\text{OH}$ . Гликозидная связь в Ц. неустойчива в условиях кислотного гидролиза и сольволиза. Исчерпывающий гидролиз (до глюкозы) с послед. сбраживанием лежит в основе пром. получения этанола. При гетерог. гидролизе параметр  $n$  снижается до нек-рого постоянного значения (предельное значение степени полимеризации после гидролиза), что обусловлено завершением гидролиза аморфной фазы. При гидролизе хлопковой Ц. до предельного значения получают легкосыпучий белоснежный порошок – микрокристаллическую Ц. (степень кристалличности 70–85%; средняя длина кристаллитов 7–10 нм), при диспергировании к-рой в воде образуется тиксотропный гель. При ацетоллизе Ц. превращается в восстанавливающий дисахарид целлобиозу (ф-ла I) и ее олигомергомологи.



Термич. деструкция Ц. начинается при 150 °С и приводит к выделению низкомолекулярных соед. ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}$ , спирты, карбоновые к-ты, карбонильные производные и др.) и продуктов более сложного строения. Направление и степень разложения определяются типом структурной модификации, степенями кристалличности и полимеризации. Выход одного из осн. продуктов деструкции – левоглюкозана изменяется от 60–63 (хлопковая Ц.) до 4–5% по массе (вискозные волокна). При т-ре св. 300 °С происходит пиролиз с образованием продуктов карбонизации. Карбонизация и графитация ЦII (вискозные волокна) используются при получении углеродных волокон. При облучении образца светом с длиной волны < 200 нм протекает фотохим. деструкция Ц., в результате к-рой снижается степень полимеризации, увеличиваются полидисперсность, содержание карбонильных и карбоксильных групп.

Действие на Ц. окислителей приводит гл. обр. к неизбирательному окислению спиртовых и карбонильных групп до карбоксильных, сопровождающемуся деструкцией Ц. Окисление  $\text{O}_2$  воздуха в щелочной среде, при к-ром скорость разрушения нецеллюлозных компонентов выше скорости окисления Ц., является одним из эффективных способов отбеливания техн. Ц. На использовании окислительной деструкции в щелочной среде основана одна из стадий произ-ва вискозных волокон и простых эфиров Ц. (предосреживание щелочной Ц.); как побочная эта р-ция протекает при отбеливании Ц. и ее облагораживании (см. ниже). Нек-рые окислители (периодат Na, тетраацетат Pb,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ) отличаются высокой избирательностью по отношению к гидроксильным группам у атомов С-2 и С-3; при их действии идет одновременное окисление этих групп  $\text{OH}$  с разрывом кольца и образованием диальдегида.

При взаимодей. Ц. с водными р-рами щелочей образуется щелочная Ц. – кристаллич. комплекс Ц., щелочи и воды; стехиометрич. состав и параметры кристаллич. решетки комплекса зависят от концентрации р-ра щелочи и т-ры. Обработка Ц. 18–20%-ными водными р-рами  $\text{NaOH}$  – одна из осн. стадий (мерсеризация) при произ-ве вискозных волокон.

По активности в р-циях, протекающих в щелочной среде, группы  $\text{OH}$  располагаются в ряд:  $\text{OH}_{\text{C}2} > \text{OH}_{\text{C}6} > \text{OH}_{\text{C}3}$ . В кислой среде, где гл. фактором является стерич. доступность, наиб. реакционноспособна группа  $\text{OH}$  у атома С-6.

К наиб. важным р-циям Ц. относятся р-ции получения ее простых (*карбоксиметилцеллюлоза, метилцеллюлоза, оксиэтилцеллюлоза, цианэтилцеллюлоза, этилцеллюлоза* и др.) и сложных (*целлюлозы ацетаты, целлюлозы нитраты*, а также ксантогенаты, сульфаты и др.) эфиров. При этом осн. способом перевода Ц. в растворимое или термопластичное состояние являются О-алкилирование и этерификация (см. также *Целлюлозы эфиры*). Для направленного изменения эластич. св-в материалов на основе Ц. ее обрабатывают р-рами или эмульсиями меламина, эпокси соединений, гидроксиметильных производных карбамида, что обеспечивает придание тканям эффекта малосминаемости.

**Получение.** Выделение технической Ц. из растит. сырья, гл. обр. древесины, осуществляется ее варкой с разл. хим. реагентами. Под их воздействием происходит удаление из прир. материала лигнина, гемицеллюлоз и др. нецеллюлозных компонентов. Получаемые Ц. в зависимости от выхода (% от массы исходного сырья) делятся на полуцеллюлозу (60–80), Ц. высокого выхода (50–60), Ц. нормального выхода (40–50). Технол. схема произ-ва Ц. из древесины включает: распиловку сырья, удаление коры, рубку в щелу и ее сортировку, варку Ц. в щелоке, удаление отработанного щелока, очистку, сушку и резку готового продукта. Осн. методы варки Ц.: сульфатный (преим.), сульфитный, натронный, азотнокислый; кроме того, используют комбинир. методы (содово-сульфитный и содово-сульфитно-сульфатный), а также кислородно-щелочную делигнификацию древесины (см. также *Гидролизные производства. Лесохимия*).

Сульфатный метод позволяет перерабатывать древесину любых пород путем ее варки в щелоке (см. *Сульфатный щелок*), содержащем 9–10%  $\text{NaOH}$ , в течение 5–7 ч при 165–170 °С и давлении 0,6–0,8 МПа; в случае использования

Ц. для хим. переработки древесину подвергают предварит. гидролизу водой в течение 0,3–3 ч при 140–180 °С или 0,5–0,75%-ной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в течение 2 ч при 120 °С. Сульфитный метод применим гл. обр. к хвойной древесине, варку к-рой осуществляют в щелоке (см. Сульфитный щелок), содержащем 5–10% общего SO<sub>2</sub> и 0,8–1,3% SO<sub>2</sub> в соед. [связан в виде гидросульфитов Na, Ca, Mg, NH<sub>4</sub> или смесей гидросульфитов Na и Ca, NH<sub>4</sub> и Ca в соотношении (3:7)–(7:3)] в течение 5–12 ч при 130–155 °С и давлении 0,5–0,8 МПа.

Награнный метод используют для получения Ц. хлопковой либо Ц. из лиственной древесины; варку проводят в щелоке, содержащем 3–10% NaOH в течение 1–6 ч при 140–170 °С и давлении 0,6–0,8 МПа. Азотнокислый метод состоит в обработке хлопковой Ц. 5–8%-ной HNO<sub>3</sub> в течение 1–3 ч при т-ре ок. 100 °С и атм. давлении с послед. промывкой и экстракцией разб. р-ром NaOH. Варку Ц. описанными методами осуществляют в периодических или непрерывно действующих аппаратах объемом 60–170 м<sup>3</sup>, снабженных системами подогрева и принудит. циркуляции щелоков и др. реагентов.

После варки из Ц. удаляют мех. примеси и подвергают дополнительно хим. очистке – отбеливанию и облагораживанию. Отбеливание производят окислителями (Cl<sub>2</sub>, ClO<sub>2</sub>, NaClO, O<sub>2</sub> воздуха в щелочной среде и др.). облагораживание осуществляют обработкой варочной Ц. 0,5–2%-ными или 4–10%-ными водными р-рами NaOH в течение неск. часов при т-рах от 15–25 до 95–135 °С. Мировое произ-во Ц. св. 190 млн. т в год (1990).

Ц.– горючее в-во. Т. воспл. 275 °С, т. самовоспл. 420 °С (хлопковая Ц.).

**Применение.** Ц. используют для изготовления разл. сортов бумаги (в т.ч. бумаги фотографической) и картона, хим. переработки на искусств. волокна (ацетатные волокна, вискозные волокна, медноаммиачные волокна), пластмассы (этролы), пленки полимерные, кино- и фотопленки, лаки и эмали, бездымный порох, моющие ср-ва и др.

Лит.: Роговин З.А., Химия целлюлозы, М., 1972; Целлюлоза и ее производные, под ред. Н.Байкля, Л.Сегала, пер. с англ., т. 1–2, М., 1974; Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 853–60; Жбанков Р.Г., Козлов П.В., Физика целлюлозы и ее производных, Минск, 1983; Гордон Л.В., Скворцов С.О., Лисов В.И., Технология и оборудование лесохимических производств, 5 изд., М., 1988; Непенин Н.Н., Непенин Ю.Н., Технология целлюлозы, 2 изд., т. 1–2, М., 1976–90.

Л. С. Гальбрайт.

**ЦЕЛЛЮЛОЗЫ АЦЕТАТЫ** (ацетилцеллюлоза), *целлюлозы эфиры* общей ф-лы [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)<sub>3-x</sub>(OSOCN<sub>3</sub>)<sub>x</sub>]<sub>n</sub>. Аморфные соед. белого цвета. Различают триацетат целлюлозы (конечный продукт ацетилирования целлюлозы, см. ниже), наз. первичным ацетатом или триацетилцеллюлозой, и продукт его частичного гидролиза, наз. вторичным ацетатом или вторичной ацетилцеллюлозой.

Степень этерификации х, или степень замещения (СЗ), изменяется в диапазоне 2,2–3,0 и определяется по содержанию связанной уксусной к-ты, кол-во к-рой составляет в триацетилцеллюлозе 60–61,5%, во вторичной ацетилцеллюлозе – 52–56% по массе. Степень полимеризации n лежит в пределах от менее 150 до 600–700 (мол. м. 25–115 тыс.).

Плотность Ц. а. (1,33–1,28 г/см<sup>3</sup>) снижается с повышением СЗ. К даже незначит. изменениям СЗ чрезвычайно чувствительна также р-римость – один из наиб. важных показателей, определяющих возможность и условия переработки Ц. а. Высокоэтерифицированные Ц. а. раств. в метилхлориде, дихлорэтане, хлороформе, метилцеллюлозольве, а также в муравьиной и уксусной к-тах. Снижение СЗ позволяет расширить ассортимент р-рителей для Ц. а. и улучшить их совместимость с низкомол. пластификаторами. Так, частично омыленная триацетилцеллюлоза, кроме указанных р-рителей, раств. в сложных эфирах (метил- и этилацетате) и кетонах, напр. в ацетоне. Получены водорастворимые Ц. а., имеющие СЗ 0,5–0,6. Пром. Ц. а. не раств. в воде, этаноле, бензоле, бензине; полностью омыляются с образованием гидратцеллюлозы (см. Гидратцеллюлозные волокна) под действием конц. р-ров щелочей при комнатной т-ре и разб. р-ров (0,05–0,1 н.) при повышенной т-ре, а также при обработке минер. к-тами.

Ц. а. мало гигроскопичны (особенно триацетилцеллюлоза), светостойки, обладают хорошими физ.-мех. (волоконно- и пленкообразующими) св-вами; практически негорючи (т. воспл. 295 °С, т. самовоспл. 380–430 °С). Термич. стабильность Ц. а. недостаточна высока: уже при 190–210 °С (т. размягч.) изменяется окраска материала, а при 230 °С он начинает разлагаться; для повышения стабильности добавляют, напр., дифениламин, производные фенола и гидрохинона.

Триацетилцеллюлоза м. б. получена действием на хлопковую или облагороженную древесную целлюлозу разл. этерифицирующих агентов – уксусного ангидрида, ацетилхлорида, кетена; наиб. распространен уксусный ангидрид. Состав ацетилирующей смеси (% по массе): ангидрид (38–40), катализаторы (1–2; гл. обр. минер. к-ты – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HClO<sub>4</sub>), а также разбавители (58–60). Если последними служат неполярные жидкости (бензол, толуол, ксилолы, CCl<sub>4</sub>), ацетилирование происходит в гетерог. среде; при использовании р-рителя триацетилцеллюлозы (напр., уксусной к-ты, метилхлорида) р-ция начинается в гетерог. среде, а заканчивается в гомогенной.

Перед этерификацией целлюлозу обычно активируют обработкой в 95–100%-ной уксусной к-те. Р-цию проводят в течение 2–3 ч при отношении массы смеси к массе целлюлозы 20–30, т-рах 10–15 °С (в начале процесса) и 30–50 °С (в конце). При гетерог. ацетилировании полученный продукт промывают разбавителем (к-рый затем отгоняют с водяным паром) и водой, затем сушат и отправляют на переработку. При гомог. ацетилировании образовавшуюся триацетилцеллюлозу высаживают в водный р-р в виде хлопьев, к-рые промывают и высушивают. Оба варианта реакции реализованы как в виде периодического, так и непрерывного процесса.

Вторичную ацетилцеллюлозу производят частичным омылением триацетилцеллюлозы в 85–95%-ном р-ре уксусной к-ты, содержащем в качестве катализатора H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (7–15% от массы целлюлозы), в течение 12–18 ч при 40–50 °С.

Ц. а. применяют в произ-ве ацетатных волокон, пленок полимерных, этролов, кино- и фотопленок, лаков, разл. мембран.

Лит.: Роговин З.А., Химия целлюлозы, М., 1972; Энциклопедия полимеров, т. 1, М., 1972, с. 238–42. См. также лит. при ст. Ацетатные волокна, Пленки полимерные, Целлюлозы эфиры, Этролы.

В. Н. Кражев.

**ЦЕЛЛЮЛОЗЫ НИТРАТЫ** (нитроцеллюлоза), сложные целлюлозы эфиры общей ф-лы [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)<sub>3-x</sub>(ONO<sub>2</sub>)<sub>x</sub>]<sub>n</sub>. Твердые волокнистые в-ва белого цвета. Степень этерификации х, или степень замещения (СЗ), изменяется в диапазоне 0–3; ее рассчитывают, исходя из содержания азота [N] (% по массе) по ф-ле: СЗ = 3,6[N]/(31,1 – [N]). В зависимости от СЗ различают след. осн. виды технических Ц. н.: коллоксилин (10,7–12,2% N), пироксилин № 2 (12,2–12,5% N), пироксилин № 1 (13,0–13,5% N). Степень полимеризации n Ц. н. колеблется в широких пределах: от 150 до 3500 (мол. м. 38,5–500 тыс.). Ц. н. – бризантные взрывчатые вещества; осн. св-ва: теплота взрыва ок. 3600 кДж/кг; скорость детонации 7,3 км/с (при плотн. 1,2 г/см<sup>3</sup>); чувствительность к удару 5–10% (груз 2 кг, высота падения 25 см).

Плотность Ц. н. незначительно зависит от содержания N; напр., для коллоксилина, содержащего 11,8–12,2% N, плотн. 1,58–1,65 г/см<sup>3</sup>. Т-ры плавления Ц. н. лежат выше т-р разложения; водопоглощение и n<sub>D</sub> для Ц. н., содержащих, напр., 11,8–12,2% N, составляют соотв. 2–3% и 1,51.

Р-римость Ц. н. в разл. р-рителях зависит от СЗ. Низкозамещенные нитраты (0,5–2% N) раств. при комнатной т-ре только в 6%-ном р-ре NaOH, при содержании 9–11% N – в этаноле. Ц. н., содержащих 11,0–12,7% (СЗ 2,0–2,5), раств. в кетонах, сложных эфирах (напр., этилацетате), фурфуроле, диоксане, циклогексаноне, бутилцеллюлозольве и др.; универсальным р-рителем Ц. н., содержащих 10,5–14,4% N (СЗ 1,8–3,0), служит ацетон. Ц. н. с любой СЗ не раств. в воде и неполярных р-рителях (напр., в бензоле, CCl<sub>4</sub>). Ц. н. не устойчивы к действию к-т (разб. минер. к-ты вызывают медленную денитрацию) и щелочей (омыляют и разрушают, особенно спиртовые р-ры).

Нестабилизированные Ц. н. обладают малой атмосферостойкостью и очень низкой термич. стабильностью; в обычных условиях безводные нитраты разлагаются менее чем через 3 мес. При нагревании Ц. н. подвергаются деструкции уже при 40–60 °С, причем скорость разложения быстро возрастает с повышением т-ры и в присутствии к-т и щелочей. Термич. разложение Ц. н. – самоускоряющийся процесс, а при быстром нагревании возможны вспышка (для Ц. н., увлажненных спиртами, т. всп. 13 °С) и взрыв. Т-ра воспламенения зависит от скорости подвода теплоты: при медленном нагревании – 190 °С, при быстром – от 160–170 до 141 °С. Энергия активации термич. распада и тепловой эффект термич. разложения на воздухе Ц. н. составляют соотв. 119–142 МДж/моль и 3,15 МДж/кг. Введение стабилизаторов (напр., дифениламина) повышает атмосферо- и термостойкость Ц. н.

Для получения Ц. н. применяют облагороженную хлопковую целлюлозу. После разрыхления и сушки ее нитруют в спец. аппаратах (нитраторах) или центрифугах при 30–45 °С смесью, к-рая при произ-ве коллоксилина (пироксилинов) включает 20–25 (20–30)%  $\text{HNO}_3$ , 55–60 (60–70)%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 18–20 (5–10)%  $\text{H}_2\text{O}$ ; отношение массы нитрующей смеси к массе целлюлозы 40–50. Чем выше содержание в смеси воды, тем ниже степень полимеризации образующихся эфиров. Максимальная СЗ (2,8) достигается при содержании в смеси 3,5–5,0%  $\text{H}_2\text{O}$ . После нитрования полученный продукт отфильтровывают от кислотной смеси, многократно промывают холодной водой, разб. р-ром соды и снова водой, затем отжимают и хранят при содержании воды 20–35%. При необходимости Ц. н. обезвоживают спиртом. Наряду с описанным периодическим известны непрерывные способы произ-ва Ц. н.

Области применения Ц. н. зависят от содержания в них азота. Коллоксилин используют в произ-вах нитроцеллюлозных пластмасс (этролов), целлулоида, нитролаков, нитроэмалей, бездымного пороха, динамита и др. ВВ, для желатинизации нитроглицерина; пироксилины – в произ-ве бездымного пороха. Осн. недостаток Ц. н. – высокая горючесть (т. воспл. и т. самовоспл. 141 °С), что ограничивает возможности их применения.

Лит.: Закощников А. П., Нитроцеллюлоза, М., 1950; Роговни З. А., Химия целлюлозы, М., 1972; Энциклопедия полимеров, т. 2, М., 1974, с. 377–80; Коваленко В. И., «Успехи химии», 1995, т. 64, № 8, с. 803–17.

В. Н. Кражева.

**ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ЭФИРЫ**, производные целлюлозы общей ф-лы  $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_{3-x}(\text{OR})_x]_n$ , где  $n$  – степень полимеризации;  $x$  – число групп  $\text{OH}$ , замещенных в одном звене макромолекулы целлюлозы (степень замещения – СЗ);  $\text{R}$  – алкил, ацил или остаток минер. к-ты. Каждое звено макромолекулы содержит 3 группы  $\text{OH}$ , к-рые способны вступать в р-ции с образованием простых и сложных эфиров; в случае смешанных Ц. э. замещающие радикалы различны.

Наиб. распространены Ц. э.: простые – *карбоксиметилцеллюлоза, метилцеллюлоза, этилцеллюлоза*, а также метилгидроксипропилцеллюлоза, оксипропилцеллюлоза, цианэтилцеллюлоза; сложные – *целлюлозы ацетаты, целлюлозы нитраты*, а также ацетилфталилцеллюлоза, ацетопропионаты, ацетобутираты и сульфаты целлюлозы. Упомянутые Ц. э. производят во мн. странах десятками и сотнями тыс. т в год.

Св-ва Ц. э. зависят гл. обр. от числа  $n$ , СЗ и типа заместителя  $\text{R}$ . Так, степень полимеризации (в среднем 150–500) значительно влияет преим. на прочностные и вязкостные св-ва Ц. э., обеспечивая их пригодность для переработки. СЗ определяет их физ.-мех. и хим. св-ва. Средняя СЗ лежит в пределах 0–3; однако чаще СЗ рассчитывают не на одно, а на 100 элементарных звеньев макромолекул целлюлозы и обозначают  $\gamma$  (напр., для триацетилцеллюлозы  $\gamma = 280$ –290). Регулируют СЗ изменением условий синтеза: концентрации алкилирующего или этерифицирующего агента, т-ры, продолжительности и др.

Р-имость Ц. э. зависит от содержания и соотношения заместителей и своб. групп  $\text{OH}$ . Напр., ацетат целлюлозы, имеющий СЗ 0,5–0,8 и 1,5–1,8, раств. соотв. в воде и смеси ацетон – вода (7:3); ацетат целлюлозы со СЗ 2,2–2,6 раств.

в ацетоне и метилцеллюлозье, со СЗ > 2,6 – в метиленхлориде и смеси метиленхлорид – этанол (9:1). При увеличении длины цепи алкильного радикала гидрофобность Ц. э. повышается и они способны раств. в неполярных р-рителях (напр., бутил- и пропицеллюлоза уже нерастворимы в воде и раств. в орг. р-рителях). Вообще р-римость Ц. э. в орг. р-рителях возрастает с повышением т-ры и уменьшается с увеличением мол. массы.

С увеличением в заместителе числа атомов  $\text{C}$  для всех Ц. э. уменьшаются влагопоглощение, т-ры размягчения и плавления. Сложные эфиры термически нестабильны и обладают низкой хим. стойкостью к действию к-т и щелочей. Простые эфиры устойчивы в к-тах и щелочах и выдерживают нагревание до сравнительно высоких т-р, не разлагаясь и не выделяя своб. к-т, вызывающих коррозию металлов. Сложные и нек-рые простые Ц. э. – хорошие диэлектрики.

Для произ-ва Ц. э. используют облагороженную хлопковую и древесную (сульфатную и сульфитную) целлюлозу. Выбор ее вида определяется областью применения того или иного эфира. Для повышения скорости и равномерности О-алкилирования и однородности Ц. э. независимо от способа их получения исходную целлюлозу обязательно предварительно активируют. В произ-ве простых эфиров целлюлозу обрабатывают р-ром  $\text{NaOH}$ , в результате чего она набухает и приобретает повышенную реакционную способность (щелочная целлюлоза) вследствие облегчения диффузии компонентов этерифицирующей смеси внутрь материала. В произ-ве сложных эфиров целлюлозу обрабатывают уксусной или др. к-той при повышенной т-ре в парах либо р-рами этих к-т. Обычно, чем выше т-ра активации, тем меньше ее продолжительность.

Простые Ц. э. получают в автоклавах при повышенной т-ре взаимод. щелочной целлюлозы с алкилхлоридами и (или) 3- и 4-членными гетероциклич. соед., напр. этилен- и пропиленоксидами, сульфонами (пром. способы), диалкилсульфатами (лаб. способ), непредельными соед. с двойными связями (напр., акрилонитрил, акриламид). Так, О-алкилированием щелочной целлюлозы монохлоруксусной к-той получают  $\text{Na}$ -соль карбоксиметилцеллюлозы, диэтиламиноэтилхлоридом – диэтиламиноэтилцеллюлозу, акрилонитрилом – цианэтилцеллюлозу, этилен- и пропиленоксидами – гидроксипропилцеллюлозу. Образование простых эфиров катализируется основаниями и всегда сопровождается побочными р-циями.

Сложные Ц. э. в пром-сти получают:

1. Этерификацией целлюлозы кислородсодержащими неорг. и карбоновыми (напр.,  $\text{HCOOH}$ ) к-тами. Этим способом получают нитраты, сульфаты и формиаты целлюлозы. Этерификация ее  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в смеси с мочевиной дает фосфаты целлюлозы. Вследствие обратимости р-ции применяют конц. к-ты и водоотнимающие добавки.

2. Действием на целлюлозу преим. ангидридов к-т в среде орг. р-рителей или разбавителей в присут. катализаторов (в осн. минер. к-т). Таким способом получают эфиры на основе карбоновых к-т жирного ряда  $\text{C}_2$ – $\text{C}_4$  (напр., ацетаты целлюлозы). Действием смесей ангидридов разл. к-т или к-ты и ангидрида др. к-ты производят смешанные Ц. э. (напр., ацетопропионаты и ацетобутираты целлюлозы).

Лаб. способы получения сложных эфиров: действие на целлюлозу изоцианатов (Ц. э. карбаминовой к-ты – замещенные уретаны, карбанилаты целлюлозы); перэтерификация (бораты, фосфаты, стеарат целлюлозы). При синтезе Ц. э. в кислой среде побочные продукты почти не образуются.

Области применения сложных, а также простых и смешанных Ц. э. весьма разнообразны. Осн. направления использования: произ-во искусств. волокон (см. *Ацетатные волокна, Вискозные волокна, Гидратцеллюлозные волокна, Медноаммиачные волокна*); эфирцеллюлозных пластмасс (см. *Этролы*); разл. пленок, полупроницаемых мембран (см. *Пленки полимерные, Фотографические материалы*); лакокрасочных материалов (см. *Грунтовки, Лакокрасочные покрытия, Шпатлевки, Эфирцеллюлозные лаки*). Ц. э. применяют также как загустители, пластификаторы и стабилизаторы глинистых



p-ров для буровых скважин, асбо- и гипсоцементных штукатурных смесей, обмазочных масс для сварных электродов, водоземлюсионных красок, красителей (при печати по тканям), зубных паст, парфюмерно-косметич. ср-в, водно-жировых фармацевтич. составов, пищ. продуктов (напр., соков, муссов); связующие в литейных произ-вах; эмульгаторы при полимеризации; ресорбенты загрязнений в синтетич. моющих ср-вах; флотореагенты при обогащении разл. руд; текстильно-вспомогат. в-ва (напр., аппретирующие и шлихтующие); компоненты клеевых композиций и др.

Лит.: Роговни З.А., Химия целлюлозы, М., 1972; Целлюлоза и ее производные, под ред. Н. Байкла, Л. Сегала, пер. с англ., т. 1-2, М., 1974; Бытневский В.Я., Кузнецова Е.П., Промышленные эфир целлюлозы, Л., 1974; Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 859-67. В.Н. Кражев.

**ЦЕМЕНТАЦИЯ**, 1) в гидрометаллургии – извлечение металла путем вытеснения из p-ра его соли другим металлом (цементатором), имеющим более отрицательный стандартный потенциал. Это электрохим. процесс, иногда его наз. внутр. электролизом. Т.к. с понижением концентрации катионов металла в p-ре потенциал металла становится более отрицательным, вытеснение из p-ра происходит только вплоть до какой-то миним. концентрации, когда потенциалы вытесняемого и вытесняющего металлов сравниваются. Но такая равновесная концентрация часто не достигается вследствие кинетич. затруднений, в частности явлений поляризации. Для осуществления Ц. необходимо, чтобы разность потенциалов превышала ~ 0,2 В.

Часто Ц. ведут на порошкообразных металлах, хотя в этом случае полученный продукт содержит большой избыток металла-цементатора. Этого недостатка лишена Ц. на листах. Полученная металлч. губка далее обычно переплавляется.

Кроме основной p-ции вытеснения в процессе Ц. могут наблюдаться побочные p-ции – выделение H<sub>2</sub>, а также окисление и обратное растворение выделившегося металла, что ведет к увеличению расхода цементирующего металла.

Обычно для Ц. используют такие доступные активные металлы, как Zn, Al, Fe. Нередко применяют сплавы, чаще всего это твердые p-ры на основе осаждающего металла, что позволяет тонко регулировать стандартный потенциал. Иногда в качестве добавок вводят примеси, играющие роль деполаризаторов (напр., добавка Sb при очистке цинковых p-ров от Со). Разновидность Ц. – выделение металлов из p-ров с помощью амальгам, напр. амальгамы Zn или амальгамы Na. Для выделения Ga из щелочных аллюминатных p-ров используют p-р Al в жидком галлии (галлама).

Ц. применяют в гидрометаллургии как для очистки p-ров от примесей (напр., p-ров ZnSO<sub>4</sub> от примесей Cu, Cd и т.п. или p-ров NiSO<sub>4</sub> от Cu), так и для выделения основного металла из p-ра (напр., выделение Au из цианидных p-ров цинком или получение металлч. In Ц. на алюминии). При очистке p-ров в качестве цементатора, естественно, выбирается основной металл.

2) Ц. – разновидность химико-термической обработки металлов, а именно науглероживание пов-сти стальных изделий для увеличения их твердости и стойкости против истирания. Производится нагреванием изделий с угольным порошком и добавками карбонатов (Na, Ba, Ca и др.) при 900–930 °С, обработкой светлым газом (содержащим CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и др.) или действием расплава солей, напр. смеси NaCN + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + NaCl (цианирование).

Лит.: Алкаев В.И., Процессы цементации в цветной металлургии, М., 1981; Бухман С.П., Цементация амальгамами металлов, А.-А., 1986.

П.И. Федоров.

**ЦЕМЕНТЫ**, порошкообразные минер. вяжущие материалы, образующие при взаимодействии с водой или водными p-рами солей пластичную массу, превращающуюся со временем в твердое камнеподобное тело; осн. строит. материал.

Наиб. распространение получил т. наз. портландцемент (от назв. г. Портленд в Великобритании), содержащий пл. обр. высокоосновные силикаты кальция. Хим. состав портландцемента (без добавок), в % по массе: 62–76% CaO, 20–23% SiO<sub>2</sub>, 4–7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2–5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1–5% MgO; минералогич. состав, в % по массе: твердые p-ры на основе 3CaO·SiO<sub>2</sub>, или Ca<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub>

(алкит, 45–65%), 2CaO·SiO<sub>2</sub>, или Ca<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> (белит, 15–30%), алюмоферрат кальция 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3–14%), алюмоферрат(III) кальция 4CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10–18%). Известны отличающиеся составом и назначением разл. виды портландцемента, напр. высокопрочный, быстротвердеющий, гидрофобный и др., его смеси с гранулированным шлаком (шлакопортландцемент) и горн. породами – пуццоланами – трепелом, туфом, пемзой (пуццолановый портландцемент). Другие распространенные виды Ц. – глиноземистый, гипсоглиноземистый расширяющийся (табл. 1).

**Получение.** Сырьем для получения Ц. служат прир. материалы (известковые, глинистые, мергелистые, гипсовые, глиноземистые породы) и пром. отходы (металлургич. и топливные шлаки, золы от сжигания углей, белитовый шлак, отходы от переработки нефелиновых пород и др.).

Произ-во Ц. включает приготовление сырьевой смеси (дробление исходных материалов, их тонкий помол, перемешивание, корректировка хим. состава смеси), обжиг сырьевой смеси, тонкий помол обожженного продукта (клинкера) до порошкообразного состояния вместе с небольшим кол-вом гипса, активными (шлак, зола, пемза) и неактивными при взаимодействии с водой (кварц, карбонатные породы) минер. добавками и др. в-вами, придающими Ц. нужные св-ва (напр., пластификаторы, гидрофобные добавки).

В зависимости от метода приготовления сырьевой смеси различают сухой, мокрый и комбинир. способы произ-ва. При сухом способе сырье (известняк и глина) в процессе дробления и помола в мельницах высушивается и превращается в сырьевую муку, после чего мука поступает на обжиг. При мокром способе помол сырьевых компонентов осуществляют в мельницах в присут. воды, к-рую вводят для понижения твердости, интенсификации процесса помола и уменьшения удельного расхода энергии. Влажность сырьевой смеси (шлама), поступающего на обжиг, при мокром помоле составляет 34–43% по массе; для снижения влажности шлама к сырьевой смеси добавляют сульфитно-дрожжевую бражку, триполифосфат Na или ПАВ. При комбинированном способе сырьевая смесь готовится по предыдущей схеме, затем обезвоживается на вакуум-фильтрах или вакуум-прессах, формируется в гранулы и поступает на обжиг.

Обжиг сырьевой смеси осуществляют при 1450 °С во вращающихся (редко шахтных) печах, представляющих собой наклонный стальной цилиндр, в загрузочную часть к-рого подается сырьевая смесь, а со стороны выгрузки (головки) печи через форсунку – топливо (см. Печи). Сырьевая смесь движется по направлению к головке печи, подвергаясь действию нагретых топочных газов. Вращающуюся печь условно разделяют на неск. технол. зон. В зоне сушки под действием отходящих топочных газов сырьевая смесь подсушивается, в зоне подогрева нагревается до 500–600 °С и переходит в зону кальцинирования (900–1200 °С), в к-рой происходит разложение CaCO<sub>3</sub>. Получающийся CaO в твердом состоянии взаимодействует с составными частями глины и железистого компонента с образованием в экзотермич. зоне 2CaO·SiO<sub>2</sub>, 5CaO·3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а также CaO, MgO и др. оксидов.

В зоне спекания при t-ре 1450 °С обжигаемый материал (клинкер) частично плавится; в этой зоне образуется главный минерал клинкера 3CaO·SiO<sub>2</sub>. При дальнейшем прохождении по печи клинкер попадает в зону охлаждения (t-ра 1000–1200 °С). Холодный клинкер дробят и тонко измельчают вместе с гипсом и др. добавками в барабанных шаровых мельницах, а затем транспортируют в железобетонные цилиндрич. емкости – т. наз. цементные силосы.

**Свойства.** При взаимодействии Ц. с водой – гидратации, затворении – первоначально образуется пластичное цементное тесто, к-рое со временем на воздухе или в воде уплотняется, теряет пластичность и превращается в т. наз. цементный камень. Безводные минералы клинкера превращаются при этом в соответствующие гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферраты(III) Ca, напр.:

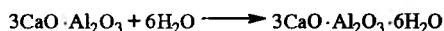
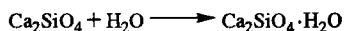




Табл. 1.- ОСНОВНЫЕ ЦЕМЕНТЫ

Название	Вещественный состав, % по массе	Минералогич. состав клинкера, % по массе	Особые свойства	Области применения
<b>Портландцемент</b>				
Обычный	Клинкер (80), гипс (1,5-3,5), минер. добавки (до 20)	3CaO · SiO <sub>2</sub> (45-67) 2CaO · SiO <sub>2</sub> (13-35) 3CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (2-12) 4CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (8-16)	—	Монолитный бетон для зданий и сооружений, сборные железобетонные конструкции, дорожное строительство, наружные части гидротехн. сооружений, стронт. растворы
Быстротвердеющий	Клинкер (90), гипс (1,5-3,5), активная минер. добавка (до 10)	3CaO · SiO <sub>2</sub> } (до 65) 3CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } 4CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> }	Более быстрое твердение в течение 3 сут и более тонкий помол, чем у обычного портландцемента	Сборные железобетонные конструкции, скоростное строительство
Сульфатостойкий	Клинкер (до 96), гипс (до 3,5)	3CaO · SiO <sub>2</sub> (до 50) 3CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (5) 3CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 4CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> × Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (до 22)	Повышенная стойкость к действию сульфатов, высокая морозостойкость	Для сооружений, находящихся под действием сульфатов или в условиях замораживания и оттаивания, увлажнения и высыхания
Высокопрочный	Клинкер (90), гипс (1,5-3,0)	3CaO · SiO <sub>2</sub> (до 70) 3CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (6-8)	Повышенная прочность	Для конструкций, находящихся под нагрузкой
Гидрофобный	Клинкер (до 90)*, гидрофобная добавка (0,05)	Тот же, что у портландцемента	Повышенные пластичность и морозостойкость	Те же, что у обычного и пластифицир. портландцементов; возможность длит. хранения цемента
Пластифицированный	Клинкер (до 90)**, пластифицирующая добавка (0,15-0,25)	»	То же	Для сооружений, нуждающихся в повышенной морозостойкости; для экономии цемента или бетонной смеси
Тампонажный	Клинкер (до 90), активная минер. добавка (до 25), инертная добавка (до 10), шлак (до 15), песок (до 10), пластифицирующая добавка (0,15)	»	Быстрое твердение и медленное схватывание	Тампонирующие нефтяных и газовых скважин
Декоративный	Клинкер (до 80-85), диатомит (6), инертная минер. добавка (до 10) или минер. пигмент (до 15)	3CaO · SiO <sub>2</sub> (45-50) 2CaO · SiO <sub>2</sub> (23-37) 3CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (до 15) 4CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (до 2)	Имеет белый цвет или окраску в разл. цвета	Отделка зданий и сооружений, скульптурные работы
Напрягающий	Клинкер (до 85), высокоглиноземистый шлак (15-20), гипс (до 10)	3CaO · SiO <sub>2</sub> 2CaO · SiO <sub>2</sub> 2CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · SiO <sub>2</sub> CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 12CaO · 7Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Быстрое твердение и быстрое схватывание; расширяется при твердении более чем на 0,5%	Напорные железобетонные трубы, тонкостенные изделия
Пуццолановый сульфатостойкий	Клинкер (до 60), добавки вулканич. (24-40) или осадочного происхождения, гипс (до 3,5)	3CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (до 8) 4CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3CaO · SiO <sub>2</sub> 2CaO · SiO <sub>2</sub>	Повышенная стойкость к действию сульфатов	Подводные и подземные сооружения в условиях постоянного воздействия агрессивных (сульфатных) вод
Шлакопортландцемент	Клинкер (40-70), гранулир. диатомитовый шлак (30-60), гипс (до 3,5)	Тот же, что у портландцемента	Замедленный рост прочности в нач. период твердения, пониженная морозостойкость, повышенная сульфатостойкость	Эффективен для сборного железобетона, изготовляемого с тепловлажностной обработкой
<b>Прочие цементы</b>				
Глиноземистый***	Глиноземистый шлак (до 99), добавки (до 1)	CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 12CaO · 7Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO · 2Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2CaO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · SiO <sub>2</sub> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Быстрое твердение при нормальной и повышенной т-рах, высокая стойкость к действию минер. в-в; потеря прочности (до 60%) через 15-20 лет	Срочные аварийные и восстановит. работы; сооружения, подвергающиеся действию вод или O <sub>2</sub> ; получение жаростойких бетонов и р-ров. Не применяется в условиях повыш. т-ры и влажности
Гипсоглиноземистый расширяющийся	Глиноземистый шлак (до 70), гипс двухводный (до 30), сульфатно-спиртовая барда, бура (до 10)	То же	Расширение при твердении в воде (через 1 сут 0,15%, через 28 сут 0,3-1%), быстрое твердение; водонепроницаемы	Водонепроницаемые бетоны и р-ры, заделка стыков, ремонтные работы, тампонирующие нефтяных и газовых скважин

\*Гидрофобные добавки - мылонафт, олеиновая к-та, иногда триэтаноламин. \*\*Пластифицирующая добавка - лигносульфонаты. \*\*\*При содержании 40-48% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> наз. обычным глиноземистым, при содержании 60-72% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - высокоглиноземистым (таллом), при более 72% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - особо чистым высокоглиноземистым.



Образовавшийся Ca(OH)<sub>2</sub> под действием CO<sub>2</sub> воздуха постепенно превращается в CaCO<sub>3</sub>, гидроалюминаты Ca с гипсом в присут. воды дают двойные основные сульфаты, напр. Ca<sub>6</sub>Al<sub>2</sub>(OH)<sub>12</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 26H<sub>2</sub>O и Ca<sub>4</sub>Al<sub>2</sub>(OH)<sub>12</sub>SO<sub>4</sub> · 6H<sub>2</sub>O. При получении бетона образовавшийся Ca(OH)<sub>2</sub> с CO<sub>2</sub> воздуха и SiO<sub>2</sub> превращается в очень прочную массу, состоящую из карбонатов и силикатов Ca.

Существуют две осн. теории механизма гидратации Ц.: согласно одной из них, гидратация идет в р-ре, из к-рого выпадают образующиеся гидраты, согласно второй - вода присоединяется к твердому в-ву. Гидратные новообразования

совместно с первоначальными частицами создают рыхлую коагуляц. структуру, в к-рой протекают процессы кристаллизации гидратов. При этом образуются кристаллич. сростки, пронизывающие структуру и вызывающие уплотнение цементного теста (с х в а т ы в а н и е). Началом схватывания считается начало процесса потери пластичности, концом - переход в плотное (хотя и непрочное) состояние. Нарастание прочности при твердении определяется медленной кристаллизацией гидратных составляющих цементного камня.

По прочности Ц. делится на марки, к-рые определяются пл. обр. пределом прочности при сжатии половинок образцов-призм размером 40 × 40 × 160 мм, изготовленных из цементного р-ра состава 1:3 (по массе) с кварцевым песком (срок твердения образцов в воде 28 сут с момента изготовле-

ния). Марки выражаются цифрами 300–600 (как правило, через 100), обозначающими прочность при сжатии соотв. в 30–60 МПа (табл. 2).

Табл. 2.– ПРОЧНОСТЬ НЕКОТОРЫХ МАРОК ЦЕМЕНТОВ

Цемент	Марка	Прочность, МПа			
		при сжатии		при изгибе	
		3 сут	28 сут	3 сут	28 сут
Портландцемент быстротвердеющий	400	—	40	—	5,5
	400	25	40	4	5,5
	500	28	50	4,5	6,0
высокопрочный	550	—	55	—	6,2
	600	—	60	—	6,5
сульфатостойкий	400	—	40	—	5,5
	500	—	50	—	6,0
	500	—	50	—	6,0
декоративный (белый)	400	—	40	—	5,5
	500	—	50	—	6,0
	500	—	50	—	6,0
напрягающий	НЦ-10	15	50	—	6,0
	НЦ-20	15	50	—	6,0
	НЦ-40	—	40	—	5,5
Глиноземистый цемент	400	25	40	—	5,5
	500	28	50	4,5	6,0

Лит.: Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В., Химическая технология вязких материалов, М., 1980; Кузнецова Т.В., Алюминатные и сульфаталюминатные цементы, М., 1986; Taylor H.F.W., Cement chemistry, L., 1990. Т. В. Кузнецова.

**ЦЕНТРАЛИТЫ**, см. Баллиститы.

**ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕ**, разделение в поле центробежных сил жидких дисперсных систем с частицами размером более 100 нм. Используют для выделения составляющих фаз (жидкая – фугат или фильтрат, твердая – осадок) из двухкомпонентных (суспензии, эмульсии) и трехкомпонентных (эмульсии, содержащие твердую фазу) систем.

**Методы и аппаратура.** Различают два метода Ц.: центробежное осаждение и фильтрование. Ц. проводят в центробежных машинах – центрифугах и жидкостных центробежных сепараторах. Осн. рабочий орган этих машин – осесимметричная оболочка, или ротор (барaban), вращающийся с большой частотой  $\omega_{рт}$  с<sup>-1</sup>, благодаря чему создается поле центробежных сил до  $2 \cdot 10^4 g$  в промышленных и до  $35 \cdot 10^4 g$  в лабораторных машинах ( $g$  – ускорение своб. падения в гравитаци. поле). В зависимости от метода Ц. осуществляется в сплошных (осадительных; рис. 1, а) или перфорированных (покрытых фильтрующим материалом; рис. 1, б) роторах.

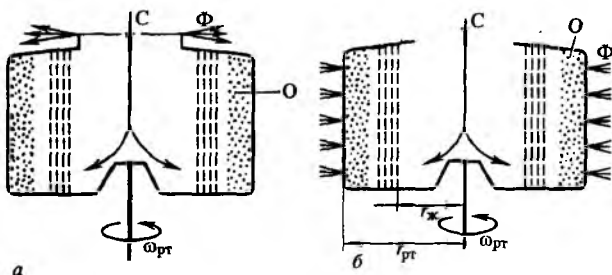


Рис. 1. Роторы машин для центробежного осаждения (а) и фильтрования (б): С – суспензия, Ф – фугат (фильтрат), О – осадок; пояснение в тексте,  $r_{ж}$  – радиус свободной поверхности жидкости.

Ц. характеризуется рядом технол. параметров, определяющих качество процесса и его кинетику. К ним относятся: фактор разделения  $Fg = \alpha_{рт}^2 r_{рт} / g$  ( $r_{рт}$  – макс. внутр. радиус ротора), отражающий интенсивность центробежного поля; скорость Ц. – производительность центробежной машины по исходной жидкой системе или составляющим ее компонентам; унос – содержание твердой фазы в фугате (фильтрате); насыщенность осадка жидкой фазой (в т. ч. влажность осадка)

после Ц.; крупность разделения – миним. размер частиц, улавливаемых при центробежном осаждении.

Кинетика Ц. зависит от мн. факторов, классифицируемых на две группы. Факторы первой группы определяются физ.-хим. св-вами разделяемой системы (разность плотностей фаз, гранулометрич. состав твердой фазы, вязкость жидкой фазы, уд. сопротивление осадка при фильтровании). Факторы второй группы, обусловленные конструкцией и частотой вращения ротора центробежной машины (структура внутрироторного потока, его гидродинамика и поле скоростей), оказывают решающее влияние на центробежное осаждение и отчасти на центробежное фильтрование; в свою очередь гидродинамич. режим зависит от производительности машины. Мат. описание потока дается ур-ниями Навье – Стокса и неразрывности (см. Гидромеханические процессы), к-рые составляются с учетом геометрии ротора и граничных условий; решение зачастую находится методами подобия теорией.

Центробежное осаждение включает осветление, сгущение, а также осадительное Ц. Осветление – удаление твердой фазы из суспензий с содержанием частиц не более 5% по объему; используют для очистки, напр., нефтяных масел. Сгущение – процесс, при к-ром частицы дисперсной фазы группируются в относительно малом объеме дисперсионной среды; позволяет осуществлять концентрирование суспензий (напр., водная суспензия каолина). Осадительное Ц. – разделение суспензий с содержанием твердой фазы более 5–10% по объему; применяю преим. для обезвоживания твердых компонентов (напр.,  $CaSO_4$ ).

При центробежном осаждении движение твердых частиц происходит под действием центробежной силы  $\frac{1}{2} \rho_s d^2 \Delta \rho \omega_{рт}^2 r$  ( $d$  – диаметр частицы;  $\Delta \rho$  – разность плотностей твердой и жидкой фаз;  $r$  – расстояние от частицы до оси вращения ротора) и силы сопротивления жидкой среды  $S$ . Соотношение этих сил определяет скорость осаждения  $w$ . При ламинарном режиме, характерном для осветления, сила  $S$  выражается законом Стокса:  $S = 3\pi d \mu w$  и  $w = (\Delta \rho d^2 \alpha_{рт}^2 r) / 18\mu$ , где  $\mu$  – динамич. вязкость жидкой фазы. Для турбулентного режима при осаждении крупных частиц высококонцентрир. суспензий сила  $S$  находится из ур-ния:  $S = 0,25 \zeta \rho_s d^2 r \omega_{рт}^2$  ( $\zeta$  – коэф. лобового сопротивления;  $\rho_s$  – плотность жидкой фазы). Гидродинамика потока определяет время пребывания частиц в роторе, а  $w$  – время осаждения; сопоставление этих величин позволяет найти крупность разделения.

Центробежное фильтрование происходит с образованием или без образования осадка на фильтровальной перегородке, а также при одновременном протекании в ее зонах обоих процессов; наиб. эффективно для получения осадков с миним. влажностью. Процесс принято делить на три периода: образование осадка, удаление из него избыточной жидкости и удаление жидкости, удерживаемой межмол. силами (мех. сушка осадка). Первый период охватывает центробежное осаждение и фильтрование через слой образовавшегося осадка. Для расчета кинетики процесса используют закон Дарси – Вейсбаха; движущая сила (перепад давления  $\Delta p$ ) определяется центробежным полем, действующим на суспензию:  $\Delta p = 0,5 \rho_{сш} \alpha_{рт}^2 (r_{ж}^2 - r_{рт}^2)$ , где  $\rho_{сш}$  – плотность суспензии;  $r_{ж}$  – радиус своб. пов-сти жидкости (рис. 1, б). На  $\Delta p$  оказывает влияние проскальзывание жидкости над слоем осадка. Период может протекать при разл. режимах; наиб. характерны режимы при постоянных  $\Delta p$  и производительности по суспензии. Второй и третий периоды зависят от большого числа факторов, связанных с уплотнением осадка, формой его поровых каналов и др.; построение их мат. моделей крайне затруднено.

Из-за сложности Ц. производительность центробежных машин оценивают чаще всего путем моделирования по т. наз. индексу производительности  $\Sigma_{ц} = Fg$ , подразаемая под  $F$  в первом приближении площадь боковой пов-сти ротора. Физ. смысл  $\Sigma_{ц}$  заключается в том, что по аналогии с осаждением в отстойниках производительность центрифуг также пропорциональна площади рабочей пов-сти, однако за счет центробежного поля увеличивается на фактор  $Fg$ . В зависимости от

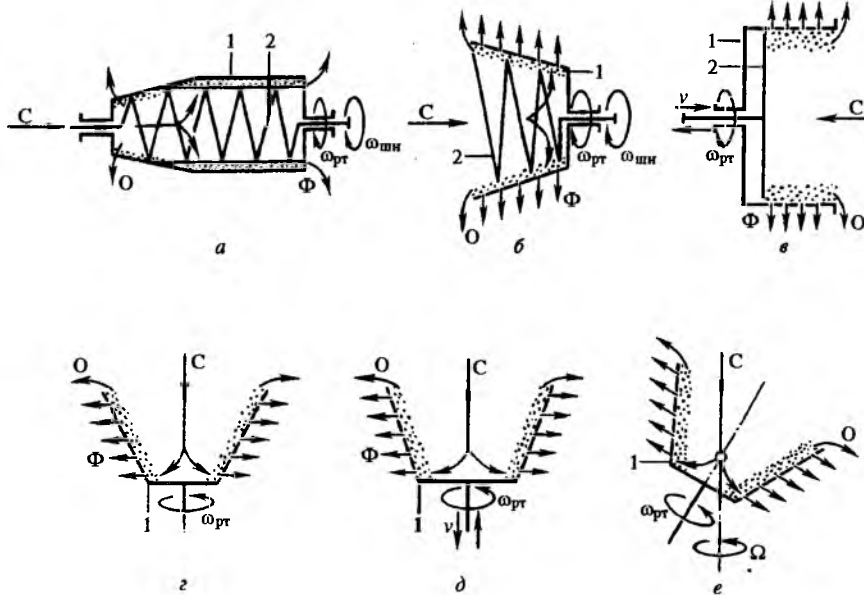


Рис. 2. Центрифуги непрерывного действия: а – осадительная шнековая; б – фильтрующая шнековая; в – с пульсирующей выгрузкой осадка; г – инерционная; д – вибрационная; е – прецессионная; 1 – ротор; 2 – механизм выгрузки.

конструктивных особенностей ротора  $\Sigma_d$  для машин каждого типа определяется своим ур-нием и используется при перерасчете производительности с одного типоразмера центрифуги на иной. Моделирование осуществляется при геом. подобии роторов и идентичности определяющих критериев процесса.

По сравнению с др. методами разделения (отстаивание, фильтрование) Ц. позволяет получать осадки с меньшей влажностью. При центробежном осаждении в отличие от фильтрования удается разделять суспензии (напр., в произ-вах лакокрасочных материалов) с тонкодисперсной твердой фазой, миним. размер частиц к-рой составляет 5–10 мкм. Важное достоинство Ц. – возможность его проведения в аппаратуре относительно малых объемов; недостаток – высокая энергоемкость.

Пром. центрифуги различают: по принципу разделения – осадительные, фильтрующие и комбинированные; по конструктивному исполнению – преим. по расположению ротора и системе выгрузки осадка (шнек; толкатель, или поршень; с использованием сил инерции); по организации процесса – периодического или непрерывного действия.

Ц. в машинах периодич. действия осуществляется циклически в роторах с иногда регулируемой  $\omega_{рт}$ , ножевой или ручной выгрузкой осадка.

На рис. 2 представлены принципиальные схемы разделения суспензий в машинах непрерывного действия. Осадительные шнековые центрифуги (рис. 2, а) предназначены для разделения суспензий с нерастворимой твердой фазой (напр., полиэтилен, полистирол, осадки сточных вод), обезвоживания кристаллич. и зернистых продуктов, классификации (напр.,  $TiO_2$ ), сгущения (напр., активный ил). Процесс происходит в сплошном роторе; осадок непрерывно выгружается шнеком, вращающимся с частотой  $\omega_{шн}$ . Для этих центрифуг  $Fg \approx 600-3500$ .

Фильтрующие шнековые центрифуги (рис. 2, б) распространены при разделении высококонцентрир. суспензий с крупнозернистой твердой фазой (размер частиц более 0,2 мм, напр. глауберова соль). Ц. производится в каркасном роторе с листовым ситом, через к-рое отводится фильтрат. Осадок выводится из ротора шнеком под действием разности частот вращения  $\omega_{рт} - \omega_{шн}$ . Высокие значения  $Fg$  (1200–1800) позволяют получать продукты с миним. влажностью.

Фильтрующие центрифуги с пульсирующей выгрузкой осадка (рис. 2, в) применяют в осн. для тех же целей, что и фильтрующие шнековые. Благодаря наличию толстого слоя осадка на колосниковом сите одно- или многокаскадного ротора удается осуществлять глубокую промывку продукта (напр.,  $KCl$ , сахар-рафинад). Осадок выгружают посредством толкателя, совершающего возвратно-поступат. движение с линейной скоростью  $v$ ;  $Fg \approx 300-700$ .

В инерционных центрифугах (рис. 2, г) осадок из ротора удаляется за счет составляющей центробежного поля; в вибрационных центрифугах (рис. 2, д) – благодаря вибрации ротора вдоль оси со скоростью  $v$ ; в прецессионных центрифугах (рис. 2, е) – вследствие гироскопич. движения ротора с частотами вращения  $\omega_{рт}$  и  $\Omega$ . Машины всех типов используют для центробежного фильтрования высококонцентрир. суспензий с крупнокристаллич. твердой фазой (напр., минеральные удобрения, уголь гидродобычи, сахарный песок).

Разновидность Ц. – разделение суспензий и эмульсий в центробежных сепараторах. Их роторы снабжены пакетом конич. тарелок, установленных по отношению друг к другу с небольшим зазором (0,4–1,5 мм). Высокая степень разделения достигается благодаря его протеканию в тонком слое межтарелочного зазора при ламинарном режиме. Тонкодисперсные суспензии (присадки к маслам, гормональные препараты, антибиотики и др.), содержащие 0,5–4,0% по объему мех. примесей, осветляются в сепараторах-очистителях (рис. 3, а). Твердая фаза, собираясь в шламовом пространстве ротора, периодически удаляется из него при открытии днища (поршня). Центробежное сгущение (напр., кормовые и пекарские дрожжи) производится в сепараторах-сгустителях (рис. 3, б). Сгущенная фракция непрерывно выводится через сопла по периферии ротора, а осветленная – через верх. зону. Для разделения эмульсий (напр., нефтяные шламы, эпоксидные смолы) применяют сепараторы-разделители (рис. 4), в роторах к-рых предусмотрен пакет тарелок с отверстиями, расположенными на границе раздела тяжелой и легкой жидкостей; компоненты (фугаты  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ ) выводятся раздельно. При наличии в эмульсии твердой фазы используют универсальные роторы с выгрузкой осадка в соответствии с рис. 3, а или вручную.

По аналогии с центрифугами разделяющая способность сепараторов оценивается индексом производительности  $\Sigma_c = (2\pi/3g)z\omega_{рт}^2 \text{ctg} \alpha (R_{\text{макс}}^3 - R_{\text{мин}}^3)$ , где  $z$  – число тарелок в

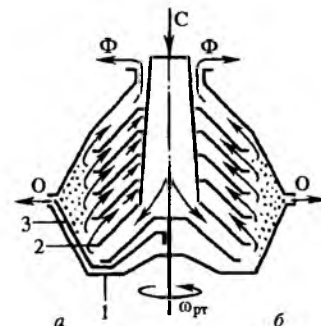


Рис. 3. Сепараторы для разделения суспензий: на рис. совмещены сепаратор-очиститель (а) и сепаратор-сгуститель (б); 1 – ротор; 2 – пакет тарелок; 3 – подвижное днище.

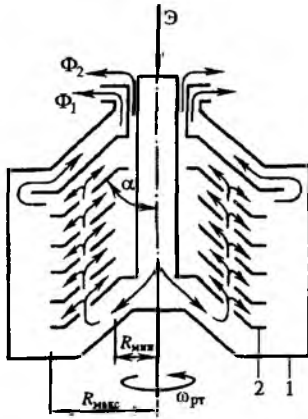


Рис. 4. Сепаратор для разделения эмульсий: 1 – ротор; 2 – пакет тарелок;  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  – фугаты;  $\Phi$  – эмульсия.

пакете;  $\alpha$  – половина угла конуса тарелки при вершине;  $R_{вн}$ ,  $R_{вн}$  – наружный и внутр. радиусы тарелки. Моделирование процессов в сепараторах осуществляется, как и в центрифугах, по индексу производительности  $S_c$ .

Для изучения центрифугальных процессов в лаборатории используют модели пром. центрифуг и сепараторов с диаметром ротора 150–250 мм, а также т. наз. стаканчиковые центрифуги (ротор состоит из ряда пробирок – стаканчиков). Эти малогабаритные образцы позволяют экспериментально определять не только производительность пром. машин, но и возможность выгрузки осадков из роторов, конечную влажность продукта, унос. Исследования проводятся с небольшими объемами продуктов на спец. стендах. Стаканчиковые центрифуги используют для оценки времени осаждения частиц при разл.  $F_g$ .

Совр. центрифугальная техника имеет тенденцию к росту частот вращения роторов, повышению производительности, снижению уд. металло- и энергоемкости. Производительности машин возрастает благодаря совершенствованию гидродинамики роторов, увеличению их длины (в осадительных центрифугах) и высоты пакета (в сепараторах). Возрастают диаметры роторов в крупнотоннажных машинах; создаются комбинир. роторы, в конструкциях к-рых совмещаются разл. методы Ц. Внедряются микропроцессорные системы управления и регулируемые приводы, обеспечивающие Ц. в оптим. режимах.

Ц. широко распространено в технол. процессах хим.-лесного комплекса, пищевых, текстильных и др. произ-вах. Ц. играет важную роль в решении экологич. проблем (очистка коммунальных и пром. стоков), в ресурсосберегающих технологиях.

Лит.: Соколов В.И., *Центрифугирование*, М., 1976; Шкоропад Д.Е., Новиков О.П., *Центрифуги и сепараторы для химических производств*, М., 1987. И.А. Файнерман.

**Ультрацентрифугирование** – метод разделения и исследования частиц размером менее 100 нм (макромолекул оргanelл животных и растит. клеток, вирусов и др.) в поле центробежных сил. Позволяет разделять смеси частиц на фракции или индивидуальные компоненты, находить мол. массу и ММР полимеров, плотность их солятов. Дает возможность оценивать форму и размеры макромолекул в р-ре (см. *Дисперсионный анализ*), влияние статич. давления на стабильность частиц, параметры взаимод. типа ассоциация – диссоциация макромолекул друг с другом или с молекулами низкомоол. компонентов и ионами, влияние природы р-рителя на конформации макромолекул и др.

Осуществляется с помощью ультрацентрифуг, снабженных полыми роторами, полости к-рых бывают замкнутыми и проточными. Различают скоростное и равновесное ультрацентрифугирование. В первом случае частицы движутся по радиусу ротора соотв. своим коэф. седиментации, в

первом приближении пропорциональным массе частицы, разности плотностей частицы  $\rho_n$  и жидкости  $\rho_j$ ; при  $\rho_n > \rho_j$  частицы перемещаются от оси вращения ротора к периферии (седиментируют), при  $\rho_n < \rho_j$  – в сторону оси вращения (флотируют). При равновесном ультрацентрифугировании перенос частиц по радиусу продолжается до тех пор, пока сумма хим. потенциала и молярной потенциальной энергии в каждой точке системы не станет постоянной величиной, после чего распределение частиц перестанет изменяться.

Т. наз. аналит. ультрацентрифугирование применяется при анализе р-ров, дисперсий и производится посредством аналит. ультрацентрифуг, снабженных роторами с оптически прозрачными замкнутыми резервуарами и оптич. системами для определения концентрации или ее градиента по радиусу ротора во времени; исследуемые объемы – от 0,01 до 2 мл при массе частиц от неск. мкг до мг. Препаративное ультрацентрифугирование используют для выделения компонентов из сложных смесей; объем жидкости и масса исследуемого образца м.б. на неск. порядков больше, чем при аналит. ультрацентрифугировании. Центробежные ускорения в ультрацентрифугах достигают  $5 \cdot 10^5 g$ . Первая аналит. ультрацентрифуга была создана Т. Сведбергом (1923;  $5 \cdot 10^3 g$ ).

Лит.: Боуэи и Т., *Введение в ультрацентрифугирование*, пер. с англ., М., 1973. А.Д. Морозкин.

**ЦЕНТРОБЕЖНОЕ ФОРМОВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ**, см. *Полимерных материалов переработка.*

**ЦЕНТРЫ ОКРАСКИ**, дефекты кристаллич. решетки, поглощающие свет в спектральной области, в к-рой собств. поглощение кристалла отсутствует. Первоначально термин «Ц. о.» относился только к т. наз. *F*-центрам, обнаруженным впервые в 30-х гг. 20 в. в кристаллах галогенидов щелочных металлов и представляющим собой анионные вакансии, захватившие электрон. В дальнейшем под Ц. о. стали понимать любые точечные дефекты кристаллич. решетки, поглощающие свет вне области собств. поглощения кристалла, – катионные и анионные вакансии, междоузельные ионы (собственно Ц. о.), а также примесные атомы и ионы (примесные Ц. о.). Ц. о. обнаруживаются во многих неорг. кристаллах и стеклах, а также в природных минералах.

Ц. о. могут быть разрушены при нагр. (термич. обесцвечивание) или воздействии света, соответствующего спектральной области поглощения самих Ц. о. (оптич. обесцвечивание). Под действием тепла или света один из носителей заряда, напр. электрон, освобождается из захватившего его дефекта и рекомбинирует с дыркой. В кристаллах галогенидов щелочных металлов *F*-центр обуславливает селективную полосу поглощения колоколообразного вида, обычно в видимой области спектра, смещающуюся для кристаллов с одинаковыми анионами (катионами) и разными катионами (анионами) в сторону длинных волн при увеличении ат. м. катиона (аниона). Напр., в NaCl *F*-полоса имеет максимум поглощения в синей области спектра ( $\lambda$  465 нм) и цвет кристалла – желто-коричневый, в KCl – в желто-зеленой области ( $\lambda$  563 нм) и кристалл выглядит фиолетовым.

Примесные атомы и ионы также могут захватывать электрон или дырку, в результате чего изменяют полосу поглощения кристалла и его окраску. Ц. о., будучи центрами захвата электронов и дырок, могут служить центрами люминесценции в *кристаллофосфорах*. Если поглощение центра люминесценции находится в области собств. поглощения кристалла, то он будет люминесцировать, не являясь Ц. о.

Окрашивание и обесцвечивание кристаллов и стекол широко применяется в науке и технике: в дозиметрии, вычислит. технике, устройствах, где используют фотохромные материалы. В археологии и геологии по исследованиям Ц. о., возникших под действием излучения радиоактивных элементов, находящихся в толще Земли, определяют возраст глиняных изделий и минералов. Окраска ряда драгоценных камней и самоцветов связана с Ц. о. Нек-рые кристаллы и стекла с примесными Ц. о. используют в качестве активной среды в твердотельных лазерах.

**ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИЕ КАТАЛИЗАТОРЫ** (цеолитные катализаторы), гетерогенные многофазные катализаторы на основе *цеолитов*; один из видов *катализаторов процессов нефтепереработки*.

Представляют собой кристаллич. цеолиты, включенные в матрицу. Цеолиты, входящие в состав Ц. к., имеют вид каркаса, построенного из бесконечной одно-, двух- или трехмерной сетки тетраэдров  $\text{SiO}_4$  и  $\text{AlO}_4$ , связанных общими атомами O, и пронизанного полостями и каналами. Матрица Ц. к. может состоять из  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ , глины или аморфного алюмосиликата (иногда из смеси этих в-в); в ней распределен и закреплен кристаллич. цеолит. Матрица выполняет роль связующего для механически непрочного цеолита, поглощает тепло и тем самым предохраняет цеолит от локальных перегревов и термич. разрушения, проявляет синергетич. эффект в отношении активности цеолитов, их устойчивости к отравлению каталитич. ядами и т. п.

В составе пром. Ц. к. используют цеолиты (табл.) с определенными характеристиками.

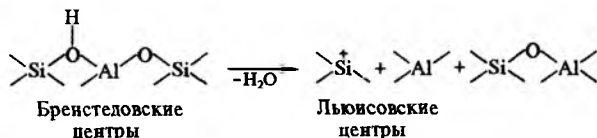
**ЦЕОЛИТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ КАТАЛИЗАТОРОВ**

Название цеолита и ф-ла элементарной ячейки	Средний размер каналов, нм*	Средний размер полостей, нм	Соотношение атомов Si/Al
Тип А $\text{Na}_{12}[\text{Al}_{12}\text{Si}_{12}\text{O}_{48}] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$	0,41 (3Д)	0,66; 1,14	1,0–1,05
Тип X $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{192-n}\text{O}_{384}] \cdot 260\text{H}_2\text{O}$ $87 \geq n \geq 83$	0,74 (3Д)	0,66; 1,18	1,2–1,3
Тип Y $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{192-n}\text{O}_{384}] \cdot 260\text{H}_2\text{O}$ $75 \geq n \geq 56$	0,74 (3Д)	0,66; 1,18	1,7–2,1
Морденит $\text{Na}_8[\text{Al}_8\text{Si}_{40}\text{O}_{96}] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$	0,67 × 0,70 (1Д)	—	5,0
Эрионит $(\text{K}_2, \text{Ca}, \text{Mg}, \text{Na}_2)_{4,5}[\text{Al}_9\text{Si}_{27}\text{O}_{72}] \cdot 28\text{H}_2\text{O}$	0,36 × 0,52 (3Д)	0,63; 1,30	3,0
Оффретит $\text{Na}_5[\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36}] \cdot 15\text{H}_2\text{O}$	0,64 (1Д); 0,36 × 0,52 (2Д)	0,6; 0,74	3,5
ZSM-5 $\text{Na}_n[\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ $n \approx 3$	0,51 × 0,56 – 0,51 × 0,55 (3Д)	—	~ 30

\* 1Д, 2Д и 3Д – соотв. одно-, двух- и трехмерные структуры.

Активность и стабильность Ц. к. определяется пл. обр. соотношением атомов Si/Al в кристаллич. каркасе цеолита, размерами и строением полостей и каналов цеолита и матрицы, а также наличием в цеолите или матрице катионов, отличных от щелочных и щел.-зем. металлов [напр., P3Э в цеолите (т. наз. P3Э-форма цеолита), элементы VI и VIII групп в цеолите и матрице], или отсутствием катионов (напр., декатионированная H-форма цеолита).

Различают моно- и бифункциональные Ц. к. Монофункциональные катализаторы содержат кислотные брэнстедовские (протоны, связанные с каркасными атомами O) и льюисовские центры (катионы щелочных металлов или трехкоординир. атомы Al, находящиеся в местах с дефицитом кислорода или местах расположения катионов):



Каталитич. действие таких Ц. к. связано с их способностью образовывать карбониевые ионы, поэтому они способны ускорять p-ции крекинга, изомеризации и диспропорционирования алкилароматич. углеводородов, переноса водорода и др.

Бифункциональные Ц. к. помимо кислотных центров содержат катионы металлов VI и VIII групп, заряд которых компенсирует избыточный отрицат. заряд в каркасе цеолита. Наличие таких катионов определяет способность Ц. к. ускорять окислит.-восстановит. p-ции. В связи с этим на бифункциональных Ц. к. протекают два типа p-ции: на кислотных центрах происходят p-ции, характерные для монофункциональных катализаторов; на катионах металлов – p-ции гидрирования – дегидрирования (напр., гидрогенолиз, гидрокрекинг, синтез углеводородов из метанола). Направление и селективность p-ции определяются соотношением кол-ва кислотных центров и кол-вом введенного в катализатор катиона металла.

В каждом из перечисленных в табл. типов Ц. к. можно выделить подтипы с определенным мол.-ситовым эффектом. Такой эффект Ц. к. обусловлен соразмерностью каналов и полостей цеолитов с молекулами реагентов или продуктов p-ции. Напр., в случае селективного крекинга и гидрокрекинга n-парафинов на узко- и среднепористых цеолитах с размерами пор 0,3–0,6 нм соразмерность молекул исходных углеводородов с порами катализатора способствует их доступу к активным центрам. В случае несоответствия молекул продуктов p-ции с порами катализатора их диффузия с активных центров затруднена, что приводит к образованию значит. кол-ва кокса на пов-сти катализатора.

Получают Ц. к., как правило, сухим смешением или осаждением составляющих катализатор компонентов матрицы и цеолита. Исключение составляет хим. способ «in situ», по которому сначала получают матрицу, а затем в каналах ее пор выращивают цеолит.

Синтез цеолитов осуществляют кристаллизацией в гидро-термальных условиях реакц. смеси, содержащей  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , или нагреванием гелей, образующихся при смешении p-ра  $\text{NaAlO}_2$  и золя  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ . Состав смеси и условия синтеза определяют структуру цеолита. Получаемая обычно Na-форма цеолита может подвергаться далее ионному обмену с разл. катионами, структурному модифицированию и т. п.

Матрицу Ц. к. готовят на основе гидроксида Al, золя  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  или смеси p-ров NaOH с каолином. Условия получения (t-ра, pH p-ра, время, а также кол-во вводимых соед.) определяют пористость структуры матрицы, ее каталитич., связующие и др. св-ва. После смешения компонентов матрицы с цеолитом из полученной массы (суспензии, пасты и др.) разл. способами формируют частицы (микросферы, таблетки и т. п.) с определенным распределением по размеру; после этого проводят термич. обработку (сушку и/или прокаливание). При необходимости полученный Ц. к. подвергают дальнейшему модифицированию.

Осн. пром. применение Ц. к.:

1) Каталитический крекинг тяжелых нефтяных фракций для произ-ва высокооктановых бензинов.

Процесс проводят при t-рах 470–540 °C и давлении до 0,4 МПа на монофункциональных Ц. к., содержащих цеолиты в H- или P3Э-форме, с разл. соотношением атомов Si/Al (содержание цеолита в Ц. к. 50–60% по массе). Для повышения октанового числа бензина и выхода сжиженных нефтяных газов в катализатор вводят также цеолит типа ZSM-5 (5–10% по массе), обеспечивающий селективный крекинг n-парафинов. Его матрица содержит каолин,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и синтетич. аморфный алюмосиликат.

2) Гидрокрекинг тяжелых нефтяных фракций для произ-ва бензина, реактивного и дизельного топлива.

Процесс проводят при t-рах 300–400 °C и давлении 10–20 МПа на бифункциональных Ц. к. на основе цеолита типа Y в H- или P3Э-форме с разл. соотношением атомов Si/Al; гидрирующую функцию выполняют металлы Pt-группы или оксиды Ni(Co) и Mo, введенные в матрицу в кол-ве до 10% по массе.

3) Произ-во смазочных, изоляционных масел и гидравлич. жидкостей из нефти.

Процесс проводят при 350–400 °C и давлении до 4 МПа в присут. бифункционального Ц. к., содержащего до 60–70% по массе цеолита ZSM-5, морденита, эрионита или оффретита

(в H- или катионной форме), металлы Pt-группы или Ni(Co), Mo(W) в кол-ве 10% по массе.

4) Гидроизомеризация бензиновых фракций для произ-ва высокооктановых компонентов моторных топлив.

Изомеризацию низкооктановых углеводородов (n-пентана, n-гексана) проводят при 220–300 °С и давлении 2–3 МПа на бифункциональных Ц. к. типа морденита или типа Y (содержание 60–70% по массе) с нанесенными металлами Pt-группы.

5) Повышение октанового числа риформинг-бензинов и прои-во сжиженного нефтяного газа (селектоформинг).

Процесс проводят при 350–450 °С и давлении до 3 МПа на бифункциональных Ц. к. на основе цеолита эрионита (содержание 60–70% по массе) в Ni- или P3Э-форме. Такой Ц. к. обладает селективным эффектом в отношении n-парафинов.

Др. процессы с использованием Ц. к.: изомеризация и диспропорционирование ароматич. углеводородов, произ-во этилбензола, бензина из метанола, ароматич. углеводородов из пропана и бутана.

Лит.: Крекинг нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах, М., 1982; Якобс П. А., Карбоний-ионная активность цеолитов, пер. с англ., М., 1983; Ралчейко Е. Д., Нефедов Б. К., Алиев Р. Р., Промышленные катализаторы гидрогенизационных процессов нефтепереработки, М., 1987; Перспективные процессы и катализаторы нефтепереработки и нефтехимии, Сб. науч. тр. ГрозНИИ, М., 1990.

О. В. Кроков.

**ЦЕОЛИТЫ** (от греч. ζέβ – киплю и lithos – камень: при сильном и быстром нагр. вспучиваются с образованием пузырчатого стекла), прир. и синтетич. *алюмосиликаты*, кристаллич. структура к-рых образована тетраэдрич. фрагментами [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup> и [AlO<sub>4</sub>]<sup>3-</sup>, объединенными общими вершинами в трехмерный каркас, пронизанный полостями и каналами (окнами) размером 0,2–1,5 нм; в последних находятся молекулы H<sub>2</sub>O и катионы щелочных и щел.-зем. металлов, аммония, алкиламмония и др. Ц. – нестехиометрич. соед., их составы изменяются в широких пределах, образуя ряды твердых р-ров; общая ф-ла Ц.:  $V_xC_y[Al_x+2ySi_yO_{2x+4y+2z}] \cdot nH_2O$ .

Впервые Ц. описаны в 18 в. Известно более 40 минеральных видов прир. Ц. Наиб. распространены: анальцит Na<sub>4</sub>[AlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>] · H<sub>2</sub>O; гейландит Ca<sub>4</sub>[Al<sub>8</sub>Si<sub>28</sub>O<sub>72</sub>] · 24H<sub>2</sub>O; клиноптилолит Na<sub>6</sub>[Al<sub>6</sub>Si<sub>30</sub>O<sub>72</sub>] · 20H<sub>2</sub>O; ломонит Ca<sub>4</sub>[Al<sub>6</sub>Si<sub>16</sub>O<sub>48</sub>] · 16H<sub>2</sub>O; морденит Na<sub>8</sub>[Al<sub>8</sub>Si<sub>40</sub>O<sub>96</sub>] · 28H<sub>2</sub>O; филлипсит (0,5Ca, Na, K)<sub>6</sub>[Al<sub>6</sub>Si<sub>10</sub>O<sub>32</sub>] · 12H<sub>2</sub>O; фожазит Na<sub>13</sub>Ca<sub>2</sub>Mg<sub>11</sub>[Al<sub>59</sub>Si<sub>133</sub>O<sub>384</sub>] · 235H<sub>2</sub>O; шабазит Ca<sub>2</sub>[Al<sub>4</sub>Si<sub>8</sub>O<sub>24</sub>] · 12H<sub>2</sub>O; эрионит (K<sub>2</sub>, Ca, Mg, Na)<sub>2,45</sub>[Al<sub>6</sub>Si<sub>27</sub>O<sub>72</sub>] · 28H<sub>2</sub>O.

Прир. Ц. образуют обычно белые, иногда бесцветные и прозрачные, реже красноватые, коричневые и зеленоватые кристаллы любых кристаллографич. сингоний. Твердость 5–5,5 (по минералогич. шкале); плотн. 1,9–2,8 г/см<sup>3</sup>; предел прочности при сжатии 8–15 МПа; уд. теплоемкость 0,83–1 кДж/(кг · К), теплопроводность 0,14 Вт/(м · ч · К). Разлагаются в HCl с выделением SiO<sub>2</sub>.

Прир. и синтетич. Ц. являются молекулярными ситами, т.е. микропористыми телами, способными избирательно поглощать в-ва, размеры молекул к-рых меньше размеров микропор (для проникания в адсорбц. полость молекула адсорбата должна иметь критич. диаметр меньше размера входного окна). Кристаллохим. особенности, способность к катионному обмену, потере и поглощению воды и иных молекул без разрушения структурного каркаса обуславливают и др. св-ва Ц., к-рые служат также ионитами и катализаторами.

В земных недрах Ц. образуются при умеренных t-рах (до 250 °С) и давлении 200–300 МПа в результате гидротермальных вулканич. и др. процессов. Пром. месторождения представлены преим. цеолитсодержащими (60–95% Ц.) вулканич. туфами (Бурятия, Закавказье, Закарпатье, Кавказ, Камчатка, Крым, Приморский край, о. Сахалин; Якутия и др.; Болгария, Венгрия, Исландия, Куба, Монголия, Новая Зеландия, США, Япония и др.). Промышленно ценны клиноптилолит, морденит, шабазит, а также анальцит, филлипсит и др.

В пром-сти синтез Ц. проводят нагр. до 200 °С гелей, образующихся при смешении р-ров NaAlO<sub>2</sub> и жидкого стекла

(или золя H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>), либо смесей р-ров NaOH с прокаленным каолином. Полученные кристаллы (размер неск. мкм) гранулируют. Синтезировано более 100 разновидностей, среди к-рых особенно широко применяют Ц. типа А, X и Y (см. *Цеолитсодержащие катализаторы*); тип А не имеет прир. аналогов, типы X и Y близки фожазиту.

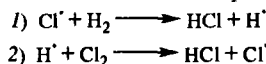
Благодаря указанным уникальным св-вам Ц. используют в пром-сти для выделения, очистки и синтеза углеводородов (см., напр., *Гидроочистка, Катализаторы процессов нефтепереработки, Каталитический крекинг*); разделения жидкостей, газов разделения и газов осушки; очистки воды; как наполнители бумаги; при произ-ве цемента и силикатного кирпича; создания глубокого вакуума и др.; в с. х-ве как селективные ловушки для содержащихся в почвах радиоактивных изотопов Sr и Cs; в качестве многотелных ионообменных регуляторов водно-солевого режима почв, пролонгаторов действия водорастворимых удобрений, в виде кормовой добавки к рациону с/х животных; крупные кристаллы и друзы прир. Ц. – ценный коллекционный материал.

Лит.: Брек Д., Цеолитовые молекулярные сита, пер. с англ., М., 1976; Природные цеолиты, под ред. А. Г. Коссовской, М., 1980; Кельцев Н. В., Основы адсорбционной техники, 2 изд., М., 1984; Баррер Р. М., Гидротермальная химия цеолитов, пер. с англ., М., 1985.

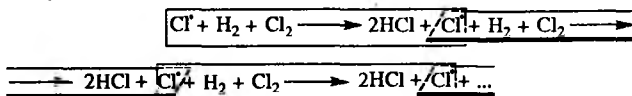
А. Н. Сысоев.

**ЦЕПНЫЕ РЕАКЦИИ**, хим. превращения и ядерные процессы, в к-рых появление промежуточной активной частицы (свободного радикала, атома, возбужденной молекулы в хим. превращениях, нейтрона – в ядерных процессах) вызывает цепь превращений исходных в-в. Примеры хим. Ц. р. – радикальная полимеризация, окисление, пиролиз и галогенирование углеводородов и др. орг. соед.; ядерные цепные процессы – цепное деление атомных ядер. Данная статья посвящена в основном химическим цепным реакциям.

Термин «Ц.р.» был предложен М. Боденштейном, обнаружившим (1913), что в ряде фотохим. р-ций (напр.,  $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ ,  $CO + Cl_2 \rightarrow COCl_2$ ) один поглощенный фотон вызывает превращение сотен тысяч молекул. Поскольку согласно закону квантовой эквивалентности Штарка–Эйнштейна при поглощении одного фотона в р-цию вступает лишь одна частица, остальные молекулы реагируют без непосредственного светового воздействия. Боденштейн предположил, что активной частицей, вызывающей цепь превращений, является возбужденная молекула Cl<sub>2</sub><sup>\*</sup>. В 1916 В. Нернст высказал предположение об атомарной природе активных частиц и предложил след. механизм Ц. р. с участием Cl<sub>2</sub>. Поглощение фотона приводит к образованию из молекулы Cl<sub>2</sub> двух атомов Cl<sup>\*</sup>, к-рые вступают последовательно в р-ции:



Суммирование р-ций 1 и 2 дает брутто-р-цию, к-рая отражает стехиометрию превращения  $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ . Атом Cl<sup>\*</sup>, образовавшийся в р-ции 2, идентичен атому Cl<sup>\*</sup>, вступившему в р-цию 1, поэтому последовательность р-ций можно представить в виде, иллюстрирующем наглядность термина «Ц. р.»:



**Цепной механизм и его стадии**

Ц. р. относятся к *сложным реакциям* и могут состоять из мн. элементарных стадий. Любая Ц. р. обязательно включает три осн. стадии: инициирование (зарождение цепи), продолжение и обрыв цепи. Инициированием наз. стадия, в к-рой из валентнонасыщенных молекул исходных в-в образуются *переносчики цепи* – активные частицы, участвующие в последующих р-циях и приводящие в конце концов к расходованию исходных в-в и образованию продуктов (р-ции инициирования в дальнейшем обозначаются буквой i). Последоват. р-ции (стадии) продолжения цепи составляют



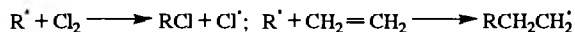
т. наз. цикл продолжения цепи (ЦПЦ), или звено цепи, а число  $\nu$  звеньев, приходящихся в среднем на каждый образовавшийся в р-ции инициирования переносчик цепи, наз. длиной цепи. Переносчики цепи исчезают в р-циях обрыва цепи вследствие столкновений друг с другом или со стенкой реакционного сосуда (в дальнейшем р-ции обрыва обозначаются буквой  $\sigma$ ).

В нек-рых Ц. р. в одной или неск. элементарных стадиях происходит увеличение числа активных частиц, что приводит к разветвлению цепей; такие Ц. р. наз. разветвленными.

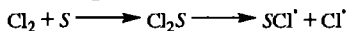
Рассмотрим подробнее стадии Ц. р.

**Инициирование** – наиб. энергоемкая стадия Ц. р., ее энергия активации определяется энергией разрываемой хим. связи (обратная р-ция – безактивационная). Поэтому образование активных частиц из молекул исходных в-в происходит лишь при достаточно высоких т-рах или при воздйстви света, ионизирующего излучения, ускоренных электронов и т. п.

В отсутствие энергетич. воздействия образование активных частиц и инициирование Ц. р. может происходить при обычных т-рах лишь в присутствии инициаторов – в-в, в молекулах к-рых энергия разрыва хим. связи существенно меньше, чем в молекулах исходных в-в. Типичные инициаторы – орг. пероксиды и гидропероксиды, диазосоединения (см. *Инициаторы радикальные*). Переносчики цепи образуются при последующих р-циях радикалов с молекулами реагентов, напр.:



В газофазных системах инициирование может протекать также на стенке сосуда  $S$  в результате диссоциативной хемосорбции реагента, напр.:

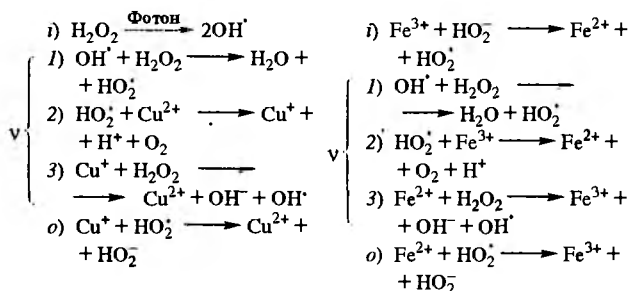


Энергия активации такой р-ции меньше, чем р-ции в объеме на величину разницы теплот адсорбции  $Cl'$  и  $Cl_2$ .

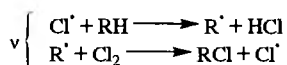
В р-рах инициирование может происходить в результате переноса электронов, обычно в р-ции участвуют ионы переходного металла. Инициатором мн. Ц. р. служит, напр., реактив Фентона  $H_2O_2 - FeSO_4$  (активные частицы  $OH'$  образуются в р-ции  $Fe^{2+} + H_2O_2 \longrightarrow Fe^{3+} + OH' + OH'$ ).

Инициаторы ускоряют образование активных частиц, т. е. являются катализаторами инициирования, но в отличие от катализаторов обычных (цепных) процессов они расходуются (часто их наз. расходуемыми катализаторами).

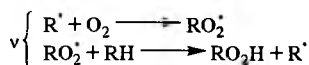
**Продолжение цепи** м. б. проиллюстрировано на примере процессов фотохим. разложения  $H_2O_2$  в присут. ионов  $Cu^{2+}$  и каталитич. разложения  $H_2O_2$  при добавлении в р-р ионов  $Fe^{3+}$ , к-рые имеют схожие цепные механизмы (переносчики цепи –  $OH'$ ,  $HO_2'$  и  $Cu^+$  или  $Fe^{2+}$ ):



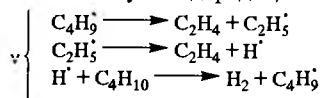
Представляют интерес р-ции ЦПЦ в нек-рых важнейших пром. процессах. Так, для хлорирования орг. соединений ЦПЦ имеет вид:



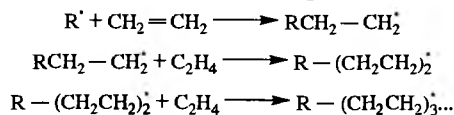
Для окисления орг. соединений:



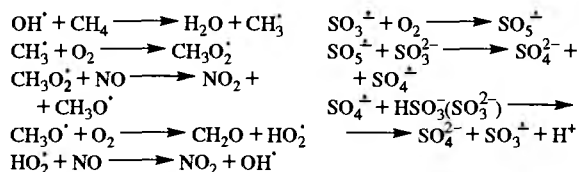
Для крекинга насыщенных углеводородов, напр. бутана:



Для радикальной полимеризации олефинов:

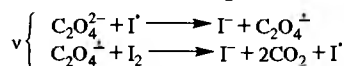


Многие атмосферные процессы относятся к Ц. р. Напр., в процессах соокисления метана и  $NO$ , образования  $H_2SO_4$  в облачных каплях, содержащих  $HSO_3'$  (кислотные дожди), ЦПЦ имеют вид:

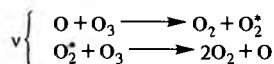


Стратосферные процессы разложения озона под действием  $OH'$ ,  $HO_2'$ ,  $NO$ ,  $NO_2'$ ,  $Cl'$ ,  $ClO'$  также рассматриваются на основе представлений о Ц. р. и их стадиях; в частности  $Cl'$  и  $ClO'$  образуются из хлоронов, их присутствие в стратосфере считается одним из осн. факторов, ведущих к наблюдаемому уменьшению концентрации стратосферного озона.

В период становления осн. понятий теории Ц. р. в качестве активных частиц рассматривались лишь атомы и своб. радикалы. В 30-х гг. Н. Н. Семенов предложил механизм Ц. р. с участием ион-радикалов и возбужденных молекул. Так, для окисления цавелевой к-ты иодом предложена след. цепь:



Для разложения озона предполагалась цепь с участием  $O_5'$ :



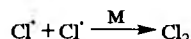
Впоследствии в число переносчиков цепи вошли и др. частицы: бирадикал  $\ddot{O}$  (окисление  $H_2$ ), ионы переходных металлов в нестабильных (для условий опыта) зарядовых состояниях, комплексные соед. в конформационно-неравновесных состояниях и т. п. высокореакционные частицы.

**Обрыв цепи.** Гибель переносчиков цепи при столкновениях со стенкой  $S$  реакционного сосуда происходит по механизму типа:



В этих случаях скорость р-ции обрыва пропорциональна концентрации своб. радикалов – т. наз. линейный обрыв. Чем больше отношение площади пов-сти сосуда к его объему, тем интенсивнее гибель переносчиков цепи на стенке, тем короче цепь и меньше скорость р-ции.

Обрыв цепи вследствие столкновений радикалов – переносчиков цепи друг с другом и взаимного насыщения своб. валентности в объеме сосуда обычно происходит с участием третьей частицы  $M$ , роль к-рой состоит в отводе энергии от образующейся частицы:



В этих случаях обрыв цепи является р-цией второго порядка по концентрации своб. радикалов, а ее скорость пропорциональна произведению их концентраций – т. наз. квадратичный обрыв.

Линейный обрыв цепи возможен и вследствие хим. взаимодей. переносчиков цепи с примесным в-вом, если при этом образуется радикал, не участвующий в р-циях продолжения цепи. Так, переносчик цепи Н' реагирует с примесным O<sub>2</sub> с образованием HO<sub>2</sub><sup>\*</sup>, к-рый не участвует в р-циях продолжения цепи и исчезает при столкновении с др. частицей HO<sub>2</sub><sup>\*</sup> или с атомами СГ, Н'.

Важнейший характерный признак Ц.р. – обрыв цепей на молекулах ингибитора – в-ва, эффективно взаимодействующего с переносчиком цепи и дезактивирующего его в результате хим. превращения. Выше упоминался O<sub>2</sub>, дезактивирующий Н' переводом его в форму HO<sub>2</sub><sup>\*</sup>. В случае введения в хим. систему т. наз. слабого ингибитора Ц.р. длительное время протекает медленнее, чем в его отсутствие. При добавке т. наз. сильного ингибитора Ц.р. практически не наблюдается в течение нек-рого периода индукции, после чего ее скорость становится такой же, как и без ингибитора (подробнее см. в ст. *Ингибиторы*). В отд. группу выделяют ингибиторы цепного окисления орг. в-в – т. наз. *антиоксиданты*. Эффективными прир. антиоксидантами являются аскорбиновая к-та и токоферол.

**Кинетические закономерности неразветвленных Ц.р.**

В начальный момент времени концентрация переносчиков цепи в реагирующей хим. системе равна нулю. При введении инициатора или при энергетич. воздействии на систему начинается образование переносчиков цепи со скоростью иницирования w<sub>i</sub>. Одновременно происходят р-ции продолжения цепи, к-рые характеризуются относительно небольшими энергиями активации, и практически безактивационный процесс обрыва цепи на стенке или в объеме сосуда. Если р-ции на стенке являются основным каналом иницирования и обрыва цепи, то скорость Ц.р. не зависит от отношения площади пов-сти сосуда S к его объему V, как и в том случае, если и иницирование и обрыв цепи происходят в объеме; в иных случаях скорость Ц.р. зависит от отношения S/V.

Обычно ЦПЦ состоит из 2–3 и более р-ций, причем одна из них характеризуется большей (сравнительно с другими) энергией активации и является скоростьюопределяющей (лимитирующая стадия). Ее скорость равна скоростям всех остальных р-ций ЦПЦ w<sub>пр</sub>, но концентрация радикалов, участвующих в этой лимитирующей стадии, наибольшая. Т. к. гибель радикалов является практически безактивационным процессом, то осн. вклад в обрыв цепи вносят радикалы, участвующие в лимитирующей стадии ЦПЦ.

Участие переносчиков цепи в ЦПЦ не влияет на их концентрацию в системе, т. к. в ЦПЦ происходит их регенерация. Число переносчиков цепи n в единице объема в каждый момент времени t в простейшем случае гибели на стенке выражается дифференц. ур-нием:

$$dn/dt = w_i - gn, \tag{1}$$

откуда

$$n = (w_i/g)(1 - e^{-gt}), \tag{2}$$

где g – т. наз. фактор гибели переносчиков цепи (фактор обрыва цепи), равный константе скорости k<sub>o</sub> обрыва цепи на стенке. Из (2) следует, что n = 0 при t = 0 и со временем n достигает значения w<sub>i</sub>/k<sub>o</sub>. Скорость Ц.р. w пропорциональна n и возрастает от w = 0 до значения, определяемого выражением:

$$w = k_{пр}[A]w_i/k_o, \tag{3}$$

где [A] – концентрация реагента, подвергающегося превращению по цепному механизму; k<sub>пр</sub> – константа скорости продолжения цепи.

Различают два режима протекания процесса; нестационарный, соответствующий периоду роста скорости w, и стационарный, при к-ром n и w имеют постоянные значения. Характерные значения k<sub>o</sub> – десятки с<sup>-1</sup>, поэтому, согласно (2), период нестационарности характеризуется обычно долями секунды.

Если длина цепи ν мала, в выражении для скорости р-ции необходимо учесть скорость расходования реагентов в стадии иницирования и скорость возможного образования продуктов в стадии обрыва цепи. Обычно, однако, число ν составляет десятки, сотни и тысячи и скорость Ц.р. практически равна скорости каждой из р-ций продолжения цепи, согласно выражению (3).

При введении ингибитора In возникает дополнит. канал гибели переносчиков цепи (константа скорости k<sub>in</sub>) и скорость Ц.р. принимает значение w':

$$w' = k_{пр}w_i[A]/(k_o + k_{in}[In]), \quad w/w' = 1 + (k_{in}[In]/k_o), \tag{4}$$

где [In] – концентрация ингибитора. Если k<sub>in</sub> невелика, для заметного замедления Ц.р. необходима добавка ингибитора в такой концентрации [In], чтобы значения k<sub>in</sub>[In] и k<sub>o</sub> были соизмеримы. Расход ингибитора будет происходить со скоростью, меньшей w<sub>i</sub>, а т. к. его начальная концентрация [In]<sub>0</sub> – существенная величина, ее уменьшение в ходе р-ции м. б. небольшим. Соответственно р-ция будет протекать длительное время со скоростью, равной или близкой к значению, определяемому выражением (4), где [In] ≈ [In]<sub>0</sub>. Если же константа скорости k<sub>in</sub> велика настолько, что уже при малых [In]<sub>0</sub> произведение k<sub>in</sub>[In] >> k<sub>o</sub>, то в течение нек-рого времени, пока выполняется это неравенство, скорость образования продукта будет ничтожно мала в сравнении со скоростью Ц.р. w в отсутствие ингибитора. По мере расходования In, протекающего практически со скоростью иницирования w<sub>i</sub>, скорость Ц.р. в присут. ингибитора w' достаточно быстро достигнет значения w.

Расчет скорости Ц.р. в общем случае производится по методу квазистационарных концентраций (см. *Квазистационарности приближение*). Этот метод применим к частицам, концентрации к-рых из-за высокой реакционной способности на много порядков меньше концентрации реагентов. Для каждого из переносчиков цепи R<sup>\*</sup> составляют дифференц. ур-ние, приравнивая его производную d[R<sup>\*</sup>]/dt к сумме скоростей всех р-ций, в к-рых R<sup>\*</sup> образуется и гибнет. Все производные полагают равными нулю и решают систему алгебраич. ур-ний согласно методу Боденштейна.

Другой способ расчета скорости используют для Ц.р. с длинами цепи ν >> 10, когда можно пренебречь возможным вкладом скоростей иницирования и обрыва цепи в общую скорость р-ции, т. е. в тех случаях, когда общая скорость w равна скорости w<sub>пр</sub> р-ций ЦПЦ (все они имеют одинаковую скорость) и w<sub>i</sub> = w<sub>o</sub>. Стационарную концентрацию переносчиков цепи, участвующих в р-циях обрыва, определяют из кинетич. ур-ния w<sub>i</sub> = w<sub>o</sub> и затем рассчитывают w. Так, для вышеупомянутого разложения H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в присут. ионов Cu<sup>2+</sup> при освещении светом интенсивности I

$$\begin{aligned} w_i &= k_i I [H_2O_2] = k_o [Cu^+][HO_2^*] = w_o \\ [Cu^+] &= w/k_3 [H_2O_2] \\ [HO_2^*] &= w/k_2 [Cu^{2+}] \end{aligned}$$

Отсюда

$$\begin{aligned} k_i I [H_2O_2] &= k_o w^2 / k_2 k_3 [H_2O_2] [Cu^{2+}] \\ w &= (k_i k_3 / k_o)^{0.5} I^{0.5} [Cu^{2+}]^{0.5} [H_2O_2] \end{aligned}$$

**Разветвленные Ц.р.**

Термин предложен Н. Н. Семеновым для открытых им (1926–28) Ц.р. с критич. явлениями, состоящими в том, что незначит. изменения концентрации реагентов, т-ры, размеров сосуда, введение примеси (даже разбавление реакционной смеси инертным газом) могут приводить к скачкообразному росту скорости Ц.р. от практически ненаблюдаемой до столь большой, что ее невозможно измерить. Впервые критич. явления в хим. системах были обнаружены Семеновым, Ю. Б. Харитоновым и З. Ф. Вальта при окислении паров фосфора. Термином «разветвление» обозначают входящую в такие р-ции стадию размножения активных частиц.

Осн. понятие теории разветвленных Ц. р. — фактор разветвления цепи  $f$ , противоположный фактору гибели  $g$  переносчиков цепи в р-циях обрыва. Ур-ние (1) с учетом разветвления цепи записывается в виде:

$$dn/dt = w_i - (g - f)n = w_i + \varphi t, \quad (5)$$

где  $\varphi = f - g$ . До тех пор пока  $g > f$ , будет наблюдаться Ц. р., кинетика к-рой не отличается от неразветвленных Ц. р. С ростом  $f$  в соответствии с (2)  $n$  будет нарастать до все более высоких стационарных значений:

$$n = w_i / (g - f).$$

Если же  $f$  станет больше  $g$ , т. е.  $\varphi$  станет положит. величиной, решением ур-ния (5) будет выражение:

$$n_i = w_i (e^{\varphi t} - 1) / \varphi.$$

Выражение для скорости Ц. р., известное как ур-ние Семенова, имеет вид:

$$w \sim A \exp(\varphi t),$$

т. е. концентрация активных частиц не принимает стационарного значения, а непрерывно нарастает, как и пропорциональная ей скорость Ц. р., переходящей в самовоспламенение. Условие  $g = f$ , или  $\varphi = 0$  — граничное для перехода от стационарного режима разветвленно-цепного процесса к нестационарному, протекающему с самоускорением (рис. 1). Чем быстрее р-ция, чем больше концентрация активных частиц, тем сильнее ускоряется р-ция. Т. обр., для разветвленных Ц. р. реализуется положит. обратная связь.

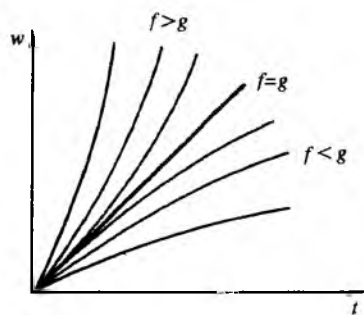
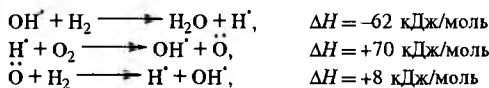


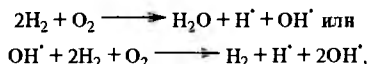
Рис. 1. Динамика разветвленного цепного процесса при различных соотношениях факторов обрыва и разветвления цепи (соотв.  $g$  и  $f$ ,  $\varphi = f - g$ );  $w$  — скорость цепной р-ции,  $t$  — время.

Переход от стационарного к нестационарному протеканию Ц. р. может происходить как при увеличении  $f$ , так и при уменьшении  $g$ . Очевидно, что чем ближе условия к граничному  $f = g$ , тем меньше изменения  $f$  или  $g$  могут привести к срыву и переходу р-ции в режим самоускорения.

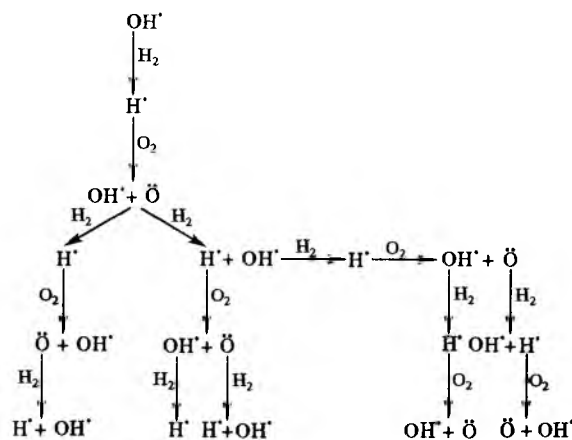
Наиб. детально изучено разветвленно-цепное окисление  $H_2$  в смеси с  $O_2$ . Р-ция инициирования  $H_2 + O_2 \longrightarrow 2OH^\cdot$ , продолжение цепи определяется р-циями:



Суммарная р-ция:



т. е. в ЦПЦ не только образуется продукт  $H_2O$  и регенерируются переносчики цепи  $O$ , но и возникают еще два переносчика цепи  $H^\cdot$  и  $OH^\cdot$ . Каждый из переносчиков цепи может либо погибнуть в р-циях обрыва, либо начать новое звено цепи, с образованием еще большего числа переносчиков цепи. Приведенная ниже схема развития цепного процесса в условиях, когда  $f > g$ , наглядно иллюстрирует явление разветвления цепи:



Все известные разветвленно-цепные р-ции являются экзотермическими, причем часть выделяемой энергии переходит в энергию активных частиц. Поэтому для разветвления цепи необходимо, чтобы тепловой эффект брутто-процесса значительно превосходил тепловой эффект наиб. энергоемкой из всех стадий разветвления (для окисления  $H_2$  это соотв. 483 и 70 кДж/моль).

К изученным разветвленно-цепным р-циям относятся окисление паров  $P, S$ ; р-ции  $O_2$  с  $CS_2, CO, SiH_4$ , углеводородами; разложение  $NCl_3$ . Для всех этих р-ций характерно наличие нижнего и верхнего пределов самовоспламенения. Их происхождение определяется переходами через граничное условие  $f = g$ . В случае газозафазных р-ций при низком давлении  $p$  диффузия переносчиков цепи к стенке и их гибель обуславливает неравенство  $g > f$  и р-ция практически не наблюдается. Рост давления препятствует диффузии, при этом  $g$  уменьшается, а  $f$  растет, т. к. обычно в р-ции разветвления участвует один из реагентов, давление к-рого составляет часть общего давления. При переходе через граничное условие  $f = g$  происходит самоускорение р-ции и самовоспламенение смеси. Граничному условию соответствует нек-рое значение  $p_1$  — давление нижнего предела самовоспламенения. Соотношение  $f > g$  соблюдается при  $p > p_1$ , но при дальнейшем росте  $p$  растет доля тримолекулярных соударений, в результате к-рых происходит гибель переносчиков цепи в газовой фазе. Это м. б. также столкновения двух активных частиц с любой третьей частицей  $M$  и переход активной частицы в малоактивную, не участвующую в р-циях продолжения и разветвления цепи. Так, в смеси  $H_2$  с  $O_2$  возможна гибель  $H^\cdot$  по р-ции  $H^\cdot + O_2 + M \longrightarrow M + HO_2^\cdot$  с послед. гибелью  $HO_2^\cdot$  в р-циях друг с другом или с переносчиками цепи  $OH^\cdot$  и  $H^\cdot$ . За счет тримолекулярных р-ций фактор  $g$ , пропорциональный  $p^2$ , опережает в своем росте фактор  $f$ , пропорциональный  $p$ . В результате при нек-ром  $p_2$  — давлении верхнего предела — вновь происходит переход через граничное условие  $f = g$  и смесь теряет способность к самовоспламенению. Явление верхнего предела было открыто и объяснено С. Хиншелвудом (1956). Семенову и Хиншелвуду за исследование механизма хим. р-ций была присуждена Нобелевская премия.

С ростом т-ры  $T$  область воспламенения — разность между  $p_2$  и  $p_1$  — расширяется, т. к. фактор  $f$ , характеризующий энергоемкую р-цию разветвления, возрастает с ростом  $T$  значительно, а фактор  $g$  от  $T$  зависит слабо. В случае понижения  $T$  и  $p_2$  при нек-рой  $T$  значения  $p_1$  и  $p_2$  становятся одинаковыми. Зависимости  $p_1$  и  $p_2$  от  $T$  образуют характерный полуостров воспламенения  $p$  (рис. 2). Контур этого полуострова может изменяться при изменении условий опыта. Так, при увеличении отношения  $S/V$ , напр. введением в сосуд стержней,  $g$  возрастает и происходит повышение нижнего предела  $p_1$  как ф-ции  $T$ . Тот же эффект проявляется при уменьшении диаметра сосуда, т. е. увеличении  $S/V$ . Разбавление смеси инертным газом затрудняет диффузию активных

частиц к стенке и одновременно повышает долю тримолекулярных столкновений из-за роста общего давления. В результате происходят уменьшение  $g$  в области нижнего предела самовоспламенения и рост  $g$  в области верхнего предела. При введении ингибитора контур полуострова воспламенения изменяется, нижний предел повышается, верхний – понижается.

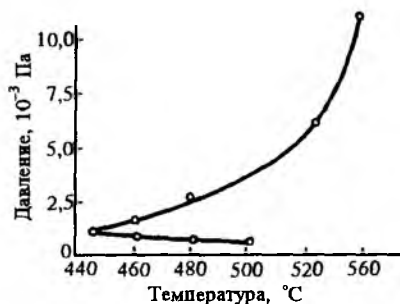
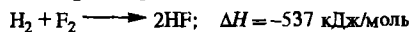


Рис. 2. Полуостров воспламенения смеси водорода с кислородом.

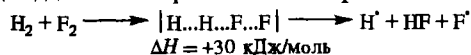
Самоускорение Ц. р. с разветвлением цепей, описываемое ур-нием Семенова, обусловлено переходом энергии экзотермич. р-ции в хим. энергию активных частиц. Так, в определенных условиях до половины кол-ва молекул  $H_2$  в режиме самовоспламенения может существовать в форме атомов  $H^{\cdot}$ . Другая возможность – переход энергии экзотермич. хим. р-ции в кинетич. энергию частиц и рост т-ры в случае, если скорость разогревания смеси превышает скорость отвода тепла от сосуда. Повышение т-ры приводит к ускорению р-ции, повышению интенсивности тепловыделения и дальнейшему росту т-ры и скорости р-ции – тепловому взрыву. В основе такого процесса м. б. как неразветвленная Ц. р., так и р-ция с разветвлением цепей. В последнем случае появляется т. наз. третий предел самовоспламенения: смесь, потерявшая способность к самовоспламенению при  $p > p_2$ , с послед. повышением  $p$  вновь становится самовоспламеняющейся.

**Энергетическое разветвление цепей.** Возможен переход энергии хим. р-ции в энергию возбуждения внутр. степеней свободы частиц, образующихся в экзотермич. элементарной стадии; в этом случае нарушается равновесное распределение частиц по энергиям. Сверхравновесная концентрация вращательно-возбужденных состояний быстро, в результате неск. соударений, уменьшается до равновесной. Для диссипации избыточной колебат. энергии необходимо участие возбужденной частицы в тысячах соударений, т. е. время жизни колебат. возбужденных состояний много больше, чем вращательно-возбужденных. Это может привести к росту скорости р-ции, т. к. константы скорости с участием колебат. возбужденных частиц м. б. на много порядков больше, чем для невозбужденных.

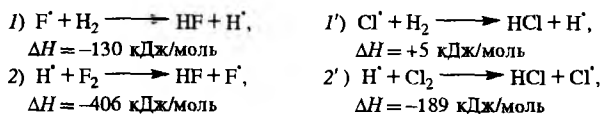
Впервые роль колебат. возбужденных состояний в самоускорении разветленно-цепных р-ций была выявлена для высокотемператур. р-ции



Аналогичная р-ция  $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$  протекает как неразветвленный процесс. В отсутствие светового воздействия для обеих р-ций инициирование происходит на стенке сосуда:  $(X_2 + S \longrightarrow X_2S \longrightarrow SX + X^{\cdot})$  и в объеме  $(X_2 + M \longrightarrow M + 2X^{\cdot})$ , где  $X - Cl$  или  $F$ . Большая разница энергий связи  $F - F$  (159 кДж/моль) и  $H - F$  (565 кДж/моль) определяет еще один канал образования атомарного  $F$ :



Для аналогичной р-ции с участием  $Cl_2$  необходимо затратить 248 кДж/моль, т. е. такая р-ция практически не происходит. Р-ции продолжения цепи для обеих систем подобны:



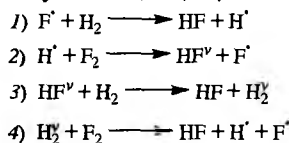
Энергия, выделяющаяся в р-циях 1, 2 и 2', частично переходит в энергию колебат. возбуждения продуктов – соотв.  $HF$  и  $HCl$ . При последующих соударениях избыточная колебат. энергия рассеивается – переходит в поступат. и вращат. энергию мн. других частиц.

Имеются, однако, две возможности перехода колебат. энергии в хим. энергию активных частиц. Если энергия возбуждения конечного или промежут. продукта достаточна для его распада на активные частицы, может пойти р-ция размножения частиц. В рассматриваемых р-циях такая возможность отсутствует, т. к. соответствующие энергии связи составляют 565 (для  $H - F$ ) и 431 кДж/моль (для  $H - Cl$ ), т. е. они больше, чем тепловые эффекты р-ций соотв. 2 и 2'.

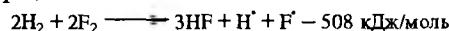
Вторая возможность – передача энергии колебат. возбуждения продукта на частицу реагента. Такая передача тем вероятней, чем ближе значения энергий колебат. возбуждения сталкивающихся частиц. Для рассматриваемых частиц колебат. кванты таковы (в кДж/моль):

HF	HCl	H <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>
49,6	35,8	52,7	11,0	6,7

Энергии колебат. возбуждения близки лишь для пары  $HF - H_2$ . Между этими частицами может протекать реакция  $HF^{\nu} + H_2 \longrightarrow H_2^{\nu} + HF$  (значок  $\nu$  означает колебат. возбуждение). Частица  $H_2^{\nu}$ , как и  $H_2$ , реагирует с  $F_2$ , но для р-ции  $H_2^{\nu} + F_2 \longrightarrow H^{\cdot} + HF + F^{\cdot}$  тепловой эффект составляет не +30, а -22,7 кДж/моль, а ее константа скорости примерно в  $10^7$  больше, чем для р-ции невозбужденного  $H_2$ . Дополнив р-ции 1 и 2 рассмотренными р-циями колебат. возбужденных частиц, получаем след. ЦПЦ:

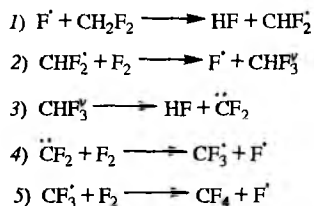


Суммарная р-ция:



Все особенности разветленно-цепных р-ций – существование нижнего и верхнего предельных давлений, наличие полуострова воспламенения, зависимость положения нижнего предела от размеров сосуда и т. п. – присущи и этой р-ции с энергетич. разветвлением цепи.

Энергетич. разветвление цепей было открыто в 1963 Семеновым. Впоследствии было обнаружено энергетич. разветвление цепей без передачи энергии колебат. возбуждения. Так, для р-ции  $CH_2F_2 + 2F_2 \longrightarrow CF_4 + 2HF$  был установлен механизм разветвления цепей в результате распада промежут. звена, образующегося в состоянии колебат. возбуждения:



Суммарная р-ция:



По механизму Ц. р. с энергетич. разветвлением происходят газофазное фторирование  $CH_4$  и его галогенпроизводных, фторирование этана, окисление тетрафторэтилена и ряда

хлорзамещенных олефинов, хлорирование силана и нек-рые др. процессы. Поскольку в Ц. р. с энергетич. разветвлением возникает инверсная заселенность колебат. уровней, такие Ц. р. представляют практич. интерес для решения проблемы создания лазеров с хим. накачкой (см. *Лазеры химические*).

Разветвленно-цепные р-ции могут протекать стационарно, если  $g > f$ , и с самоускорением, если  $f > g$ . Значения  $\phi = f - g$  таковы, что вся р-ция протекает за доли секунды.

**Р-ции с вырожденным разветвлением.** Такое назв. получили многочисленные радикально-цепные р-ции, для к-рых характерно самоускорение, описываемое ур-нием Семенова с очень малыми значениями  $\phi$ . Для таких р-ций обычно не наблюдается перехода в режим самовоспламенения или взрыва. По достижении нек-рой макс. скорости такие р-ции замедляются (рис. 3). С этим связано второе назв. таких р-ций – вырожденный цепной взрыв. Характерное время их ускоренного протекания – не доли секунды, а десятки минут и часов. Различие величин  $\phi$  определяет различные механизмы.

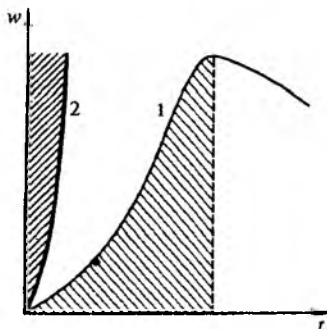
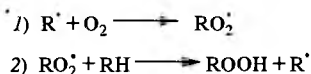
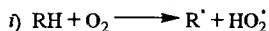


Рис. 3. Динамика процессов с вырожденным разветвлением цепей (1) и разветвленно-цепного (2). Затрихованные площади отражают кол-во реагентов, прореагировавших к моменту времени  $t$ .

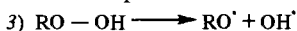
Рассмотрим, напр., цепное окисление углеводов. В этом случае ЦПЦ включает след. р-ции:



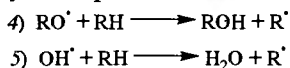
В отсутствие инициатора иницирование происходит по р-ции:



Радикалы  $HO_2'$  не участвуют в ЦПЦ и исчезают в разл. р-циях гибели на стенке и в объеме. Концентрация частиц  $R'$  и  $RO_2'$  за доли секунды достигают своего стационарного значения, определяемого ур-нием (2), а  $ROOH$  накапливается в системе и служит инициатором:



Последующее быстрое образование переносчика цепи  $R'$  происходит в результате р-ций:



Т. обр., по мере протекания р-ции и накопления  $ROOH$  скорость иницирования растет:

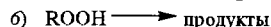
$$w_i = k_i[RH][O_2] + k_3[ROOH]$$

Чем больше  $w_i$ , тем больше скорость образования  $ROOH$ , а чем больше  $[ROOH]$ , тем сильнее ускоряется иницирование. Так реализуется положит. обратная связь в случае р-ций с вырожденным разветвлением цепей. Суммарная р-ция:



Это ур-ние ничем не отличается от аналогичного для разветвленно-цепных р-ций, и если бы распад  $ROOH$  на  $RO'$  и  $OH'$  происходил с характерным временем, соизмеримым со временем развития звена цепи, не было бы отличия в их

поведении. В действительности же эти времена сильно разнятся. Одна р-ция разветвления 3 приходится на многие тысячи р-ций 1 и 2, составляющих ЦПЦ неразветвленного окисления  $RH$ . Рост  $[ROOH]$  в ходе р-ции мог бы тем не менее привести к тому, что величины  $k_3[ROOH]$  и  $k_i[R'] \cdot [O_2] = k_2[RO_2'] \cdot [RH]$  стали бы соизмеримы. Этого не происходит из-за того, что  $ROOH$  – нестабильный промежуток, продукт, и со скоростью, намного большей, чем для р-ции 3, происходит превращение  $ROOH$  в стабильные продукты окисления  $RH$  – кетоны, к-ты и др. по р-ции:



Поскольку  $w_6 \gg w_3$ , не происходит значит. накопления  $ROOH$ , а по мере его накопления расход  $RH$  по р-циям 1, 2 и 6 оказывается столь большим, что скорость всех р-ций с участием  $RH$  падает значительно. Рассмотренными факторами и определяются характерные особенности вырожденно-разветвленных Ц. р.: рост скорости на начальных стадиях, описываемый ур-нием  $w = A \exp(\phi t)$ , но с очень малым  $\phi$ ; уменьшение скорости р-ции на более поздних стадиях р-ции. К р-циям с вырожденным разветвлением относятся многочисленные р-ции окисления не только углеводов, но и большинства др. орг. соединений, поскольку их общим св-вом является промежуток. образование  $ROOH$ . Подобным образом протекает и окисление сероводорода.

Большой вклад в изучение этих р-ций был сделан А. Б. Налбандяном и Н. М. Эмануэлем. Большое значение имело открытие разветвленных и вырожденно-разветвленных Ц. р. для создания теории горения.

Р-ции с вырожденным разветвлением цепей при повышенных  $t$ -рах могут протекать как разветвленно-цепные. Так,  $H_2S$  реагирует с  $O_2$  при 250–300 °С по механизму вырожденного разветвления цепей, а при 350–400 °С наблюдаются нижний и верхний пределы самовоспламенения. По-видимому, при повышенных  $t$ -рах становятся существенными р-ции разветвления, к-рые не идут при низких  $t$ -рах. Для окисления углеводов Семенов рассмотрел возможность разветвления в результате высокотемпературного распада  $RO_2'$  на  $R'$  и альдегид  $R''CHO$  и последующей р-ции  $R''CHO + O_2 \longrightarrow R''CO' + HO_2'$ .

Образование ответственного за разветвление промежуток. продукта в результате протекания неразветвленно-цепной р-ции и возможность перехода р-ций с вырожденным разветвлением в разветвленно-цепные свидетельствует о том, что механизм вырожденного разветвления цепей занимает промежуток. положение между неразветвленным и разветвленно-цепным механизмами.

Лит.: Семёнов Н. Н., Развитие теории цепных реакций и теплового воспламенения, М., 1969; Проблемы химической кинетики, М., 1979; Налбандян А. Б., Варданян И. А., Современное состояние проблемы газ-фазного окисления органических соединений, Ер., 1986. А. П. Турмаль.

**ЦЕРАМИДЫ**, липиды общей ф-лы  $RCH(OH)CH(NHCO'R')CH_2OH$ , где  $R$  – алкил, алкенил  $C_{13}-C_{17}$ ;  $R'$  – алкил, алкенил  $C_{15}-C_{25}$ .

Ц. – твердые или воскоподобные в-ва, хорошо раств. в  $CHCl_3$ ,  $CH_3OH$  и их смесях. Ц. склонны к внутримол. циклизации с образованием  $\Delta^2$ -оксазолинов и продуктов их дальнейшего превращения.

Ц. встречается в природе как в своб. состоянии в печени, селезенке, эритроцитах, так и в составе сфинголипидов и имеют *D-эритро*-конфигурацию.

При биосинтезе Ц. образуются из сфингозинов  $RCH(OH)CH(NH_2)CH_2OH$  и ацил-КоА в присут. *N*-ацилтрансферазы и являются предшественниками сфингомиелинов, цереброзидов, ганглиозидов и т. п.

Ц. выделяют при кислотном гидролизе сложных сфинголипидов или синтезируют селективным *N*-ацилированием сфингозинов ацилхлоридами в ацетатном буфере при рН 7,3. Ц. служат удобными исходными соед. при синтезе сфинголипидов через бензоилцерамиды  $RCH(OCOC_6H_5)CH(NHCO'R')CH_2OH$ , к-рые получают с выходом более 70% путем последоват. триптирования, бензоил-

лирования и детритилирования Ц. без выделения промежуточ. соед.

Лит.: Препаративная биохимия липидов, под ред. Л.Д. Бергельсона, Э.В. Дятловской, М., 1981; Химия липидов, М., 1983; Sphingolipid biochemistry, eds. J.N. Kanfer, S. Nakomori, N.Y.-L., 1983; The lipid handbook, eds. F.D. Gunstone, J.L. Harwood, F.B. Padley, L.-N.Y., 1986. Е.Н. Звонкова.

**ЦЕРЕБРОЗИДЫ**, сфинголипиды общей ф-лы  $RCH(OH)CH(NHCOR')CH_2OH$ , где R и R' – алкил, гидроксильный алкил, алкенил; X – остаток глюкозы (глюкоцереброзиды), галактозы (галактоцереброзиды) или фукозы (фукоцереброзиды). В глюко- и галакто-Ц. присутствует β-гликозидная связь, в фуко-Ц. – α-гликозидная связь.

Ц. – твердые в-ва, не раств. в воде, хорошо раств. в орг. р-рителях. При кислотном гидролизе образуют жирные к-ты, сфингозины (сфингозиновые основания)  $RCH(OH)CH(NH_2)CH_2OH$  и углеводы.

Ц. содержатся в тканях человека, животных и высших растений. С их функционированием связана деятельность организма в целом и на клеточном уровне (изолирующие свойства миелиновой оболочки нервных аксонов, межклеточное узнавание, иммунологич. р-ции). Биосинтез Ц. протекает по двум путям: гликозилирование церамидов с помощью уридиндифосфата сахаров или гликозилирование сфингозинов с послед. N-ацилированием. Нарушения метаболизма Ц., обусловленные снижением активности или отсутствием ферментов их гидролиза, имеют наследственный характер (т. наз. болезнь Краббе); при этом в органах и тканях, особенно в мозге, накапливаются галактоцереброзиды. Повышение содержания глюкоцереброзидов в мозге, печени свидетельствует о нарушении обмена ганглиозидов (болезнь Гоше).

Осуществлен полный хим. синтез и полусинтез Ц., их аналогов и меченых производных, используемых в качестве диагностич. и исследовательских биопрепаратов. Осн. путь синтеза – гликозилирование бензоилцерамидов  $RCH(OCOC_6H_5)CH(NHCOR')CH_2OH$  по Кенигса-Кнорра реакции. Наиб. стереоселективно с образованием β-аномера гликозилирование происходит в присут. цианида ртути. Другой подход – ацилирование психозина (сфингозил-β-галактозида), полученного при избират. гидролизе прир. Ц.

Типичными представителями Ц. головного мозга являются галактоцереброзиды на основе 4-сфингенина  $CH_3(CH_2)_{12}CH=CHCH(OH)CH(NH_2)CH_2OH$ : френозин [в общей ф-ле R' =  $C_{22}H_{45}CH(OH)$ ], т. пл. 195 °С; церазин (R' =  $C_{23}H_{47}$ ), т. пл. 182 °С; нервон [R' =  $CH_3(CH_2)_6CH=CHCH_2$ ], т. пл. 182 °С.

Лит.: Видершайн Г.Я., Биохимические основы гликозидозов, М., 1980; см. также лит. при ст. Церамиды. Е.Н. Звонкова.

**ЦЕРЕВИТИНОВА МЕТОД** (Чугаева-Церевитинова метод), способ определения активного (подвижного) водорода в орг. соединениях. Р-р исследуемого соед. в абс. диэтиловом или диизоамиловом эфире, анизоле либо пиридине смешивают с реактивом Гриньяра ( $RH + CH_3MgI \rightarrow RMgI + CH_4$ ); объем выделившегося метана измеряют в бюретке, наполненной ртутью. Метод применяют для определения спиртов, фенолов, тиолов, карбоновых к-т, аминов, монозамещенных производных ацетилена и т. п. Точность определения 3–5%. Метод не специфичен, т. к. активный водород содержат мн. в-ва, в т. ч. вода.

Ц. м. имеет в осн. историч. значение. Разработан Ф. В. Церевитиновым (совместно с Л. А. Чугаевым) в 1902–07.

Лит.: Губен-Вейль, Методы органической химии, пер. с нем., 4 изд., т. 2, М., 1963, с. 307; Терентьев А.П., Органический анализ, М., 1966, с. 136–66.

**ЦЕРЕЗИН**, смесь твердых предельных углеводородов состава  $C_{36}$ – $C_{55}$ , преим. разветвленных алифатических. Воскообразное в-во от белого до коричневого цвета; мол. м. 500–700; т. пл. (каплепад.) 65–85 °С; не раств. в воде и спиртах, хорошо раств. в бензине, ограниченно – в минер. маслах. По сравнению с парафином обладает меньшей хим. устойчивостью, а также большей вязкостью и способностью загущать масла, что обусловлено его мелкокристаллич. структурой. Выделяют из озокерита (с послед. очисткой  $H_2SO_4$  и отбеливающими глинами), петролатума, «парафиновых пробок» (отложений,

образующихся в трубопроводах при добыче и перекачивании нефти), а также из смеси продуктов синтеза на основе CO и  $H_2$  (синтетич. высокоплавкий Ц. в осн. нормального строения). Применяют как компонент пластичных смазок, изоляц. материал в электро- и радиотехнике; в смеси с парафином (т. наз. церезиновая композиция, т. пл.  $\geq 56$  °С) для изготовления свечей, мастик, пропитки упаковочных материалов; особо чистые сорта – в произ-ве косметич. кремов, оболочек для сыра и др.

Лит.: Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Справочное изд., под ред. В.М. Школьниковой, М., 1989, с. 407–08.

**ЦЕРИЙ** (от назв. малой планеты Цереры, открытой незадолго до церия; лат. Cerium) Ce, хим. элемент III гр. периодич. системы; относится к редкоземельным элементам (цериевая подгруппа лантаноидов), ат. н. 58, ат. м. 140,12. В природе 4 стабильных нуклида:  $^{136}\text{Ce}$  (0,19%),  $^{138}\text{Ce}$  (0,25%),  $^{140}\text{Ce}$  (88,48%),  $^{142}\text{Ce}$  (11,08%). Поперечное сечение захвата тепловых нейтронов  $0,6 \cdot 10^{-28} \text{ м}^2$ . Конфигурация внеш. электронных оболочек атома  $4f^2 5s^2 5p^6 6s^2$ ; степени окисления +3, реже +4; энергия ионизации при последоват. переходе от  $\text{Ce}^0$  к  $\text{Ce}^{4+}$  5,47, 10,85, 20,198 и 36,758 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,12; атомный радиус 0,183 нм, ионные радиусы (в скобках даны координац. числа)  $\text{Ce}^{3+}$  0,115 (6), 0,121 (7), 0,128 (8), 0,134 (9), 0,139 (10), 0,148 нм (12),  $\text{Ce}^{4+}$  0,101 (6), 0,111 (8), 0,121 (10), 0,128 (12) нм.

Содержание в земной коре  $7 \cdot 10^{-3}\%$  по массе, в морской воде  $1,3 \cdot 10^{-6}$  мг/л. Ц. наиб. распространен среди легких лантаноидов, поэтому подгруппу элементов от La до Eu наз. цериевой. Вместе с др. РЗЭ содержится в монаците, бабнезит, апатитах и др. минералах. В них содержание Ц. колеблется в интервале 25–55% от суммарного кол-ва РЗЭ.

**Свойства.** Ц. – серебристо-белый металл; известно 4 кристаллич. модификации: ниже 95 К существует кубич. α-форма со структурной типой Cu,  $a = 0,485$  нм,  $z = 4$ , пространств. гр.  $Fm\bar{3}m$ ; в интервале 95–264 К – гексагон. β-форма с решеткой типа La,  $a = 0,3673$  нм,  $c = 1,1802$  нм,  $z = 4$ , пространств. гр.  $P6_3/mmc$ ; в интервале 263–1035 К – γ-форма с кубич. решеткой типа Cu,  $a = 0,51612$  нм, пространств. гр.  $Fm\bar{3}m$ ; выше 1035 К существует δ-форма с кубич. решеткой типа α-Fe,  $a = 0,412$  нм,  $z = 2$ , пространств. гр.  $Im\bar{3}m$ . Т. пл. 798 °С, т. кип. 3467 °С; плотн. α-Ce 8,23 г/см<sup>3</sup>, β-Ce 6,66 г/см<sup>3</sup>, γ-Ce 6,768 г/см<sup>3</sup>, δ-Ce 6,70 г/см<sup>3</sup>, т-ра перехода  $\gamma \rightleftharpoons \alpha$  300 К при давлении 10<sup>3</sup> МПа;  $C_p^0$  26,94 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{возг}}$  417,1 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  5,23 кДж/моль (1077 К),  $\Delta H_{\text{исп}}$  409 кДж/моль (3720 К);  $S_{298}^0$  71,5 Дж/(моль·К); давление пара  $1,06 \cdot 10^5$  Па (2000 К); температурный коэф. линейного расширения  $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$ ,  $\rho$   $75,3 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ; теплопроводность  $11,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$  при 291 К; магн. восприимчивость  $+17,30 \cdot 10^{-9}$ ; точка Нееля 12,5 К; модуль упругости 30,58 ГПа, модуль сдвига 12,23 ГПа; коэф. Пуассона 0,248;  $\sigma_{\text{разг}}$  123 МПа; относит. удлинение 32,6%. Ц. – ковкий и вязкий металл, при комнатной т-ре без нагревания легко куется (инертная атмосфера) и прессуется, легко поддается мех. обработке (инертная атмосфера).

На воздухе компактный Ц. окисляется за неск. суток, причем кусок рассыпается, образуя серый порошок гидратированных карбонатов. При нагр. на воздухе компактный Ц. загорается при 160–180 °С, порошок пирофорен. Ц. разлагает воду при кипячении, раств. в минеральных к-тах, относительно устойчив к действию щелочей. Бурно взаимодей. с галогенами, халькогенами, азотом, углеродом с образованием производных Ce(III) или Ce(IV).

Ионы Ce(III) в водном р-ре относительно устойчивы, но окислителями (особенно в щелочной среде) способны переводиться в Ce(IV).

Химия Ce(III) весьма сходна с таковой для др. РЗЭ, а также с химией актиноидов(III). Для Ce(IV) известны разнообразные комплексные соед., в т. ч. с ацидологандами ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ), похожие по св-вам на аналогичные производные Th(IV). Ион  $\text{Ce}^{4+}$  – сильный окислитель (стандартный электродный потенциал  $\text{Ce}^{IV}/\text{Ce}^{III}$  1,66 В), что широко используется в титриметрич. определении восстановителей (церимет-



## ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦЕРИЯ

Показатель	CeO <sub>2</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> [Ce(NO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub> ]	BaCeO <sub>3</sub>	Cs[CeCl <sub>6</sub> ]	CeF <sub>4</sub>	CeF <sub>3</sub>
Цвет	Светло-желтый	Оранжево-красный	Бесцв.	Желтый	Бесцв.	Бесцв.
Сингония	Кубич.	Моноклинная	Ромбич.	Ромбоэдрич.	Моноклинная	Тригон.
Параметры решетки:						
a, нм	0,54110	1,3061	0,6212	0,7465	1,2625	—
b, нм	—	0,6842	0,6235	—	1,0589	—
c, нм	—	0,8183	0,8781	0,6029	0,8257	—
угол, град.	—	91,34	—	—	126,20	—
Число формульных единиц в ячейке	4	2	4	1	12	—
Пространств. группа	Fm3m	P2 <sub>1</sub> /n	Pbnt	P3n1	C2/c	P3C1
$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	-1090,4	—	—	—	-1962	-1690,3

рии). Способность Ce(III) к переходу в форму Ce(IV) используют для экстракционной очистки Ц. от др. РЗЭ.

Соединения, содержащие Ce<sup>3+</sup>, бесцветны, ионы Ce<sup>4+</sup> желтые или желто-оранжевые. Комплексные соединения Ce(IV) с орг. лигандами окрашены более глубоко.

Диоксид CeO<sub>2</sub> (табл.) имеет т.пл. 2400 °С,  $C_p^0$  61,63 Дж/(моль·К),  $\Delta G_{обр}^0$  -1024,5 кДж/моль,  $S_{298}^0$  62,30 Дж/(моль·К); раств. в конц. HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в присут. HF, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> или ионов NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; с H<sub>2</sub> выше 800 °С реагирует и дает оксиды, содержащие одновременно Ce(III) и Ce(IV) (окраска от черной до фиолетовой). CeO<sub>2</sub> получают прокаливанием нитрата сульфата, оксалата, карбоната и др. соед. на воздухе выше 800 °С. Используют CeO<sub>2</sub> для полировки оптич. и техн. стекол, как компонент стекол, керамик (напр., оксидатов M<sup>IV</sup>CeO<sub>3</sub>, BaPbCeTiO<sub>3</sub>), как промезут. продукт при получении Ц. и его соединений. ПДК в воздухе рабочей зоны 5 мг/м<sup>3</sup>. Сесквиоксид Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> неустойчив, в присут. O<sub>2</sub> быстро окисляется с выделением большого кол-ва тепла.

Твердые комплексные нитраты Ce(IV) с орг. катионами при синтезе или хранении могут взрывать. Гекса н и т р а т о ц е р а т (IV) а м м о н и я (церий-аммонийнитрат) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>[Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>] раств. в воде, этаноле, эфирах: разлагается выше 180 °С, в р-рах HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> образует хлоронитратоцераты(IV), хлорсульфатоцераты(IV), легко разлагающиеся при нагр. с выделением соотв. Cl<sub>2</sub> или O<sub>2</sub>. Получают при р-нении CeO<sub>2</sub> в конц. HNO<sub>3</sub> в присут. NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> и кипячении с послед. экстракцией диэтиловым эфиром и кристаллизацией из этого р-ра. Используют при получении разл. соединений Ц., а также как промезут. продукт при отделении Ц. от др. РЗЭ.

Ц е р а т (IV) б а р и я BaCeO<sub>3</sub> не раств. в воде и орг. р-рителях; получают взаимод. оксидов Ва и Сл при 1000 °С в атмосфере O<sub>2</sub>; используют в качестве основы для керамич. материалов радиоэлектроники.

Г е к с а х л о р о ц е р а т (IV) ц е з и я Cs<sub>2</sub>CeCl<sub>6</sub> раств. в конц. HCl, мало раств. в воде, но медленно разлагается; получают осаждением ионами Cs<sup>+</sup> из этанольного р-ра H<sub>2</sub>CeCl<sub>6</sub> или из водного р-ра церий-аммонийнитрата в HCl; применяют при анализ. определении цезия (весовая форма), при разделении щелочных металлов методом осаждения (коэф. разделения Cs/Rb 66, Cs/K 3000, Cs/Na 5000).

Т е т р а ф т о р и д CeF<sub>4</sub> при взаимод. с водой гидролизует; выше 700 °С в вакууме сублимирует без разложения; окисляется, реагирует при нагр. с орг. соединениями, в т.ч. при 150–200 °С с фторопластами; получают при обработке Ce, CeF<sub>3</sub>, CeCl<sub>3</sub>, CeO<sub>2</sub>, Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, фтором, ClF<sub>3</sub>, BrF<sub>3</sub>, XeF<sub>2</sub> и др. выше 200–250 °С; фторирующий реагент в орг. синтезе, используется в пиротехн. составах.

Т р и ф т о р и д CeF<sub>3</sub> при действии воды образует гидраты; получают р-цией CeO<sub>2</sub> с HF при 500 °С, термич. разложением (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CeF<sub>6</sub>·nH<sub>2</sub>O при 300–330 °С, CeF<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O – при 390–400 °С; применяют для получения Ц. металлотермич. способом.

**Получение и применение.** Выделяют Ц. из прир. смеси РЗЭ экстракцией и хроматографией. В одной из технол. схем исходные оксиды РЗЭ, значит. часть к-рых (до 70%) приходится на CeO<sub>2</sub>, кипятят в конц. HNO<sub>3</sub> в присут. NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Образующийся при этом церий-аммонийнитрат экстрагируют

[напр., с помощью бис-(2-этилгексилового) эфира фосфорной к-ты] и из экстракта выделяют CeO<sub>2</sub>.

Ц. используют в произ-ве пироксидов сплавов, в т.ч. для трассирующих боеприпасов. Ц. – компонент ферроцерия и мишметалла (применяют в произ-ве пироксидов сплавов, как раскислители и десульфураторы в черной металлургии), лигатур (для модификации сплавов Al и Mg); порошок Ц. используют в качестве геттера.

Ц. (как смесь цериевых земель) открыли Й. Берцелиус и В. Хизингер в 1803, независимо от них – М. Клапрот (1803).

Лит. см. при ст. Редкоземельные элементы.

Л. И. Мартыненко, С. Д. Моисеев, Ю. М. Киселев.

**ЦЕТАНОВОЕ ЧИСЛО**, характеризует воспламеняемость и сгорание топлив в дизельных двигателях. Численно равно содержанию (% по объему) цетана (Ц. ч. этого соед. принято за 100) в его смеси с α-метилнафталином (Ц. ч. равно 0), при к-ром данная смесь эквивалентна по воспламеняемости исследуемому топливу в стандартных условиях испытаний. Напр., если испытываемое топливо в камере сгорания двигателя воспламеняется так же, как смесь 45% цетана и 55% α-метилнафталена, то такое топливо имеет Ц. ч. 45.

Ц. ч. определяется строением и содержанием углеводородов, входящих в состав топлива (см. *Дизельные топлива*). Наиб. высокие Ц. ч. характерны для парафиновых углеводородов нормального строения, минимальные – для ароматич. углеводородов (особенно для бициклических); с увеличением содержания последних Ц. ч. уменьшается. Для высококипящих фракций дизельных топлив Ц. ч., как правило, выше, чем для низкокипящих.

Испытания топлив на воспламеняемость проводят на спец. установке с одноцилиндровым двигателем, определяя длительность периода задержки воспламенения исследуемого образца после его впрыска в камеру сгорания. Для оценки Ц. ч. расчетным путем по разл. физ.-хим. показателям топлив (средняя т-ра кипения, групповой углеводородный состав, вязкость, плотность и др.) предложен ряд эмпирич. ф-л. Используя одну из них, находят т. наз. дизельный индекс (характеризует пусковые св-ва и испаряемость топлива):

$$ДИ = [(1,8t_{ан} + 32)(141,5 - 131,5 \rho_4^{15})] / 100 \rho_4^{15},$$

где  $t_{ан}$  – анилиновая точка, °С;  $\rho_4^{15}$  – плотн. топлива при 15 °С. Значениям ДИ соответствуют определенные значения Ц. ч.:

ДИ ...	20	30	40	50	62	70	80
Ц. ч. ...	30	35	40	45	55	60	80

Установлено, что углеводороды с высокими Ц. ч. обладают низкой детонац. стойкостью, т.е. чем выше *октановое число* топлива, тем ниже его Ц. ч. и наоборот. Добавление в дизельные топлива бензиновых фракций всегда приводит к снижению их Ц. ч. Для его повышения (на 8–12%) в топливо вводят в кол-вах 0,5–1,0% по массе спец. присадки, напр. изопропилнитрат.

Лит.: Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашкин В.Л., Химмотология, М., 1986, с. 137–40.

**ЦЕФАЛОСПОРИНЫ**, группа β-лактамовых антибиотиков, со структурой ф-лы I, в к-рых четырехчленное β-лактамовое кольцо сконденсировано с шестичленным, содержащим в положении один атом серы (собственно Ц.), кислорода (оксацефалоспорины), азота (азацефалоспорины) или углерода (карбоцефалоспорины). В медицине применяют полусинтетич. цефалоспориновые антибиотики (ПЦА; в ф-ле I X = S), к-рые получают ацилированием по аминогруппе соответствующих к-т: 7-аминоцефалоспороновой (7-АЦК; ф-ла I, R = NH<sub>2</sub>, R' = CH<sub>2</sub>OCOSCH<sub>3</sub>), 7-аминодезацетоксицефалоспороновой (7-АДЦК; ф-ла I, R = NH<sub>2</sub>, R' = CH<sub>3</sub>), 7-аминооксоцефалоспороновой (ф-ла II), 7-аминометилцефалоспороновой (ф-ла III). Антимикробной активностью обладают производные Δ<sup>3</sup>-изомера цефалоспороновых к-т, Δ<sup>2</sup>-изомеры неактивны. Наиб. применение нашли антибиотики на основе 7-АЦК и 7-АДЦК, к-рые получают из прир. источников - соотв. хим. дезацилированием Ц, С [ф-ла I; R = NHCO(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CH(COOH)NH<sub>2</sub>, R' = CH<sub>2</sub>OCOSCH<sub>3</sub>] и р-циями трансформации (неск. хим. и одна ферментативная) бензилпенициллина. При синтезе антибиотиков на основе 7-АЦК стадии ацилирования может предшествовать введение заместителей в положение 3.

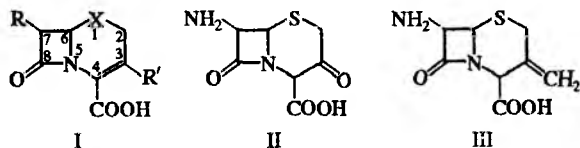


Табл. 1.- ВАЖНЕЙШИЕ ЦЕФАЛОСПОРИНЫ 1-го И 2-го ПОКОЛЕНИЙ

Антибиотик	R	R'
ПЦА 1-го поколения		
Цефалотин		-CH <sub>2</sub> OCOSCH <sub>3</sub>
Цефалоридин (цефогрин)	То же	-CH <sub>2</sub> -
Цефазолин	-CH <sub>2</sub> -	-CH <sub>2</sub> S-
Цефалексин (цефорекс)	-CH-	-CH <sub>3</sub>
Цефалор	То же	-Cl
Цефалорексин	-CH-	-CH <sub>3</sub>
Цефтриаксин	То же	-CH <sub>2</sub> S-
ПЦА 2-го поколения		
Цефамандол	-CH-	-CH <sub>2</sub> S-
Цефуросим	-C(=O)-	-CH <sub>2</sub> OCOSNH <sub>2</sub>

По сравнению с пенициллином ПЦА обладают более широким спектром антимикробного действия, большей устойчивостью к действию β-лактамаз (ферменты бактериального происхождения, разрывающие β-лактамовый цикл), меньшей аллергенностью. В зависимости от антибактериальных св-в их можно разделить на неск. групп: ПЦА 1-го, 2-го и 3-го поколений. ПЦА 1-го поколения (табл. 1) обладают широким спектром антимикробного действия, однако мало эффективны в отношении мн. грамотрицательных бактерий и, что особенно важно, неактивны по отношению к синегнойной палочке.

ПЦА 2-го поколения (табл. 1) отличаются большей устойчивостью к действию β-лактамаз, высокоэффективны в отношении мн. грамотрицательных микроорганизмов. Осн. недостаток - неэффективность в отношении синегнойной палочки. Наиб. применение в медицине нашли цефамандол и цефуросим. Среди ПЦА 2-го поколения можно выделить соед., имеющие в положении 7 метоксигруппу (табл. 2). Эти ПЦА активны в отношении микроорганизмов, способных вырабатывать β-лактамазы. Их получают в пром-сти микробиол. синтезом или хим. метоксилированием соответствующих предшественников.

Табл. 2.- ЦЕФАЛОСПОРИНЫ 2-го ПОКОЛЕНИЯ - ПРОИЗВОДНЫЕ 7-МЕТОКСИ-АЦК

Антибиотик	R	R'
Цефокситин	-CH <sub>2</sub> -	-CH <sub>2</sub> OCOSNH <sub>2</sub>
Цефметазол	-CH <sub>2</sub> SCH <sub>2</sub> C=N	-CH <sub>2</sub> S-
Цефбуперазон		То же

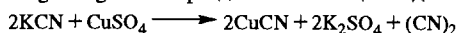
Табл. 3.- ВАЖНЕЙШИЕ ЦЕФАЛОСПОРИНЫ 3-го ПОКОЛЕНИЯ

Антибиотик	R	R'
Цефотаксим	-CH <sub>3</sub>	-CH <sub>2</sub> OCOSCH <sub>3</sub>
Цефменоксим	То же	-CH <sub>2</sub> S-
Цефтриаксон	»	
Цефтазидим	-C(=O)-	-CH <sub>2</sub> -
Цефиксим	-CH <sub>2</sub> COOH	-CH=CH <sub>2</sub>

Табл. 4.— N-АЦИЛИРОВАННЫЕ АРИЛГЛИЦИЛЦЕФАЛОСПОРИНЫ 3-го ПОКОЛЕНИЯ

Антибиотик	R	R'
Цефоперазон		
Цефтириамид		

$\text{NO}_2$ . В небольших кол-вах Ц, получают термич. разложением цианидов Ag и Hg либо при действии на цианиды солей Cu:



Ц.— реагент в орг. синтезе, сырье для получения оксамида и этилендиамина, горючее для газовой резки и сварки металлов (т-ра пламени 4800 К).

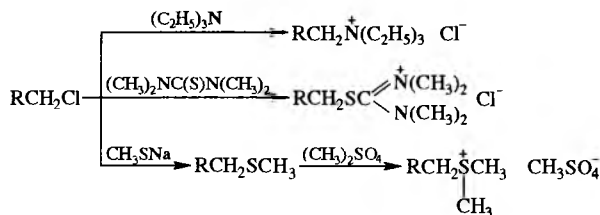
Ц, горюч; т. самовоспл. 850 °С; КПВ 6–32% (по объему). Ядовит, по токсичности Ц, несколько уступает HCN и ее солям — цианидам. Обладает раздражающим действием.

Лит.: Бобков С. С., Смирнов С. К., Синильная кислота, М., 1970; Химия псевдогалогенидов, пер. с нем., К., 1981. С. К. Смирнов.

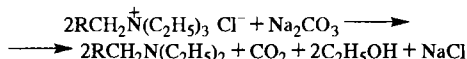
**ЦИАНАЛЫ** (алцианы), принятое в России назв. водорастворимых красителей, содержащих ониевые (аммониевые, тиурониевые или сульфониевые) группы. Обладают сродством к целлюлозному волокну.

Ц, стабильны в сухом виде и в водных р-рах в нейтральной и кислой средах. Легко м. б. выделены из водного р-ра  $\text{ZnCl}_2$ . В принципе любые красители (напр., кубовые) введением указанных групп м. б. превращены в растворимые производные типа Ц.

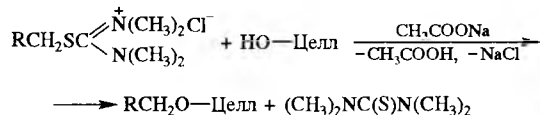
Получают Ц, хлорметилированием нерастворимого красителя (последний обрабатывают  $\text{ClCH}_2\text{OCH}_2\text{Cl}$  либо  $\text{CH}_2\text{O}$  и HCl), полученное  $\omega$ -хлорметильное производное (обычно достаточно двух групп  $\text{CH}_2\text{Cl}$ ) вводит в р-цию с третичным амином, тетраалкилтиомочевинной или алкантиолом с послед. алкилированием диалкилсульфатом:



Ц, применяют при гладком крашении и печати. После крашения волокно обрабатывают р-ром соды, а после печатания — печатным составом, в к-рый кроме Ц, входят молочная или уксусная к-та и ацетат Na; фиксацию окрасок проводят запариванием. При этом ониевые соли распадаются с образованием нерастворимого красителя, прочно закрепляющегося на волокне, напр.:



В случае тиурониевых солей также получается нерастворимый краситель либо эти соли подобно активным красителям связываются с гидроксигруппами субстрата (напр., с целлюлозой — Целл—OH) после отщепления тиурониевых групп:



Наиб. значение имеют Ц, на основе фталоцианина меди, напр. Ц, голубой 43 (см. Фталоцианиновые красители). Для его получения хлорметилирование проводят действием параформа в хлорсульфоновой к-те с последующей обработкой тетраметилтиомочевинной. Краситель дает яркую голубую окраску с зеленоватым оттенком (в зависимости от кол-ва введенных хлорметильных групп оттенки меняются) и применяется при печати на тканях из целлюлозных волокон, иногда совместно с кубовыми красителями. Выпускается в виде водной пасты.

Лит.: Степанов Б. И., Введение в химию и технологию органических красителей, 3 изд., М., 1984, с. 536. В. Л. Солодарь.

ПЦА 3-го поколения высокоактивны в отношении большинства грамотрицательных микроорганизмов, включая синегнойную палочку, высокоустойчивы к действию  $\beta$ -лактамаз. Одна подгруппа ПЦА 3-го поколения имеет в положении 7 аминотиазольный фрагмент (табл. 3); активны Z-изомеры, E-изомеры практически не обладают антимикробной активностью. Цефтазидим превосходит цефотаксим до активности в отношении синегнойной палочки.

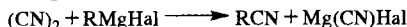
К др. подгруппе ПЦА 3-го поколения относятся N-ацилированные арилглицильные производные 7-АЦК (табл. 4). Осн. преимущество этих Ц.— резкое увеличение активности в отношении синегнойной палочки. Осн. представитель — цефоперазон.

ПЦА применяют в виде инъекций (обычно используют натриевые соли) или перорально (таблетки, капсулы, сиропы).

Лит.: Topics in antibiotic chemistry, ed. by P. Sammes, v. 4, N. Y., 1980; «Angew. Chem. Int. Ed. Engl.», 1985, № 24, p. 180–202. Е. Я. Зинченко.

**ЦИАН** (дициан, динитрил щавелевой к-ты, оксалодинитрил)  $\text{NC}\equiv\text{CN}$ , мол. м. 52,035; бесцв. газ с резким запахом. Молекула Ц, линейна; длина связи  $\text{C}—\text{C}$  0,1368 нм,  $\text{C}\equiv\text{N}$  0,1157 нм; т. пл. –27,83 °С, т. кип. –21,15 °С;  $d_4^{26,89}$  0,9577; давление пара (кПа): 13,3 (–51,5 °С), 73,6 (–27,83 °С); ур-ние температурной зависимости давления пара:  $\lg p$  (мм рт. ст.) = 9,858 – 1744,7/T (177–250 К);  $p_{\text{крит}}$  5,883 МПа (5,82 МПа),

$t_{\text{крит}}$  126,6 °С; для газа:  $C_p^0$  57,08 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  309,1 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{слор}}^0$  –1,096 МДж/моль,  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  23,33 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  8,108 кДж/моль;  $\gamma$  жидкого 22,82 мН/м (–25 °С), 15,82 мН/м (16,25 °С). Ограниченно раствор. в воде (0,92% по массе при 20 °С), лучше — в этаноле (7,11% при 20 °С),  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (15,05% при 20 °С). В водном р-ре постепенно гидролизуетс с образованием  $(\text{NH}_4\text{OOC})_2$ , HCN,  $\text{NH}_3$  и  $\text{CO}_2$ . Для Ц, характерны св-ва псевдогалогенов; подобно, напр., хлору, Ц, взаимодей. с водными р-рами щелочей  $(\text{CN})_2 + 2\text{KOH} \longrightarrow \text{KCN} + \text{KCNO} + \text{H}_2\text{O}$ . С металлами образует комплексные соед., напр.  $(\text{CN})_2 \cdot 2\text{CuCl}$ , с реактивом Гриньяра — нитрилы:

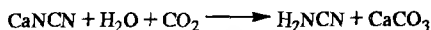


В чистом виде Ц, устойчив, но в присут. разл. примесей при 300–500 °С превращается в аморфный полимер — парадиан  $(\text{CN})_n$ , где  $n = 2000$ –3000, имеющий полициклич. пирозиную структуру. Парадиан м. б. превращен в Ц, при 800–850 °С в атмосфере  $\text{N}_2$ . При нагр. выше 1000 °С Ц, диссоциирует на циано-радикалы  $\cdot\text{CN}$  (энергия диссоциации 468,6 кДж/моль), к-рые весьма устойчивы и спектроскопически обнаружены даже в атмосфере Солнца.

Получают Ц, в крупных масштабах методами, основанными на каталитич. окислении HCN при 200–400 °С  $\text{O}_2$  воздуха или

**ЦИАНАМИД** (нитрил карбаминовой к-ты)  $\text{H}_2\text{NC}\equiv\text{N}$ , мол. м. 42,04; бесцв. гигроскопичные кристаллы ромбич. сингонии; т. пл.  $46^\circ\text{C}$  (с разл.), т. кип.  $140^\circ\text{C}/19$  мм рт. ст.;  $d_4^{25}$  1,0729;  $n_D^{25}$  1,4418; ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $9,785 - 3580/T$  ( $293-393$  K),  $S^\circ$  2,288 Дж/(моль·K);  $\Delta H_{\text{соед}}^\circ$  58,77 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{сгор}}^\circ$  -737,9 кДж/моль; слабая к-та ( $K_a$   $5,4 \cdot 10^{-11}$ ). Легко раств. в воде ( $\Delta H_{\text{р-раств}}^\circ$  15,05 кДж/моль), этаноле, диэтиловом эфире и бензоле. При действии HCl образует  $[\text{H}_2\text{NC}(\text{Cl})] = [\text{NH}_2]^+\text{Cl}^-$ , при действии HCl и спирта -  $[\text{H}_2\text{NC}(\text{OR})] = [\text{NH}_2]^+\text{Cl}^-$ , в присут. к-т гидролизует до мочевины ( $\text{H}_2\text{N})_2\text{CO}$ . Реагирует с  $\text{HN}_3$ , давая 5-аминотетразол, с  $\text{H}_2\text{S}$  - тиомочевину ( $\text{H}_2\text{N})_2\text{C}=\text{S}$ . Ц. образует соли со мн. металлами, напр., цианамид натрия  $\text{NaNHCN}$ , к-рый используют для получения замещенных Ц., среди к-рых известны производные как аминонитрильной структуры, так и изомерной диимидной:  $\text{H}_2\text{N}-\text{C}\equiv\text{N} \rightleftharpoons \text{HN}=\text{C}=\text{NH}$ . На взаимод. групп  $\text{NH}_2$  и  $\text{CN}$  в Ц. при нагр. выше т-ры плавления основан пром. синтез *дициандиамида* и *меламина*.

В пром-сти Ц. получают действием  $\text{H}_2\text{SO}_4$  на цианамид кальция  $\text{CaNCN}$  либо его карбоксилированием в водной среде:



Ц. производят гл. обр. в виде 25–50%-ных водных р-ров, стабилизированных  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . Ц. - сырье в произ-ве дициандиамида, меламина, тиомочевины и нитрогуанидина. Замещенные Ц. - промежут. продукты в синтезе пестицидов.

Ц. горюч, т. всп.  $126^\circ\text{C}$ . Токсичен, ЛД<sub>50</sub> 150 мг/кг (кролики, перорально). У человека Ц. вызывает головные боли, головокружение, покраснение кожи, конъюнктивиты; ПДК в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

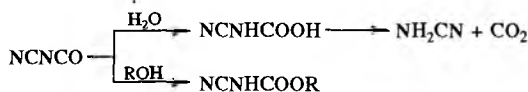
Лит.: Зильберман Е.Н., Реакции нитрилов, М., 1972; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 7, N. Y., 1979, p. 291–99. С. К. Смирнов.

**ЦИАНАТЫ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ**, содержат группу  $\text{NCO}$ . Цианаты (Ц.) бывают простые - соли *циановой кислоты*  $\text{HNCO}$  и комплексные. Молекулы Ц. относятся к *нежестким молекулам*. Координация цианат-иона с ионом металла осуществляется преим. через атом азота. Т. обр., цианаты существуют в осн. в изоформе - в виде *изоцианатов*. Название Ц. сохранилось, т. к. ранее этим соед. приписывали строение  $\text{M}(\text{OCN})_n$ , где  $\text{M}$  - металл. Орг. производные, содержащие группу  $\text{NCO}$ , наз. *изоцианатами*, они также существуют в изоформе. Ц. наз. также псевдогалогенидами (см. *Галогены*). Неустойчивость водного р-ра  $\text{HNCO}$  и склонность цианат-ионов к образованию малорастворимых двойных Ц. является препятствием в синтезе простых Ц. мн. металлов.

Ц. щелочных и щел.-зем. металлов, в отличие от Ц. тяжелых металлов, раств. в воде. Ц. аммония при нагр. разлагается с образованием мочевины, Ц. натрия слабо разлагается при  $600^\circ\text{C}$  в присут. Fe или Ni, давая цианид и карбонат Na, CO и  $\text{N}_2$ . Ц. калия при  $700-900^\circ\text{C}$  разлагается до KCN, в присут.  $\text{CuO}$  энергично окисляется при нагревании. Ц. щелочных металлов и аммония гидролизуются во влажном воздухе и водных р-рах с образованием карбонатов, аммиака и  $\text{CO}_2$ . Ц. калия и натрия с минер. к-тами дают  $\text{HNCO}$ , с мочевиной - биурет  $\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$ , к-рый, в свою очередь, реагируя с Ц., дает цианураты и аммиак.

Ц. щелочных и щел.-зем. металлов получают: окислением соответствующих цианидов  $\text{O}_2$  воздуха в присут. Ni, PbO,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  и др.; взаимод. мочевины с карбонатами металлов в полярных орг. р-рителях; окислением цианидов  $\text{H}_2\text{O}_2$  в спиртово-щелочной среде; взаимод. щелочных металлов с  $\text{AgNCO}$  в ТГФ в присут. нафталина или с циануровой к-той при  $550^\circ\text{C}$  (LiNCO). Ц. аммония получают: взаимод. эфирных р-ров  $\text{NH}_3$  и  $\text{HNCO}$ ; действием  $\text{AgNCO}$  на  $\text{NH}_4\text{Cl}$  или р-цией мочевины с соответствующим карбонатом.

Ц. элементов гр. IIIA–VIIA получают р-цией обмена  $\text{AgNCO}$  и галогенида соответствующего элемента в орг. р-рителе (бензол, ТГФ, этанол, ацетон и др.). Обменной р-цией  $\text{LiCN}$  и  $\text{AgNCO}$  синтезируют цианат циана  $\text{NCNCO}$ , к-рый легко подвергается гидролизу или алкоголизу:



Сплавлением  $\text{PbO}$  с мочевиной при  $400-450^\circ\text{C}$  получают Ц. свинца  $\text{Pb}(\text{NCO})_2$ .

Для непереходных металлов известны гомолигандные анионные комплексы лишь для Ga, In, Sn и Pb, к-рые получают совместной кристаллизацией Ц. металла и Ц. тетраметиламмония или K в полярных орг. р-рителях, напр.  $[(\text{CH}_3)_4\text{N}]_3[\text{Ga}(\text{NCO})_6]$ . Образующиеся кристаллич. продукты хорошо раств. в полярных р-рителях. Аналогично получают гетеролигандные координац. соед. при совместной кристаллизации  $\text{KNCS}$  и соответствующих Ц. металлов в полярных р-рителях, напр.  $\text{K}_3[\text{Ga}(\text{NCO})_3(\text{NCS})_3] \cdot \text{TГФ}$ . Полученные комплексы хорошо раств. в ДМСО, ДМФА, этаноле (кроме комплексов Pb), плохо - в ацетоне, диэтиловом эфире.

Ц. гл. обр. используют в орг. синтезе. Из Ц. аммония и щелочных металлов получают разл. производные мочевиной к-ты и мочевины. Уретаны, семикарбазид и его производные также синтезируют с использованием Ц. калия и натрия. Ц. щелочных металлов (напр., Na) применяют в качестве добавок к смесям в произ-ве разл. защитных покрытий для металлов.  $\text{Ca}(\text{NCO})_2$  используют в качестве удобрения. См. также *Калия цианат*, *Натрия цианат*.

Ц. значительно менее токсичны, чем цианиды, что используют для дезактивации последних окислением ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ ) до Ц. с послед. гидролизом.

Лит.: Химия псевдогалогенидов, пер. с нем., К., 1981, с. 123–54.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

**ЦИАНГИДРИНЫ**, см. *Оксинитрилы*.

**ЦИАНИДЫ**, неорг. соединения, содержащие группу  $\text{CN}$ . Различают простые Ц. - соли *синильной кислоты*  $\text{HCN}$  и нек-рые др. (см. ниже) и комплексные. По характеру хим. связи между элементом и ионом  $\text{CN}^-$  делятся на ионные, ковалентные и координационные. Ц. наз. также псевдогалогенидами (см. *Галогены*). Орг. соед., содержащие группу  $\text{CN}$ , образуют два ряда производных - *нитрилы* и *изонитрилы*.

Молекулы простых Ц. относятся к *нежестким молекулам*. Ц. аммония, щелочных и щел.-зем. металлов - ионные соед., хорошо раств. в воде, а  $\text{NaCN}$  и  $\text{NH}_4\text{CN}$  раств. в этаноле. При повышенной т-ре Ц. щелочных и щел.-зем. металлов полностью гидролизуются. Водные р-ры Ц. вследствие гидролиза обладают сильноосновной р-цией. При технол. использовании для стабилизации в р-ры вводят в небольших концентрациях щелоч. При сплавлении или кипячении с серой или полисульфидами Ц. превращаются в тиоцианиды. Ц. щелочных металлов легко окисляются до цианатов при нагр. на воздухе или с легко восстанавливаемыми оксидами. При взаимод. Ц. щелочных и щел.-зем. металлов с галогенами образуются галогенцианиды. Действием  $\text{SO}_2$  при низкой т-ре на KCN получают цианосульфит калия  $\text{KSO}_2\text{CN}$ , р-р к-рого восстанавливает соли Ag и Au. Ц. щелочных металлов не изменяются при прокаливании без доступа воздуха, а Ц. щел.-зем. (особенно Ca) частично превращаются в цианамиды. Ц. щелочных металлов получают взаимод. щелочей с  $\text{HCN}$ , Ц. щел.-зем. - обменными р-циями и др. способами.

Ц. подгруппы Zn - диамагнитные в-ва. Получают их при введении ионов  $\text{CN}^-$  в р-р соли соответствующего металла. Наиб. устойчив Ц. ртути  $\text{Hg}(\text{CN})_2$ . Он хорошо раств. в воде (в отличие от Ц. др. тяжелых металлов), этаноле, жидком  $\text{NH}_3$ .

Среди Ц. р- и d-элементов известны Ц. подгруппы бора -  $\text{Al}(\text{CN})_3$ ,  $\text{AlH}(\text{CN})_2$ ,  $\text{In}(\text{CN})_3$  и др., подгруппы углерода -  $\text{Ge}(\text{CN})_4$ ,  $\text{Pb}(\text{CN})_2$  и др., азота -  $\text{P}(\text{CN})_3$ ,  $\text{As}(\text{CN})_3$ ,  $\text{Sb}(\text{CN})_3$ , кислорода -  $\text{S}(\text{CN})_2$ ,  $\text{Se}(\text{CN})_2$ ,  $\text{Te}(\text{CN})_2$  и др., а также Ц. галогенов (см. *Галогенцианиды*). Кроме этого, р- и d-металлы образуют разл. цианидные ацидокомплексы - гомо- и гетеролигандные (табл.).

Ц. металлов гр. Iб -  $\text{CuCN}$ ,  $\text{AgCN}$  и др., не раств. в воде, образуются при введении ионов  $\text{CN}^-$  в водные р-ры солей. Дают устойчивые гомолигандные комплексные соед., содержащие от 2 до 4 лигандов  $\text{CN}^-$ , а также гетеролигандные

## КОМПЛЕКСНЫЕ ЦИАНИДЫ

Комплекс	Центральный ион металла М
$[M(CN)_2]^-$	Cu(I), Ag(I)
$[M(CN)_3]^{n-}$	Cu(I), Ag(I), Mn(I), Ni(II), $n=2$ ; Zn(II), Hg(II), Cd(II), $n=1$
$[M(CN)_4]^{n-}$	Cu(I), Ag(I), $n=3$ ; Zn(II), Cd(II), Mg(II), Cu(II), Ni(II), Pd(II), Pt(II), $n=2$ ; Fe(III), Au(III), $n=1$
$[M(CN)_5]^{n-}$	Mo(IV), $n=1$
$[M(CN)_6]^{n-}$	Mn(I), $n=5$ ; Cd(II), V(II), Cr(II), Mn(II), Fe(II), Co(II), Ru(II), Os(II), $n=4$ ; V(III), Cr(III), Mn(III), Fe(III), Rh(III), Ir(III), Co(III), $n=3$ ; V(IV), Pt(IV), $n=2$
$[M(CN)_8]^{n-}$	Mo(IV), W(IV), $n=4$ ; Mo(V), W(V), $n=3$

комплексные соединения. Для металлов гр. ШБ известны Ц. лантаноидов состава  $M(CN)_3$ , где M—Ce, Pr, Sm, Eu, Ho, Yb и  $M(CN)_2$ , где M—Sm, Eu, Yb, а также комплексные Ц. урана, напр.  $K_2[UO_2(CN)_4]$ . Простые Ц. металлов подгруппы Тi неизвестны.

Среди Ц. металлов гр. VB наиб. известны соед. V, образующего простой Ц. и разл. комплексы с лигандом  $CN^-$ . Для Nb(V) известны только гетеролигандные координационные Ц. При взаимодействии  $NbCl_5$  с HCN в диэтиловом эфире образуется  $NbCl_4(CN) \cdot (C_2H_5)_2O$ . Среди координац. соед. на основе цианидов Cr, Mo, W наиб. стабильны производные Cr(III), Mo(IV), W(IV) и W(V), напр.  $K_3[Cr(CN)_6]$ , к-рый получают действием избытка KCN на ацетат Cr(III) в водном р-ре. Для Mn(II) синтезированы Ц. смешанного типа и комплексы с мостиковой группой CN.

Для металлов семейства Fe известны простые Ц. общей ф-лы  $M(CN)_2$ , где M—Fe, Co, Ni, и комплексные, устойчивые в водных р-рах. Многочисленную группу соед. составляют соли гексацианоферратной(II) к-ты  $H_4[Fe(CN)_6]$  (см. *Калия гексацианоферраты*), полученной в р-ре и твердом состоянии, напр.:  $K_4[Fe(CN)_6]$  (желтая кровавая соль),  $KFe[Fe(CN)_6]$  (р-римая берлинская лазурь) и  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$  — гексацианоферрат(II) железа(III) (нерастворимая берлинская лазурь), к-рые входят в состав пигмента *железная лазурь*. Октаэдрич. парамагн. ион  $[Fe(CN)_6]^{3-}$ , будучи более реакционноспособным, чем диамагнитный  $[Fe(CN)_6]^{4-}$ , ведет себя как сильный окислитель, особенно в щелочной среде. Напр., при взаимодействии  $K_3[Fe(CN)_6]$  (красная кровавая соль) с солями Fe(II) протекает окислит.-восстановит. р-ция:  $Fe^{2+} + [Fe(CN)_6]^{3-} \longrightarrow Fe^{3+} + [Fe(CN)_6]^{4-}$ . Образующаяся турбуллевая синь, как и берлинская лазурь, отделяет, в осн., гексацианоферрату(II) железа(III). Замена одного из CN-лигандов в октаэдрич. комплексе  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  на ацидогруппу или нейтральный лиганд ( $H_2O$ ,  $NH_3$ , CO, NO) приводит к образованию гетеролигандных соед., напр. пентацианонитрозильферрата(II) натрия (нитропруссид натрия) —  $Na_2[Fe(CN)_5(NO)] \cdot 2H_2O$ .

Простые Ц. платиновых металлов получены для Ru, Rh, Ir, Pd и Pt. Комплексные Ц. известны для всех платиновых металлов и характеризуются большей устойчивостью по отношению к р-циям гидролиза, окислит.-восстановит. р-циям, замещению группы CN, чем соед. Fe и Co.

Ц. в гальванотехнике используют для получения металлич. покрытий, напр. применяют  $Na_3[Cu(CN)_4]$ ,  $Na_2[Zn(CN)_4]$ ,  $K[Ag(CN)_2]$  и др. Обработка металлич. пов-стей, напр. Ti или его сплавов Ц. при 800 °C, улучшает их мех. и антикоррозионные св-ва благодаря образованию нитридов или карбидов (см. *Цианирование*). Многие Ц., в осн. координационные, используют в качестве катализаторов ряда хим. процессов, в произ-ве пигментов, малярных, типографских красок и др. См. также *Калия цианид*, *Натрия цианид*.

Простые Ц. — сильнейшие яды, вызывают удушье вследствие паралича тканевого дыхания, что приводит к сердечной недостаточности.

Лит.: *Химия псевдогалогенидов*, пер. с нем., К., 1981, с. 45–122.

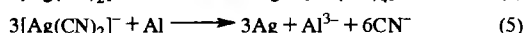
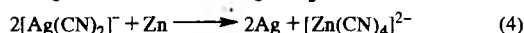
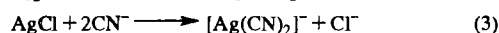
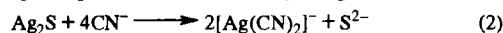
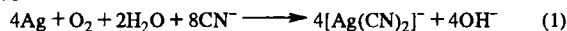
С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

**ЦИАНИНОВЫЕ КРАСИТЕЛИ**, см. *Метиновые красители*.  
**ЦИАНИРОВАНИЕ**, 1) насыщение поверхностных слоев стальных изделий одновременно углеродом и азотом при нагр. в расплаве, содержащем цианид, напр. цианплав, NaCN или KCN. Один из способов *химико-термической обработки* металлов. Проводят Ц. обычно в ваннах печах. При Ц. на грани-

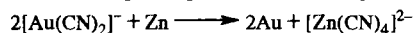
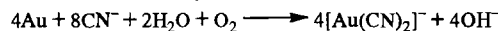
це раздела внеш. химически активной среды с пов-стью металла образуются C и N в атомарном состоянии, к-рые затем диффундируют в поверхностные слои металла. Образующиеся при этом твердые р-ры, карбидные и нитридные фазы резко отличаются по св-вам от железа. Глубина диффузии элементов возрастает с повышением т-ры и продолжительности процесса. Применяют Ц. для повышения поверхностной твердости, износостойкости и усталостной прочности стальных изделий.

Лит.: Дубинин Г. Н., в сб.: *Защитные покрытия на металлах*, в. 10, К., 1976, с. 12–17.

2) Извлечение серебра и золота из руд селективным выщелачиванием р-рами цианидов, обычно NaCN. При цианидном выщелачивании серебряных руд (содержат Ag,  $Ag_2S$ , AgCl, а также смешанные сульфиды  $Ag_3SbS_3$  и  $Ag_3AsS_3$ ) процесс состоит в растворении с образованием комплексного цианида Ag (ур-ния 1–3) и послед. осаждении Ag цинком или алюминием (ур-ния 4,5):



При цианидном выщелачивании золотых руд процесс аналогичен вышеописанному:



Для осаждения серебра и золота наряду с порошком Zn используют ионообменные смолы и активные угли.

Лит.: *Благородные металлы. Справочник*, под ред. Е. М. Савицкого, М., 1984.

3) Введение цианогруппы CN в молекулу хим. соед.; способ получения *нитрилов*. Осн. методы: замещение атома H либо др. атома или группы атомов на цианогруппу; *Кольбе-реакции*; превращение ароматич. бромидов в нитрилы под действием  $SnCN$  (Розенмунда–Брауна р-ция); присоединение HCN по кратной связи; окислительное Ц.; замена лиганда в комплексном соед. на цианогруппу.

Лит.: Мищенко Г. Л., Вадура К. В., *Синтетические методы органической химии*, М., 1982, с. 397.

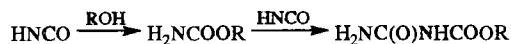
С. К. Смирнов.

**ЦИАНИСТЫЙ ВОДОРОД**, то же, что *синильная кислота*.  
**ЦИАНОВАЯ КИСЛОТА** (цианатная к-та)  $HOC \equiv N$ , в своб. виде существует в виде изоформы (изоциановая к-та)  $NN=C=O$ , мол. м. 43,03; бесцв. жидкость с резким запахом, напоминающим запах уксусной к-ты; т. пл. от –81 до –79 °C, кристаллы ромбич. сингонии ( $a=1,082$  нм,  $b=0,552$  нм,  $c=0,357$  нм,  $z=4$ , пространств. группа *P6mm*); т. кип. 23,5 °C; давление пара 36,13 кПа (273,16 K);  $d_4^{20} 1,140$ ;  $C_p 44,77$  Дж/(моль·K) (300 K);  $\Delta H_{обр}^0 -153,3$  кДж/моль,  $\Delta H_{вещ} 28,4$  кДж/моль,  $S_{298}^0 238,5$  Дж/(моль·K). Сильная к-та,  $K_a$  (водный р-р, 25 °C)  $1,9 \cdot 10^{-4}$ . Образует соли, имеющие пл. обр. изостроение (см. *Цианаты неорганические*).

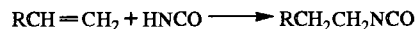
С  $NH_3$  Ц. к. дает цианат аммония  $NH_4NCO$ , при нагр. превращающийся в мочевины  $(H_2N)_2CO$ . В водных р-рах Ц. к. гидролизуется:



Разб. р-ры Ц. к. в диэтиловом эфире, бензоле и толуоле устойчивы в течение длит. времени. В спиртовом р-ре Ц. к. превращается в эфиры аллофановой к-ты:



При недостатке Ц. к. продуктом р-ции является уретан. С ненасыщенными соед. образует изоцианаты:



При  $t$ -ре ниже  $150^\circ\text{C}$  Ц. к. полимеризуется, в осн. до линейного циамелида  $\text{-(O-C(=NH)-O-C(=NH))}_x$ , выше  $150^\circ\text{C}$  – до циклич. тримера – *циануровой кислоты*.

Ц. к. обычно получают деполимеризацией очищенной циануровой к-ты (примеси м. б. причиной взрыва) при  $400^\circ\text{C}$  в токе  $\text{N}_2$ . Продукт р-ции конденсируют при  $-80^\circ\text{C}$ , встряхивают с  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{Ag}_2\text{O}$  для освобождения от следов влаги и  $\text{HCN}$  и перегоняют в глубоком вакууме. Другие методы – окисление  $\text{HCN}$  при  $630\text{--}650^\circ\text{C}$  на контактной сетке из золота. Ц. к. – исходный продукт в синтезе цианатов и изоцианатов, уретанов, аллофанатов, семикарбазида и его производных. Токсична.

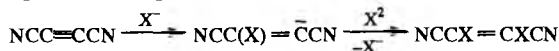
Лит.: *Химия псевдогалогенидов*, пер. с нем., К., 1981; *Руководство по неорганическому синтезу*, пер. с нем., т. 3, М., 1985, с. 694–95.

С. К. Смирнов.

**ЦИАНУГЛЕРОДЫ**, орг. соед., в к-рых все или почти все атомы Н углеродной цепи замещены на группы  $\text{CN}$ . Ц. относятся к полицианосоединениям. Накопление в молекуле высокополярных и не создающих пространств. затруднений цианогрупп придает соед. необычные физ. и хим. св-ва.

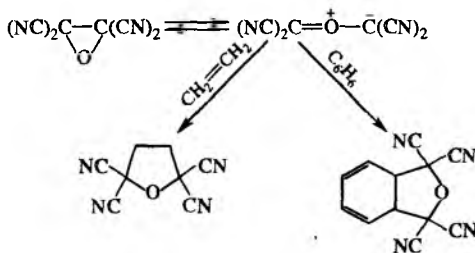
Большинство Ц. – высококипящие жидкости или кристаллич. в-ва,  $t$ -ры кипения и плавления к-рых возрастают при последоват. введении цианогрупп в молекулу (табл.).  $\text{CN}$ -Кислоты, содержащие неск. цианогрупп, по силе сравнимы с минер. к-тами, напр. для пентациано-1,3-циклопентадиена  $\text{pK}_a$  –11 (вода,  $25^\circ\text{C}$ ); для сравнения  $\text{pK}_a$  для  $\text{HBr}$  –9, для  $\text{HI}$  –11.

Хим. св-ва Ц. определяются способностью цианогрупп активировать др. заместители и сопряженные кратные связи. Напр., Ц. легко присоединяют галогены по кратной связи в присут. галогенид-ионов; при этом галогены ведут себя как нуклеофилы, а не электрофилы, что связано с сильными электрооакцепторными св-вами группы  $\text{CN}$ , напр.:

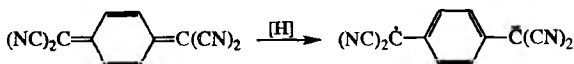


Ц. относятся к числу наиб. активных диенофилов в р-циях циклоприсоединения (см. *Тетрацианоэтилен*). Для Ц. характерно замещение цианогрупп на группы  $\text{OH}$ ,  $\text{OR}$ ,  $\text{NH}_2$  и др., напр. гексацианобензол при обработке водой легко превращается в пентацианофенол (выход 95%).

Тетрацианоэтиленоксид (образуется действием  $\text{H}_2\text{O}_2$  на тетрацианоэтилен) присоединяется к олефинам и даже аренам с разрывом связи  $\text{C}-\text{C}$  оксиранового кольца:




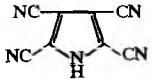
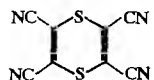
Благодаря суммарному электрооакцепторному действию цианогрупп Ц. проявляют высокое сродство к электрону и легко восстанавливаются с образованием устойчивых анион-радикалов, напр.:



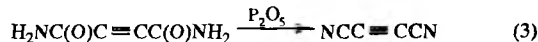
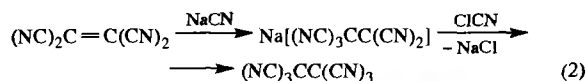
С донорами  $\pi$ -электронов Ц. образуют комплексы с переносом заряда (см. *Тетрацианохинодиметан*), нек-рые из них обладают металлич. проводимостью (см. *Металлы органические*).

Для получения Ц. используют общие методы введения цианогруппы в молекулу (см. *Нитрилы*), а также специфич. методы.

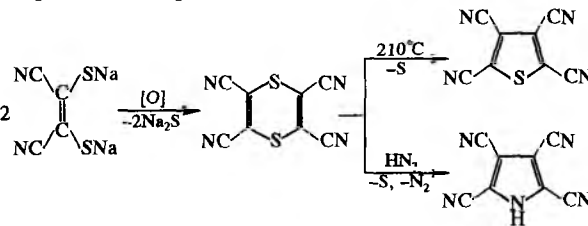
СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЦИАНОУГЛЕРОДОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., $^\circ\text{C}$	Т. кип., $^\circ\text{C}$	$d_4^{20}$
Дитиан $\text{NCCN}$	52,04	-27,9	-21,2	—
Дицианоацетилен $\text{NCC}=\text{CCN}$	76,057	20,5–21	76–76,5	1,017
Дицианоацетилен $(\text{NCC}=\text{C})_2$	100,079	64,5–65,5	154	—
Тетрацианоэтилен $(\text{NC})_2\text{C}=\text{C}(\text{CN})_2$	128,09	201–202	223	1,318
Тетрацианохинодиметан	204	296–298	—	—
				
Тетрацианопиррол	167,13	203–212 (с разл.)	—	—
				
Тетрациано-1,4-дитиан	184,24	207–208 (с разл.)	—	—
				

Трицианометан (в своб. виде и в виде солей) получают из производных малонитрила (р-ция 1); гексацианоэтан – из тетрацианоэтилена (2); дицианоацетилен – обработкой диамида ацетилендикарбоновой к-ты  $\text{P}_2\text{O}_5$  (3);



Окисление  $\text{Na}$ -соли димеркаптомалеинодинитрила приводит к тетрациано-1,4-дитиину, из к-рого получают полицианогетероциклы, напр.:



Ц. – полупродукты в орг. синтезе, нек-рые из них представляют интерес как перспективные красители. Комплексы Ц. с переносом заряда используют в электронной пром-сти в качестве полупроводников.

Многие Ц. могут отщеплять синильную к-ту, поэтому обращаться с ними надо с осторожностью.

Лит.: Зильберман Е. Н., *Реакция нитрилов*, М., 1972; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 677–92; *The Chemistry of cyanogroup*, ch. 9, N. Y., 1970, p. 423–638; *Gmelin's Handbuch der anorganischen Chemie*, 8 Aufl., Bd 14, 1976, S. 107–15; *Kirk-Othmer encyclopedia*, 3 ed., v. 6, N. Y., 1978, p. 625–33.

С. К. Смирнов.

**ЦИАНПЛАВ** («черный цианид»), смесь цианидов и хлоридов  $\text{Na}$  и  $\text{Ca}$ . Твердое в-во от серо-бурого до черного цвета со слабым запахом горького миндаля. В присут. влаги выделяет  $\text{HCN}$ . При действии  $\text{CO}_2$  разлагается с образованием  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Ц. получают сплавлением цианамиды кальция  $\text{CaCN}_2$  с углем и  $\text{NaCl}$  (или  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в электропечах при  $1500^\circ\text{C}$ . Получаемый Ц. содержит (в зависимости от сорта) от 42 до 47% цианидов в пересчете на  $\text{NaCN}$ . Регламентируются примеси



## 358 ЦИАНУКСУСНАЯ

CaC<sub>2</sub> (до 2%) и S (до 1%). Используют Ц, для произ-ва цианистых соед., в гидрометаллургии благородных металлов (при-месь S не более 0,7%), для цианирования сталей, борьбы с грызунами, протравливания семян, обеззараживания мельничных предприятий и фумигации разл. с.-х. культур.

Ц, очень ядовит. Токсическое действие сходно с действием HCN. При действии на кожу вызывает дерматиты и экземы. Хранят Ц, в герметичных стальных барабанах.

Лит.: Бобков С.С., Смирнов С.К., *Свяильная кислота*, М., 1970. С.К. Смирнов.

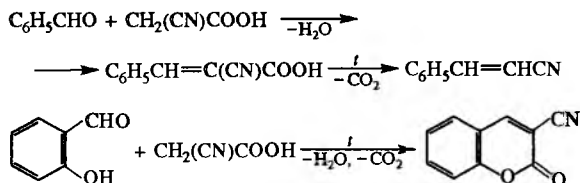
**ЦИАНУКСУСНАЯ КИСЛОТА** (цианоэтановая к-та, мононитрил малоновой к-ты) NCCH<sub>2</sub>COOH, мол. м. 85,06; бесцв. гигроскопичные кристаллы, т. пл. 70,9–71,0 °С; т. кип. 108 °С/15 мм рт. ст.; т. разл. 160 °С; K<sub>a</sub> 3,38·10<sup>-3</sup> (вода, 25 °С). Легко раств. в воде, этаноле и диэтиловом эфире, не раств. в алифатич. и ароматич. углеводородах; щелочные соли хорошо раств. в воде.

Хим. св-ва Ц.к. определяются наличием в ее молекуле групп CN (см. *Нитрилы*), COOH (см. *Карбоновые кислоты*) и активной метиленовой группы. При действии конц. минеральных к-т Ц.к. гидролизуется до моноамида малоновой к-ты HOOCCH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>; в разб. к-тах – до малоновой к-ты HOOCCH<sub>2</sub>COOH; со спиртами образует эфиры NCCH<sub>2</sub>COOR, последние при действии NH<sub>3</sub> дают амид Ц.к. (цианацетамид) NCCH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>. Св-ва производных Ц.к. представлены в табл.

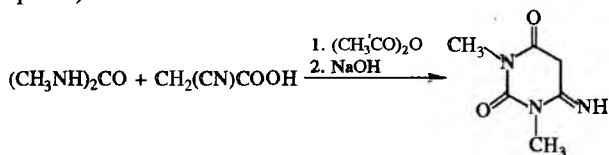
СВОЙСТВА ПРОИЗВОДНЫХ ЦИАНУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Показатель	NCCH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub>	NCCH <sub>2</sub> COOCH <sub>3</sub>	NCCH <sub>2</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>
Т. пл., °С	119	-22,5	-22,5
Т. кип., °С	—	203	206
d <sub>4</sub> <sup>20</sup>	—	1,1271	1,0629
n <sub>D</sub> <sup>20</sup>	—	1,4195	1,4179
Т. всп., °С	215	110	110

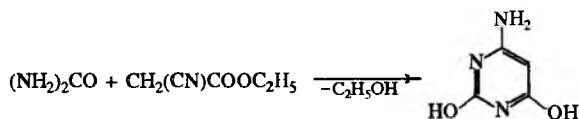
Ц.к. и ее производные вступают в р-цию с карбонильными соед. в условиях *Кнёвенагеля реакции*, напр.:



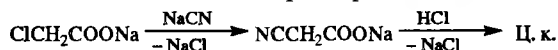
Р-ция Ц.к. и ее эфиров с мочевиной и ее производными приводит к азотсодержащим гетероциклам, напр. с 1,3-диметилмочевиной образуется 1,3-диметил-4-иминоурацил – полупродукт в синтезе пуриновых алкалоидов (теофиллина, кофеина):



Р-цией этилового эфира Ц.к. с мочевиной получают 2,4-дигидрокси-6-аминопиримидин:



В пром-сти и лаборатории Ц.к. получают взаимодей. хлор-ацетата Na с NaCN в водной среде при 80–85 °С:



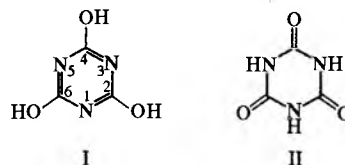
Для получения эфиров Ц.к. используют ее р-цию с избытком спирта в присут. кислотного катализатора с одновременной отгонкой воды либо р-цию эфиров хлоруксусной к-ты с NaCN или KCN. Цианацетамид получают обработкой спиртового р-ра этилового эфира Ц.к. избытком NH<sub>3</sub> при 10–15 °С.

Ц.к. и ее эфиры применяют в качестве исходных в-в при пром. произ-ве лек. средств (сульфамометоксин, сульфадиметоксин, теобромин, теофиллин, кофеин, витамин B<sub>1</sub> и др.), цианацетамид – сырье в произ-ве *малонитрила*.

Ц.к. – горючее (т. всп. 107 °С), токсичное в-во, раздражает кожу. Для Ц.к. ЛД<sub>50</sub> 200 мг/кг, для эфиров – 500–570 мг/кг (мыши, внутрибрюшинно), для цианацетамида – 3200 мг/кг (мыши, перорально).

Лит.: Зильберман В.Н., *Реакция нитрилов*, М., 1972; Иванский В.И., *Химия гетероциклических соединений*, М., 1978; Белков В.Г., *Фармацевтическая химия*, М., 1985; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N.Y., 1981, p. 906–07. С.К. Смирнов.

**ЦИАНУРОВАЯ КИСЛОТА** (2,4,6-тригидрокси-1,3,5-триазин), мол. м. 129,1; бесцв. кристаллы; т. пл. > 360 °С (с разл.); d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,758; C<sub>p</sub> 176,6 Дж/(моль·К) при 25 °С; ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –690,8 кДж/моль, ΔH<sub>всп</sub><sup>0</sup> 160,2 кДж/моль, ΔH<sub>гор</sub><sup>0</sup> –918,4 кДж/моль. Р-римость в воде (г/л) при 25,50 и 90 °С соотв. 2,7 и 26; р-римость в бензоле, ДМФА, ДМСО при 25 °С соотв. 2,3, 67 и 151 г/л; не раств. в ацетоне, спиртах, диэтиловом эфире. Может существовать в виде лактимной (циануровая к-та; ф-ла I) и лактамной форм (изоциануровая к-та, или триазинтрион; ф-ла II):



Константы ионизации формы II K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>, K<sub>3</sub> (вода, 25 °С) соотв. 6,3·10<sup>-7</sup>, 7,8·10<sup>-11</sup>, 3,2·10<sup>-14</sup>.

Ц.к. при нагр. выше 360 °С разлагается до циановой к-ты. При взаимодей. с NH<sub>3</sub> под давлением при 200–250 °С образует моноаммониевую соль, выше 250 °С – цианурамид (4-амино-2,6-дигидрокси-1,3,5-триазин, аммелид); при нагр. с HCl разлагается с выделением CO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub>. Взаимодейств. Ц.к. с гидроксидными металлами I, II и IV групп приводит к одно-, двух- и трехзамещенным солям – циануратам. Цианурат Na в водном р-ре при взаимодей. с Cl<sub>2</sub> превращается в 1,3,5-трихлоризоциануровую к-ту. Ц.к. под давлением при повышенной т-ре в присут. PCl<sub>5</sub> образует цианурхлорид (2,4,6-трихлор-1,3,5-триазин, т. пл. 154 °С). При взаимодей. с этиленоксидом, аллилхлоридом и бензилхлоридом Ц.к. превращается соотв. в 1,3,5-трис-(2-гидроксиэтил)-, триаллил- и трибензилпроизводные изоциануровой к-ты.

Получают Ц.к. гл. обр. пиролизом мочевины; другие способы получения – нагревание мочевины в присут. Cl<sub>2</sub>, COCl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, гидролиз цианурхлорида и меламина.

Определяют Ц.к. методом потенциометрич. титрования щелочи, выделившейся при осаждении меламином Ц.к. из ее соли.

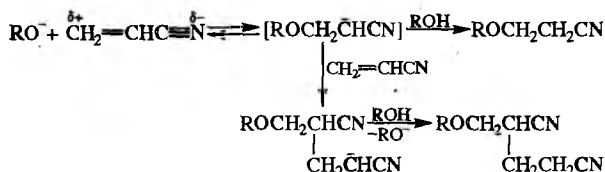
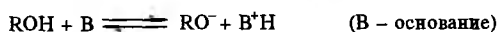
Ц.к., цианурхлорид и другие производные применяют для получения эффективных отбеливающих и дезинфицирующих ср-в, полимеров, используют в качестве фунгицидов, гербицидов, антипиренов, клеев; триаллилное производное изоциануровой к-ты – сшивающий агент и стабилизатор ПВХ.

Токсич. действие Ц.к. незначительно; производные Ц.к., напр. аминопроизводные, более токсичны. Для триаллилпроизводного изоциануровой к-ты ЛД<sub>50</sub> 438 мг/кг (мыши, внутривенно). ПДК для Ц.к. 0,5 мг/см<sup>3</sup> (в водоемах хозяйств.-бытового пользования 6 мг/л), для цианурхлорида 0,1 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Smolin E.M., Rapoport L.I., *S-Triazines and derivatives*, N.Y., 1959, p. 17–146; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 7, N.Y., 1979, p. 397–410. С.С. Руквиц, В.И. Заграничный.

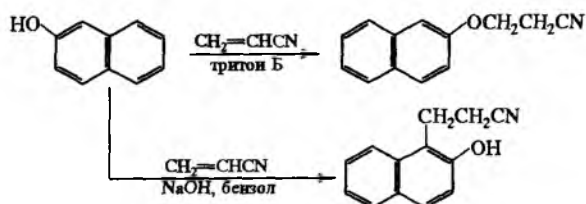
**ЦИАНЭТИЛИРОВАНИЕ** ( $\beta$ -цианэтилирование), введение в молекулу  $\beta$ -цианэтильной группы. Осуществляется действием акрилонитрила на спирты, фенолы, тиолы и др. соед. с подвижным атомом Н в присут. основных катализаторов (щелочи, алкоголяты и др.) в среде орг. р-рителя (бензол, ацетонитрил и др.). В нек-рых случаях катализаторами могут служить к-ты.

Ц.— частный случай *Михаэля реакции*. Ц. протекает через промежут. образование карбаниона; последний в избытке акрилонитрила способен к присоединению еще одной молекулы нитрила, напр.:



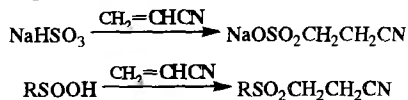
Р-ция с первичными спиртами — экзотермическая, вторичные спирты реагируют труднее первичных, третичные в обычных условиях в р-цию не вступают. Подобно одноатомным спиртам реагируют гликоли и многоатомные спирты, а также этиленциангидрин, оксимы, аминоспирты. Для последних при наличии в аминогруппе свободного атома водорода р-ция идет по атому азота.

Фенолы цианэтилируются по гидроксильной группе и в ядро, напр.:



Электроотрицат. группы препятствуют р-ции; так, выход продукта Ц. *n*-хлорфенола менее 10%.

Тиолы реагируют с акрилонитрилом более энергично, чем спирты. Ц. алифатич. и ароматич. тиолов приводит к  $\beta$ -алкил(арил)тиопропионитрилам  $\text{RSCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$ , Ц. гидросульфитов и сульфитатов — к производным  $\text{S(VI)}$ :



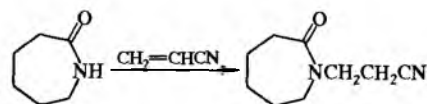
При Ц. сероводорода образуется  $\beta, \beta$ -дициандиэтилсульфид  $\text{S}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CN})_2$ . Аналогично реагирует вода.

Ц. аммиака в зависимости от условий приводит к продуктам моно-, ди- и трицианэтилирования (р-ция обратимая). Первичные амины цианэтилируются в отсутствие катализатора, труднее идет р-ция с циклич. вторичными аминами (напр., пиперидином, морфолином) и еще труднее с ациклич. вторичными аминами. Ароматич. амины вступают в р-цию при повышенной т-ре в присут. кислот ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , ледяная  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и др.); ускоряют р-цию соли  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Ni}$ .

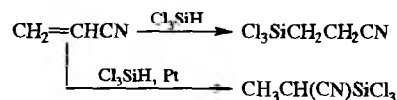
При Ц. цианамиды в присут. водной щелочи образуются продукт бисцианэтилирования, обладающий сильным инсектицидным действием:



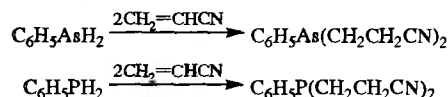
Циклич. амиды, особенно имиды, в присут. щелочей довольно легко цианэтилируются по аминогруппе:



В присут. оснований силаны реагируют с акрилонитрилом по механизму  $\beta$ -цианэтилирования; в присут. Pt направление р-ции меняется:



Незамещ. фосфин цианэтилируется, подобно аммиаку, Ц. первичных фосфинов и арсинов приводит к бис- $\beta$ -цианэтилзамещенным соед.:



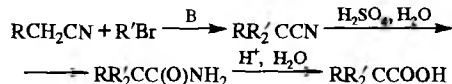
Гладко идет Ц. галогеноводородов с образованием  $\text{HalCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$ , синильной к-ты — с образованием сукцинонитрила  $\text{NCCCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$ .

Ц. применяют в пром-сти для получения сукцинонитрила, а также для модификации св-в нек-рых полимеров (крахмала, целлюлозы и др.).

Лит.: Терентьев А. П., Кост А. Н., в кн.: Реакции и методы исследований органических соединений, кн. 2, М.—Л., 1952, с. 47–208; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 7, N. Y., 1979, p. 370–85.

С. К. Смирнов, С. С. Смирнов.

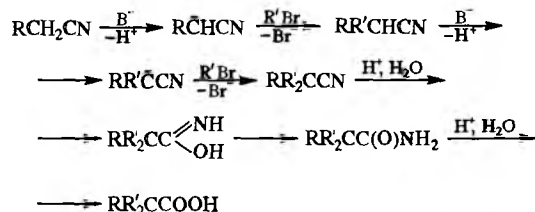
**ЦИГЛЕРА РЕАКЦИИ**, 1) получение триалкилуксусных к-т алкилированием нитрилов алкилуксусных к-т с послед. гидролизом промежуточно образующихся нитрилов и амидов:



В качестве оснований (B) применяют  $\text{LiNR}_2$  или  $\text{NaNH}_2$ , в качестве р-рителя — обычно диэтиловый эфир, ТГФ, ДМФА,  $\text{NH}_3$  или глим. Алкилирующие агенты — первичные или вторичные алкилгалогениды. В ряде случаев стадию алкилирования проводят в условиях межфазного катализа.

Обычно к свежеприготовленному р-ру основания добавляю-т р-р нитрила и затем избыточное кол-во  $\text{R}'\text{Br}$  (иногда реагенты вводят в р-цию поочередно частями). Образовавшийся нитрил  $\text{RR}'_2\text{CCN}$  обрабатывают при т-ре ок. 100 °С конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , амид — смесью  $\text{NaNO}_2$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или смесью  $\text{C}_4\text{H}_9\text{ONO}/\text{CH}_3\text{COOH}/\text{HCl}$ . Выходы 30–90%.

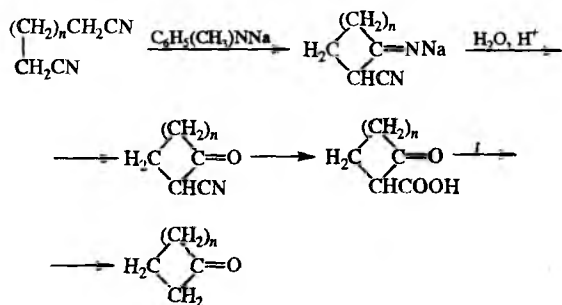
Механизм р-ции включает след. стадии:



Р-цию используют в препаративных целях. Открыта К. Циглером в 1932.

Лит.: Вацуро К. В., Мищенко Г. Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 206–09.

2) Получение макроциклич. кетонов циклизацией динитрилов под действием диорганилаидов щелочных металлов с послед. гидролизом и декарбокислированием промежут. продуктов:



Первая стадия этой р-ции (наряду с димеризацией нитрилов) впервые изучена Торпом, поэтому такой синтез наз. также *Торпа-Циглера реакцией*.

Наиб. легко и с высоким выходом в Ц. р. образуются циклы  $\text{C}_5\text{--C}_7$ , выходы циклич. кетонов  $\text{C}_9\text{--C}_{13}$  весьма низкие (1–13%), для получения циклов  $\text{C}_{14}\text{--C}_{33}$  используют спец. аппаратуру и большое разбавление (выход 60–80%). Циклы  $\text{C}_3\text{--C}_4$  этим способом получить не удается.

В р-цию вступают динитрилы, содержащие в цепи гетероатомы (N, O, S), алкильные и арильные группы. В качестве оснований обычно используют N-этиланилиды Li или Na или диалкиламины Li, в качестве р-рителя – диалкиловые эфиры.

Обычно динитрил медленно (от 10 до 340 ч) добавляют к кипящему р-ру амида щелочного металла; полученную смесь обрабатывают избытком р-ра HCl и затем добавляют конц. HCl. Образовавшийся кетонитрил подвергают жесткому гидролизу и декарбоксилированию. Механизм циклизации динитрилов не выяснен. Ц. р. используют в препаративной практике. Реакция открыта К. Циглером в 1933.

Лит.: Schaefer J., Bloomfield J., Organic reactions, v. 15, N. Y.–L., 1967, p. 28; Taylor E., McKillop A., в сб.: Advances in organic chemistry, v. 7, N. Y., 1970.

3) Полимеризация олефинов при низком давлении на комплексных катализаторах (наз. также Циглера – Натты р-цией), включающих соед. переходного металла (напр.,  $\text{TiCl}_3$ ) и металлоорг. соед. I–III группы периодич. системы [напр.,  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$ ].

Р-цию осуществляют при 50–70 °С, пропуская осушенный и обескислороженный олефин через р-р комплексного катализатора в бензине, петролейном эфире или др. инертном орг. р-рителе.

Р-ция открыта К. Циглером в 1955.

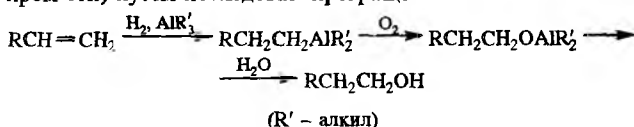
См. также *Металлокомплексный катализ, Циглера-Натты катализаторы*.

Лит.: Органикум, пер. с нем., т. 2, М., 1992, с. 400; Ziegler K. [и а.], «Angew. Chem.», 1955, Bd 67, S. 426–541; там же, 1959, Bd 71, S. 623–25.

К. Циглером также открыты и разработаны др. р-ции:

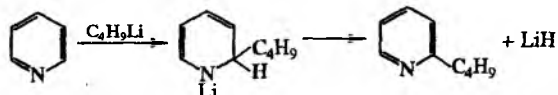
1) синтез алкильных производных алюминия действием на Al олефинов и  $\text{H}_2$  под давлением в присут.  $\text{AlX}_3$  (X = H, Cl, R), присоединением этилена к углеводородной цепи в  $\text{Alk}_3\text{Al}$ , переалкилированием  $\text{Alk}_3\text{Al}$  действием олефинов;

2) получение спиртов из олефинов (используется в пром-сти) путем последоват. превращений:

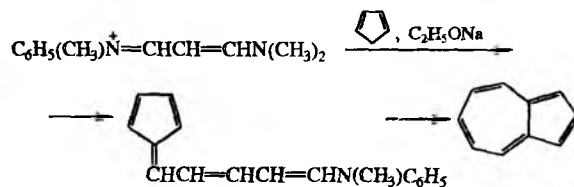


3) получение алкиллитиевых соед. действием RNaI на Li в инертном р-рителе;

4) алкилирование гетероциклич. азотсодержащих соед. действием алкиллитиевых реагентов (иногда эту р-цию наз. алкилированием по Циглеру), напр.:



5) получение азулена по схеме:

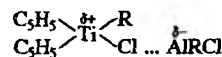


См. также *Воля-Циглера реакция*.

Г. И. Дрозд.

**ЦИГЛЕРА-НАТТЫ КАТАЛИЗАТОРЫ**, каталитич. комплексы, образующиеся при взаимод. соед. переходных металлов ( $\text{TiCl}_4$ ,  $\text{TiCl}_3$ ,  $\text{VOCl}_3$ ,  $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{TiCl}_2$  и т. п.) с алкильными производными и др. соед. металлов I–III групп ( $\text{AlR}_3$ ,  $\text{AlR}_2\text{Cl}$ ,  $\text{LiR}$ ,  $\text{MgRCl}$ ,  $\text{ZnR}_2$  и др.); один из видов *катализаторов полимеризации*.

В состав активного центра Ц.–Н. к. входят алкилированные формы переходных металлов, находящиеся в поляризованных комплексах или ионах, напр. для комплекса  $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{TiCl}_2$  с  $\text{AlR}_2\text{Cl}$  активный центр имеет вид:



При взаимод. олефинов с Ц.–Н. к. происходит координация мономера с алкильным производным переходного металла M и послед. его внедрение по связи M–C, M–M (см. *Металлокомплексный катализ*). Внедрение обычно протекает многократно; время одного акта внедрения составляет  $10^{-4}\text{--}10^{-5}$  с; энергия активации элементарного акта 21–65 кДж/моль, константа скорости роста цепи  $10^4\text{--}10^6$  л/(моль·с). Причина легкости внедрения связана с тем, что мономер, входящий в координац. сферу комплекса, за счет своих донорных св-в уменьшает энергию диссоциации связи M–C. Обрыв цепи обычно осуществляется по р-циям внутри- и межмол. диспропорционирования без образования своб. радикалов.

Ц.–Н. к. могут быть гетерогенного и гомогенного типа. Среди гетерогенных катализаторов наиб. значение имеют Ti–Mg-, V–Mg- и металлоорг. хромоценовые катализаторы. Первые два широко применяют в прои-ве стереорегулярных полиэтилена и полипропилена в суспензионном и газофазном режимах. Катализаторы представляют собой галогениды Ti и V, закрепленные на подложках, содержащих  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgCl}_2$  или полиэтилен с привитыми фрагментами MgR и MgCl. Для эффективности таких Ц.–Н. к. существенное значение имеют дисперсный состав, величина площади пов-сти и объема пор, мех. св-ва. В катализатор обычно дополнительно вводят электронодонорные соединения, в качестве к-рых используют ряд сложных эфиров, напр. фенилбензоаты. Хромоценовые каталитич. системы применяют в прои-ве полиэтилена в газовой фазе в псевдооживленном слое.

Для синтеза полиизопрена используют катализатор типа  $\text{TiCl}_4\text{--Al}(\text{изо-C}_4\text{H}_9)_3$ . В полимеризации диенов с образованием стереорегулярных каучуков активны Ц.–Н. к., содержащие соед. переходных металлов лантаноидной группы.

Распространенный тип гетерогенных катализаторов – иммобилизованные Ц.–Н. к., в к-рых активные центры закреплены на носителях – орг. или неорг. в-вах (оксид алюминия, силикагель, разл. полимеры). Повышенной стабильностью обладают гелиммобилизованные каталитич. системы, в к-рых активный центр, включающий соед. переходного металла, находится не только на поверхности, но и внутри геля, представляющего собой каучук определенного типа или др. высококомпл. соединения.

К гомогенным Ц.–Н. к. относятся комплексы  $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{TiCl}_2$ ,  $(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{VCl}_2$  или  $\text{TiOR}_4$  с алюминийорг. соединениями, широко применяемые для димеризации и полимеризации этилена. Гомогенные цирконоценовые катализаторы, представляющие собой комплекс ценовых, напр. пентадие-

нильных или индентильных соед. циркония с метилалюмоксаном  $[Al(CH_3)_2O]_n$ , позволяют получать полиэтилен и др. полиолефины. С их помощью синтезируют, в частности, полипропилен разл. стереорегулярности, в т. ч. изотактической, полиизотактической, полностью или частично синдиотактич. структуры, придающей полимерам ряд ценных св-в (напр., ударопрочность). Стереоспецифичность действия таких катализаторов определяется природой переходного металла, лигандным окружением центрального атома, типом решетки катализатора и т. п. Так, полимеризация пропилена в присутствии бис-циклопентадиенилцирконийдихлорида с метилалюмоксаном приводит к атактич. полипропилену, в присут. этилен-бис-тетрагидронденилцирконийдихлорида с метилалюмоксаном – к изотактич. полимеру.

Комплексы, образующиеся при взаимодействии  $Ti(OC_4H_9)_4$  с  $Al(C_2H_5)_3$ , катализируют димеризацию этилена, комплексы  $NiCl_2$  и  $Ni[P(OR)_3]_4$  с алкилгалогенидами Al – димеризацию и олигомеризацию др. олефинов. Для полимеризации ацетилена с образованием *цис*-полиацетилена (поливинилена) используют гомогенные комплексы  $Ti(OC_4H_9)_4$  с  $Al(C_2H_5)_3$ .

По своей активности и специфичности Ц.-Н. к. близки к ферментным катализаторам, что дает возможность проводить каталитич. процессы полимеризации с высоким выходом и селективностью по основному продукту.

Лит.: Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 874; Долгоплюк Б. А., Тгиякова Е. И., *Металлоорганический катализ в процессах полимеризации*, 2 изд., М., 1985; Дьячковский Ф. С., «Высокомолекулярные соединения», 1990, т. 32А, № 10, с. 2019–28; Кренцель Б. А., Нехасева Л. А., «Успехи химии», 1990, т. 59, № 12, с. 2034–57. См. также лит. при ст. Катализаторы полимеризации, Металлокомплексный катализ.

Б. А. Кренцель

**ЦИКЛАМЕНАЛЬДЕГИД** [цикламаль, 3-(4-изопропилфенил)-2-метилпропаналь]  $4-(CH_3)_2CHC_6H_4CH_2CH(CH_3)CHO$ ; мол. м. 190,27; бесцв. или слегка желтоватая жидкость с сильным запахом, напоминающим запах цикламена; т. кип. 270 °С, 115 °С/5 мм рт. ст.;  $d_{25}^{25}$  0,950;  $n_D^{20}$  1,509–1,513; давление пара 0,5 Па; раств. в этаноле и маслах, плохо раств. в пропиленгликоле и глицерине, не раств. в воде; производные: семикарбазон, т. пл. 172–172,5 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 112 °С. В природе не найден. Получают конденсацией куминового альдегида  $(CH_3)_2CHC_6H_4CHO$  с пропионовым альдегидом и избирательным гидрированием образующегося 4-изопропил- $\alpha$ -метилкоричного альдегида или конденсацией кумола с диацетатом 2-метилакролеина в присут.  $TiCl_4$ . Широко применяется при составлении разл. цветочных и фантазийных парфюм. композиций.

Т. всп. 106 °С, т. самовоспл. 362 °С, КПВ 0,26–1,84% (по объему), температурные пределы воспламенения 92–130 °С, ЛД<sub>50</sub> 5 г/кг (крысы, перорально).

Л. А. Хейфиц

**ЦИКЛИЗАЦИЯ**, р-ция внутри- или межмол. образования (замыкания) цикла из ациклич. молекул либо фрагментов карбо- или гетероцикла. Ц. с образованием гетероцикла наз. также гетероциклизацией, Ц. с замыканием нового цикла на уже существующем – *аннелированием*. Разл. варианты Ц. известны как именные р-ции, напр. *Ганча синтез*, *Кнорра реакция*, *Реппе реакция*, *Скраупа реакция*, *Фишера реакция*, *Чичибабина реакция*.

Ц. может осуществляться с помощью р-ций замещения, присоединения, отщепления, а также перегруппировок. Примерами р-ций замещения могут служить внутримол. ацилирование, лактонизация (см. *Лактоны*), циклокетонизация – образование циклич. кетонов пиролизом солей дикарбоновых к-т (р-ция Ружички), разновидность таких р-ций – циклоконденсация, в результате к-рой цикл образуется из двух или неск. молекул, напр. синтез замещенных циклопропанов из 1,4-дибромолефинов и натриймалонового эфира (р-ция Ипатьева), синтез пирролов из 1,4-дикарбонильных соед. и аммиака или первичных аминов (см. *Паалэ-Кнорра реакция*).

Большое число р-ций Ц. основано на процессах присоединения. Наиб. типичная р-ция этого типа – превращение динитрилов в циклич. иминонитрилы (см. *Торпа-Циглера реакция*). Особую группу составляют р-ции, в основе к-рых лежит *циклоприсоединение*.

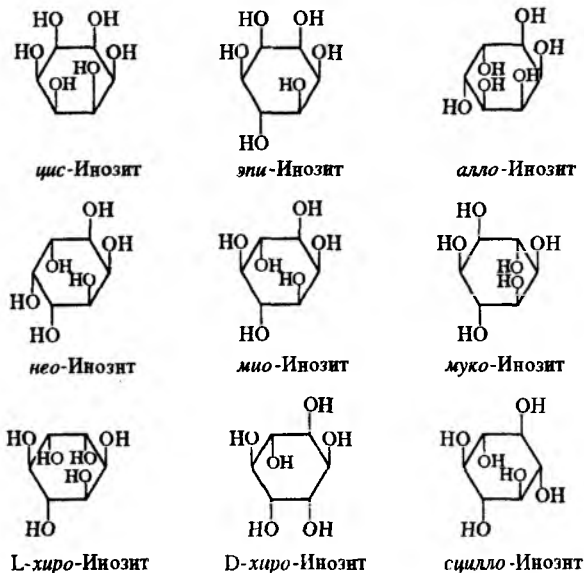
Из р-ций Ц., основанных на отщеплении, наиб. важны р-ции, идущие с элиминированием водорода – дегидроциклизация (напр., каталитич. превращение гексана в бензол), воды – циклодегидратация (напр., синтез изохинолинов по *Бишлера-Натуральского реакции*), галогеноводорода – циклодегидрогалогенирование (напр., синтез замещенных пирролоидов по *Гофмана-Лёфлера реакции*).

Примерами перегруппировок при образовании цикла служат *Демьянова перегруппировка*, перегруппировка 1,2-дивинилциклопропанов с расширением цикла и образованием 5,6-дигидроциклогептадиенов или 1,2-дивинилоксиранов с послед. образованием 4,5-дигидрооксепинов.

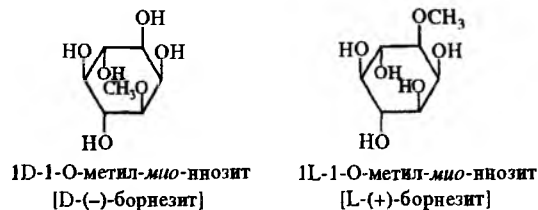
Лит.: Вадуро К. В., Мищенко Г. Л., *Именные реакции в органической химии*, М., 1976; Мищенко Г. Л., Вадуро К. В., *Синтетические методы органической химии*, М., 1982.

Л. И. Беленький

**ЦИКЛИТЫ** (циклитолы), гексагидроксициклогексаны (инозиты, инозитолы; И.) и нек-рые их производные (дезокси-, кето-, метиловые эфиры). Из 8 возможных *цис-транс*-изомеров И. 7 являются *мезо*-формами (лишены оптич. активности в результате мол. симметрии), один существует в виде D- и L-форм. Ф-лы и тривиальные назв. И. приведены на схеме:



По номенклатуре ИЮПАК положения групп HO в И. обозначают цифрами в соответствии с нумерацией атомов C; группы HO, расположенные над и под плоскостью цикла, разделяют косой чертой; нумерацию производят так, чтобы наименьшие номера получили группы HO над плоскостью цикла. В соответствии с этими правилами *мио-И.* наз. 1,2,3,5/4,6-И. В случае замещения прохирального центра к назв. производного прибавляют обозначение конфигурации, причем наименьший номер получает хиральный центр, несущий заместитель. Нумерацию атомов цикла осуществляют по часовой стрелке для соед. L-ряда и против часовой стрелки для соед. D-ряда, напр.:



И.- бесцв. кристаллич. высокоплавкие в-ва, сладкого вкуса; хорошо раств. в воде. По хим. св-вам аналогичны ациклич. полиолам; при действии конц.  $HNO_3$  или  $HI$  ароматизируются.

В природе обнаружены все изомеры И.; наиб. распространен *мио*-И. (*мезо*-И., часто наз. просто инозитом), к-рый известен в виде безводной формы, т. пл. 225–227 °С, и дигидрата, т. пл. 218 °С; гексаацетат, т. пл. 216 °С. Во мн. растениях найдены также *цилло*-И., т. пл. 348 °С; *D*-*хиро*-И., т. пл. 227 °С,  $[\alpha]_D^{25} +65^\circ$  (вода); *D*-пинит (1D-4-O-метил-*хиро*-И.), т. пл. 186 °С,  $[\alpha]_D^{25} +65,6^\circ$  (вода); *L*-квебрахит (1L-2-O-метил-*хиро*-И.), т. пл. 192 °С,  $[\alpha]_D^{25} -81^\circ$  (вода) и др.

Биосинтез *мио*-И. заключается в превращении б-фосфата *D*-глюкозы в 1L-*мио*-инозит-1-фосфат и последующем дефосфорилировании. Другие И. образуются из *мио*-И. путем эпимеризации, часто через промежут. метиловые эфиры или кетопроизводные (инозоны).

*мио*-И. – универсальный компонент живых организмов; находится в них в свободном состоянии, в виде моно- и полифосфатов, входит в состав фосфоинозитидов и фосфопротеидов. Служит необходимым фактором роста для дрожжей. В растениях *мио*-И. участвует в метаболизме углеводов (в виде гликозидов) и в гормональной регуляции роста (в виде эфира с индолилуксусной к-той). Фитин (смесь Са- и Mg-солей фитиновой к-ты, т. е. гексафосфата *мио*-И.) служит распространенной формой запасаения фосфата. *L*-*мио*-Инозит-1,4,5-трифосфат играет важную роль в мобилизации Са-зависимых рецепторов в животных клетках. Общее содержание *мио*-И. в теле человека составляет ок. 40 г.

Лит.: Posternak T., The cyclitols, S.F., 1965; Loewus F.A., Dickinson D.V., в кн.: Encyclopedia of plant physiology, New ser., eds. F. A. Loewus, W. Tanner, v. 13A, B., 1982, p. 193–216. А. И. Усов.

Во 2-м томе Химич. энциклопедии дана ошибочная отсылка: Маннит, см. Циклиты. Маннит (маннитол) – ациклич. многоатомный спирт. В природе найден *D*-маннит (ф-ла I); бесцв. кристаллы сладкого вкуса, т. пл. 166 °С,  $d_4^{20} 1,487$ ,  $[\alpha]_D^{25} -0,24^\circ$  (вода), раств. в воде. Компонент «манны» – выделений ясеня и платана. Получают гидрированием сахарозы и из прир. источников. Применяют в пищ. и косметич. пром-сти; в медицине – как диуретик.

**ЦИКЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ** в химической технологии, характеризуются периодич. изменением во времени всех или нек-рых из определяющих процесс параметров (т-ра, давление, состав сырья и др.). Позволяют в ряде случаев повысить эффективность хим. произ-ва либо осуществить к.-л. процесс, не реализуемый в обычном, статическом режиме.

**Типы режимов.** Ц.р. подразделяют на стационарные и нестационарные. Стационарный Ц.р. характеризуется постоянством рабочих параметров в любом сечении аппарата, в к-ром он проводится, и периодич. изменением всех или части параметров по длине аппарата.

На рис. 1, а показана схема такого режима, в к-ром рабочее тело последовательно проходит через два аппарата, циклически изменяя свое состояние  $x(\tau)$  под действием постоянных во времени внеш. воздействий (*погоков*)  $u^+$  и  $u^-$  ( $\tau$  – время пребывания рабочего тела в аппарате). К этим процессам относятся циклы абсорбционно(адсорбционно)-десорбционные (см. *Абсорбция*, *Адсорбция*), классификация (см. *Сепарация воздушная*), циклы холодильных машин с циркуляцией рабочего тела (см. *Холодильные процессы*), в вибрационных экстракторах (см. *Экстракция жидкостная*) и др.

Нестационарный Ц.р. характеризуется периодич. изменением во времени всех или части рабочих параметров. В этом случае (рис. 1, б) рабочее тело периодически изменяет свое состояние во времени при периодически изменяющемся воздействии  $u(t)$ . Подобные режимы типичны для регенеративного теплообмена, ряда гетерогенно-каталитич. процессов (напр., *каталитический крекинг*), процессов с периодич. изменением расхода материальных потоков в ректификац. колоннах (поток флегмы при *ректификации* или *дистилляции*) и иных аппаратах (напр., *реакторах химических*), фильтровальных циклов (см. *Фильтрация*) и т. д.

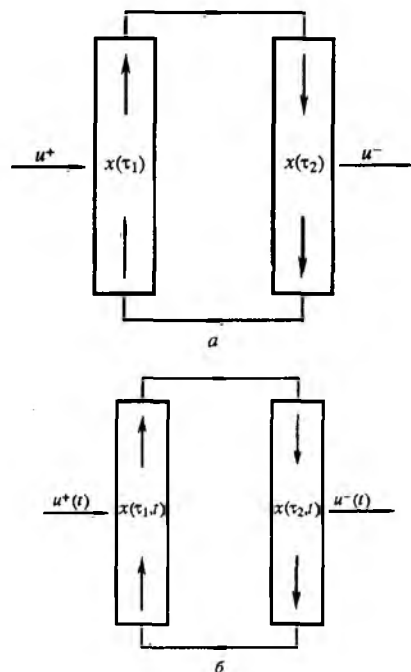


Рис. 1. Схемы стационарного (а) и нестационарного (б) циклических режимов:  $x(\tau_1)$  и  $x(\tau_2)$  – зависимости параметров рабочего тела  $x$  от времени пребывания  $\tau_1$  и  $\tau_2$  его в системе при постоянных во времени внешних воздействиях  $u^+$  и  $u^-$ ;  $x(\tau_1, t)$  и  $x(\tau_2, t)$  – то же при периодически изменяющихся во времени  $t$  воздействиях  $u^+(t)$  и  $u^-(t)$ .

**Целесообразность использования и задачи расчета режимов.** Широкое применение Ц. р. в хим. произ-вах объясняется мн. причинами, к основным из к-рых относятся (в порядке значимости):

1. Необходимость внедрения малоотходных и экологически чистых технологий, связанных с комплексной переработкой сырья и регенерацией промежуточных сред (см., напр., *Безотходные производства*).

2. Возможность повышения средней за цикл производительности  $\bar{P}$  аппаратов при фиксир. среднем расходе сырья  $\bar{V}$  по сравнению с производительностью  $\bar{P}(\bar{V})$  в обычном режиме (рис. 2, а, «вогнутая кривая»). При этом часть времени цикла тот или иной аппарат должен работать с расходом сырья  $v_1$ , а оставшееся время – с расходом  $v_2$ . Так, технол. агрегат, изображенный на рис. 2, б, работает при среднем расходе сырья  $\bar{v}$ , а составляющие его аппараты 1 и 2 – с производительностью  $\bar{P}$  и  $P$ . Установка, напр., промежуточной емкости 3 позволяет, периодически (за время  $t$ ) изменяя расход сырья  $[v(t)]$ , повысить производительность агрегата на величину  $\Delta$ .

3. Необходимость выгрузки части продукции и обновления реакц. смеси в реакторах вследствие уменьшения скорости процессов по мере роста концентрации полезного продукта.

4. Возможность формирования температурного профиля по длине трубчатых каталитич. реакторов за счет циклич. изменений параметров входных потоков.

5. Необходимость регенерации рабочей пов-сти аппаратов (напр., очистка стенок от накипи) путем периодич. изменения скорости р-ции и состава реакц. смеси.

Возникающие при этом многообразные проблемы расчета Ц. п. можно свести к неск. основным задачам:

а) выяснение возможности проведения в циклич. режиме хим.-технол. процесса, если наложенные на него ограничения по давлениям, т-рам, составам конечных продуктов, производительностям аппаратов и т. д. часто таковы, что в статич. режиме этот процесс вообще нереализуем;

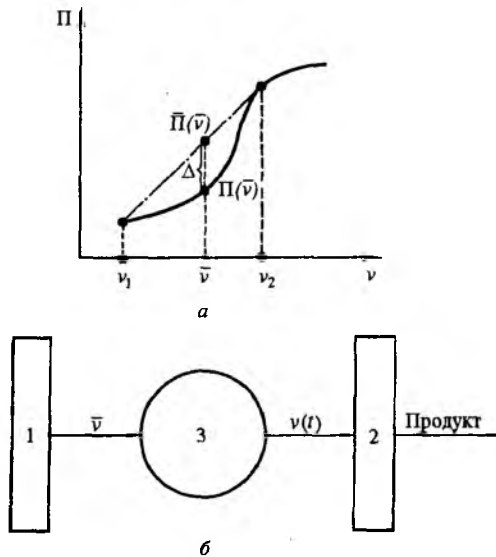


Рис. 2. Зависимость от расхода  $v$  сырья производительности  $P$  аппаратов и ее повышение при переходе от обычного режима к циклическому (а); соответствующий этим зависимостям технологический агрегат из аппаратов 1 и 2 и промежуточной емкости 3 (б).

б) установление возможности повышения эффективности процесса при переходе от статич. режима к циклическому; оценка выигрыша в критерии оптимальности процесса (см. *Оптимизация*);

в) нахождение оптимальной формы изменений во времени  $t$ -р, давлений, расходов и иных параметров, если циклич. режим процесса более эффективен, чем статич. режим;

г) согласование работы циклически действующих аппаратов при разл. способах их соединения в технол. схеме путем установки т. наз. сглаживающих емкостей минимально возможного объема;

д) выявление предельных возможностей термодинамич. циклов теплообменных аппаратов, холодильных машин, тепловых насосов, систем газоразделения и т. д. с учетом их заданных мощностей, производительностей, пов-стей теплового контакта, коэф. тепло- и массообмена и др.

Подробные ответы на поставленные вопросы, постановка и методы решения соответствующих задач приведены в спец. литературе. Определение оптимальной формы периодич. воздействий на данную технол. систему (задача «в») представляет собой достаточно сложную проблему, решаемую методами оптимального управления. Однако специфика Ц. р. позволяет, не решая задачи «в», решать задачи «а» и «б» по критериям т. наз. нестационарности режима. Из указанных критериев, в частности, следует, что если задача об оптимальном статич. режиме оказывается «выпуклой», то переход к циклич. режиму заведомо нецелесообразен.

Задача «д» – предмет исследований оптимизац. термодинамики («термодинамики при конечном времени»); дает возможность установить, что решением этой задачи при заданной интенсивности являются процессы с миним. произ-вом энтропии.

**Основные классы процессов и примеры их реализации.** Рассмотрим наиб. важные классы и типичные примеры циклично организованных технол. процессов.

Процессы с поочередным контактом рабочего тела с источником вещества или энергии. Характерные примеры – процессы с термодинамич. циклами. В них, соответственно второму началу термодинамики, полученная от высокопотенциального источника энергия частично превращается в электр. энергию, мех. работу или работу разделения, частично отдается низкопотен-

циальному источнику. Т. обр., рабочее тело периодически вступает в контакт с источником энергии, изменяя агрегатное состояние,  $t$ -ру и давление.

Процессы с регенерацией рабочего тела. Типичные примеры – процессы с системами замкнутого водоснабжения. В такой системе вода (рабочее тело) циркулирует между аппаратами, где она служит р-рителем, хладагентом и т. п., и системой регенерации, т. е. очистки от загрязнений (см. также *Охрана природы*).

Как правило, системы регенерации представляют собой системы разделения. Их использование связано с дополнит. затратами и выделением в конц. форме в-в, содержащихся в регенерируемой воде. Ее состояние  $x(t)$  характеризуется вектором концентраций и  $t$ -р; параметры внеш. воздействий и выражают материальные и тепловые потоки в технол. процессе и на стадии регенерации.

Процессы с нелинейной зависимостью производительности технологич. установок (аппаратов) от расхода сырьевых и энергетич. потоков. Характерные примеры – обжиг в кипящем слое, процессы с использованием насосных агрегатов и др. Так, в аппарате с кипящим слоем с увеличением расхода воздуха уменьшается степень превращения сырья вследствие снижения времени пребывания частиц в реакц. зоне; с уменьшением расхода воздуха снижается производительность реактора. Периодические, синхронизированные одно с другим колебания потоков воздуха и сырья позволяют повысить среднюю производительность аппарата.

Характеристику типа представленной на рис. 2, а имеют и нек-рые насосы, если  $P$  – их производительность, а  $v$  – расход энергии. Чтобы потребитель не обнаружил изменений в работе насосов, устанавливают «сглаживающие» емкости.

Процессы, эффективность которых уменьшается с возрастанием интенсивности перемешивания. Типичные примеры – процессы биосинтеза. Одно из требований при осуществлении этих процессов – достаточно малая концентрация субстрата (питат. смеси) в конечном продукте. Гидродинамика реактора обычно близка к идеальному смешению из-за барботажных эффектов (см. *Барботирование*) и интенсивной работы мешалки, обеспечивающих подачу  $O_2$  в любую точку аппарата. При проведении процесса в стационарном режиме идеального смешения концентрация субстрата в объеме реактора равна концентрации частиц на выходе из него и, следовательно, скорость биосинтеза будет мала. Осуществление процесса только в периодич. режиме связано с затратами времени на загрузку и выгрузку смеси, стерилизацию аппарата, приготовление посевного материала и др. Поэтому Ц. р. с периодич. выгрузкой части продукта и заменой его субстратом часто оказывается оптимальным.

Процессы, в которых переход к циклическим режимам позволяет повысить возможности управления. Характерные примеры – процессы, осуществляемые в каталитич. трубчатых реакторах. Напр., пусть в таком реакторе можно изменять расход газа, причем каждому значению расхода соответствует свой статич. температурный профиль. Эти профили неодинаковы: в одних случаях  $t$ -ра повышается слишком быстро, что может вызвать разрушение катализатора в конце реактора; в др. случаях  $t$ -ра возрастает медленно, что уменьшает скорость р-ции в начале реакц. трубы. При циклич. изменении расхода газа удается положительно влиять на профиль  $t$ -р не только самим значением расхода, но и формой его изменения, амплитудой и частотой колебаний. Иногда целесообразно периодически изменять как значение, так и направление подачи газа, т. е. поочередно направлять сырье в разные концы трубы, синхронно изменяя и точку отбора конечного продукта. Катализатор в циклич. процессах одновременно выполняет также роль насадки при регенеративном теплообмене.

Процессы, в которых отсутствует статический режим, удовлетворяющий технологич. ограничениям. Типичный пример – полимеризация эти-



лена в трубчатом реакторе. При полимеризации на стенках труб из-за малой скорости газа образуется пленка полиэтилена, создающая добавочное гидравлич. сопротивление потоку газа, ухудшающая тепло- и массообмен и др.; увеличение скорости газа уменьшает время пребывания этилена в реакц. зоне и степень его превращения.

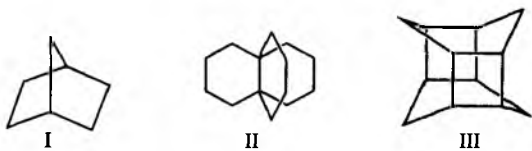
Периодич. кратковременное повышение скорости газа почти без снижения средней степени полимеризации предотвращает нарастание полимерной пленки на стенках труб. Аналогичные режимы используют для целей регенерации в процессах выпаривания, мембранного разделения, сушки и др. без останков оборудования.

Лит.: Карапетян В. В., Кривсунов В. Н., Свечинский В. Б., Колебательные режимы управления химико-технологическими объектами, М., 1974; Матрос Ю. Ш., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева», 1977, т. 22, № 5, с. 576-80; Цирлин А. М., Оптимальные циклы и циклические режимы, М., 1985; Автоматическое управление в химической промышленности, под ред. Е. Г. Дудникова, М., 1987; с. 230-94; Andresen B., *Thermodynamics in finite time*, Сph., 1990.

А. М. Цирлин.

**ЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**, содержат замкнутую в кольцо цепь атомов. Могут быть неорганическими (не содержат атомов С) и органическими. Неорг. циклы образуют отдельные атомы, напр. бор (см. *Боразол*), сера, а также их группировки – координац. полиэдры. При этом полиэдры могут иметь общую вершину или общее ребро (см., напр., *Силикаты*, *Фосфаты конденсированные*). Среди орг. Ц. с. различают карбоциклич. соед., в к-рых циклы состоят только из углеродных атомов (см. *Алициклические соединения*, *Ароматические соединения*), и гетероциклические соединения, содержащие в цикле наряду с атомами углерода один или неск. других атомов.

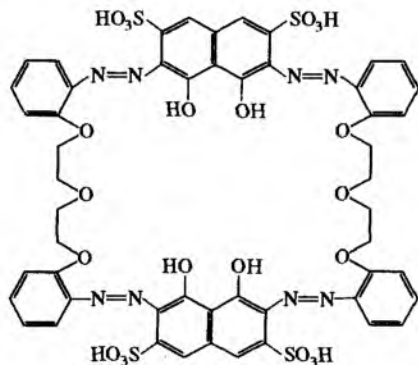
Ц. с. могут содержать один цикл (моноциклические, напр. *циклоалканы*), 2, 3 и более циклов (би- и полициклические). К би- и полициклич. соед. относятся: *спиросоединения* (хотя бы одна пара циклов имеет один общий атом); *конденсированные* (сросленные) соед. (два соседних цикла имеют два общих атома), напр. *азулены*, *антрацен*, *нафталин*, *хинолин*; *мостиковые* соед. (содержат фрагмент, в к-ром два кольца имеют 3 и более общих атомов), напр. *борнеолы*, *камфан*, бицикло[2.2.1]гептан (норборнан, ф-ла I), к мостиковым соед. относятся также пропелланы (напоминают по форме пропеллер), напр. [4.4.4] пропеллан (II); *полиэдрические соединения* (каждый цикл связан с неск. другими по типу конденсированных или мостиковых соед.), напр. астераны (напоминают звезду; ф-ла III). Неорг. соед. могут иметь один мостиковый атом.



Особую группу Ц. с. составляют *катенаны* (2 или более циклов продеты один сквозь другой, подобно звеньям цепи), *ротаксаны* (молекулы состоят из цикла и открытой цепи, продетой сквозь цикл) и *циклофаны* (макроциклич. системы, включающие ароматич. или гетероароматич. кольца, соединенные между собой алифатич. цепочками или гетероатомами).

Хим. св-ва орг. Ц. с. определяются природой составляющих их атомов, а также содержащихся в них функц. групп. Для многих Ц. с. характерно наличие разл. конформаций (см. *Конформационный анализ*), а также напряжение цикла (см. *Напряжение молекул*).

**ЦИКЛОАЗОХРОМ** (ЦАХ, го-ЦАХ, гексаоксациклоазохром), мол. м. 1149,01; синий порошок, реагент для спектрофотометрии. определение свинца. Определение проводят в 0,01–0,06 М р-ре HCl, HNO<sub>3</sub> или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Раствор Ц. имеет синюю окраску ( $\lambda_{\text{макс}}$  640 нм), комплекса со Pb – изумрудно-зеленую ( $\lambda_{\text{макс}}$  720 нм,  $\epsilon$  1,5·10<sup>4</sup>). Определению не мешают Hg, Ag, As(V), Cd, Sb(III), Zn, In, тартраты, цитраты, фториды, сульфосалициловая к-та. Предел обнаружения до 2 мкг/л.



Ц. получают азосочетанием диазониевого производного бис-(2-аминофенилового) эфира с хромотроповой к-той в щелочной среде.

Лит.: Петрова Т. В. [и др.], «Ж. аналит. химии», 1988, т. 43, № 12, с. 2221-28.

А. В. Михайлова.

**ЦИКЛОАЛКАНЫ** (циклопарафины, полиметилены, цикланы), насыщенные моноциклич. углеводороды. Ц. и их производные относятся к *алициклическим соединениям*.

По числу атомов С. в цикле Ц. делят на малые (3 или 4 атома), обычные (5–7), средние (8–12) и большие (13 и более).

Названия Ц. образуют, прибавляя префикс «цикло» к названию ациклич. неразветвленного алкана с тем же числом атомов углерода, напр. циклогексан.

Осн. природный источник Ц. – нефть (см. *Нафтенны*).

Низшие Ц. – циклопропан и циклобутан – газы, остальные Ц. – жидкости или твердые в-ва (табл.), плохо раств. в воде, легко – в орг. р-рителях.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЦИКЛОАЛКАНОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С/мм рт. ст.	Энергия напряжения, кДж/моль
Циклопропан	42,08	-127,5	-32,7/760	37,7
Циклобутан	56,10	-50	12/760	28,4
Циклопентан	70,13	-93,9	49,3/760	5,0
Циклогексан	84,16	6,5	79–81/760	0
Циклогептан (суберан)	98,19	-12	118,5/760	3,7
Циклооктан	112,21	14,3	63/45	5,1
Циклононан	126,24	9,7	69/14	5,9
Циклодекан	140,27	10,8	201/760	5,0
Циклоундекан	154,30	-7,2	91/12	4,2
Циклододекан	168,32	61,6	243/760	1,25
Циклотридекан	182,35	23,5	128/20	1,7
Циклотетрадекан	196,38	54	131/11	0
Циклопентадекан	210,40	62,1	147/12	0,4

Для Ц., содержащих более одного заместителя у разных атомов углерода, возможна *цис-транс-изомерия* (см. *Изомерия*).

Кольца в Ц. (за исключением циклопропана) – неплоские. Так, циклобутан имеет слегка выпученную форму – один из углеродных атомов располагается выше или ниже плоскости, в к-рой находятся три остальных атома, циклопентан – конформацию конверта или твист-конформацию, циклогексан может существовать в двух конформациях кресла, при переходе между к-рыми (через конформацию ванны) все аксиальные заместители становятся экваториальными и наоборот (см. *Конформационный анализ*). Для циклов больших размеров число конформаций возрастает, поэтому такие соед. существуют в виде неск. взаимопревращающихся конформеров. Так, для циклогептана возможны 4 устойчивые конформации: искаженное кресло (твист-кресло), кресло, ванна, искаженная ванна (твист-ванна), для циклооктана – 11 конформаций.

Ц. менее устойчивы, чем их ациклич. аналоги. Мерой относит. устойчивости Ц. служит энергия напряжений (см. *Напряжение молекул*), значения к-рой приведены в табл. в расчете на одну связь С—С. Устойчивость Ц. увеличивается от циклопропана к циклогексану (последний — полностью ненапряженное соед.), затем падает к циклононану и снова возрастает от циклодекана и далее в область больших циклов.

По хим. св-вам Ц., начиная от С<sub>5</sub>, подобны предельным алифатич. углеводородам; циклопропан по склонности к электроф. присоединению напоминает непредельные углеводороды, но пассивнее их. Ц. вступают в р-ции с изменением величины цикла, раскрытием цикла и трансаннулярной циклизации (между атомами средних циклов С<sub>8</sub>—С<sub>12</sub>).

Получают Ц. циклизацией дигалогенидов (в осн. 3- и 4-членные циклы); гидрированием циклоалкенов или ароматич. соед.; из функционально замещенных Ц.

См. также *Циклогексан*, *Циклододекан*, *Циклопропан*.

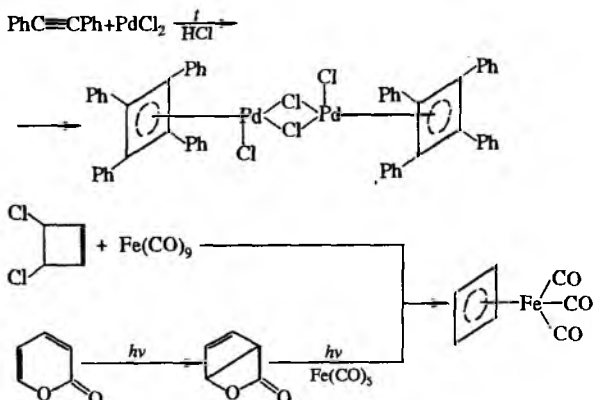
**ЦИКЛОАЛКЕНЫ**, то же, что *циклоолефины*.

**ЦИКЛОБУТАДИЕНОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**, содержат в качестве лиганда циклобутадиеп С<sub>4</sub>Н<sub>4</sub> или его замещенные. Связь металла с лигандом осуществляется по π-типу. Циклобутадиеновые комплексы (Ц. к.) получены для большинства переходных металлов и содержат, как правило, один циклобутадиеновый лиганд, напр. [Mo(CO)<sub>5</sub>(C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>)], [Co(C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>)(C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)]; соед. с двумя лигандами малочисленны, напр. [Mo(CO)<sub>2</sub>(C<sub>4</sub>Ph<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]. Ц. к. могут быть моно- и бидерными. Получен также бис(тетрафенилциклобутадиеп)никель — первый сэндвичевый комплекс, содержащий только циклобутадиеновые лиганды.

Циклобутадиеновый лиганд имеет плоскую квадратную структуру с выравненными связями С—С (длины всех связей близки к 0,145 нм), атом металла расположен на одинаковом расстоянии от всех четырех атомов углерода кольца.

Ц. к. термически устойчивы. Связь кольца с металлом достаточно прочная. Многие р-ции протекают с сохранением этой связи, напр. электроф. замещение атомов Н в кольце (ацелирование, хлорметилирование, меркурирование и др.), замещение др. лигандов. При окислении Ц. к. ионами нек-рых металлов (Сe<sup>4+</sup>, Ag<sup>+</sup>) выделяется своб. циклобутадиеп. Ц. к. могут переносить циклобутадиеновый лиганд с одного металла на другой (гл. обр. с Pd на Ni, Fe, Mo, W), что является одновременно и методом синтеза новых Ц. к.

Получают Ц. к. р-цией ацетиленов с производными металлов, дегалогенированием галогензамещенных циклобутанов или циклобутенов либо фотолизом α-пирона в присут. карбонилв металлов, напр.:



Трикарбонил(η<sup>4</sup>-циклобутадиеп)железо — источник циклобутадиепа в орг. синтезе.

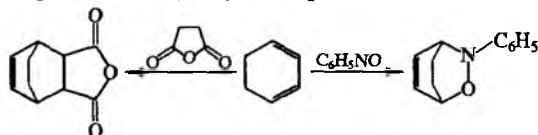
Лит.: Методы элементорганической химии. Типы металлоорганических соединений переходных металлов, под ред. А. Н. Несмеянова, К. А. Кочешкова, кн. 2, М., 1975, с. 542—84. Д. А. Лемнонский.

**1,3-ЦИКЛОГЕКСАДИЕН** (1,2-дигидробензол), мол. м. 80,12; бесцв. жидкость с неприятным резким запахом; т. пл.

–98 °С, т. кип. 80,5 °С, d<sub>4</sub><sup>20</sup> 0,8405, n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,4736; раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, не раств. в воде. Образует азеотропные смеси с водой (т. кип. 68,9 °С, 91% Ц. по массе), циклогексаном (79 °С, 45% Ц.), уксусной к-той (80 °С, 98% Ц.).



Обладает хим. св-вами *диеновых углеводородов*. В присут. катализаторов легко гидрируется и дегидрируется с образованием циклогексана и бензола соотв. В присут. Pt или Pd самопроизвольно превращается в смесь бензола и циклогексана (2:1). В присут. кислотных катализаторов легко полимеризуется. С диенофилами (напр., с малеиновым ангидридом или нитрозобензолом) вступает в р-цию диенового синтеза:



Получают Ц. дегидрогалогенированием 3-хлорциклогексана в присут. диметиланилина либо 1,2-дибромциклогексана в присут. изопропилата натрия в р-ре трипима при 110 °С; Ц. образуется также при димеризации 1,4-циклогексадиена.

А. А. Братиков.

**ЦИКЛОГЕКСАН**, мол. м. 84,16; бесцв. жидкость с характерным запахом; т. пл. 6,5 °С, т. кип. 79–81 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 0,7785, n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,4262; t<sub>пл</sub><sup>0</sup> 281 °С, P<sub>крит</sub> 4110 кПа, d<sub>крит</sub> 0,2718 г/см<sup>3</sup>; η 1,0217 мПа·с (20 °С); γ 25,3 мН/м (20 °С); давление пара 16,21 кПа (30 °С); ур-ние температурной зависимости давления пара (мм рт. ст.): lg p = 6,840 – – 2766,63/(T–50,50); C<sub>p</sub><sup>0</sup> 156,48 Дж(моль·К); ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 31,1 кДж/кг, ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 358 кДж/кг (80 °С), ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –156,23 кДж/моль, S<sub>298</sub><sup>0</sup> 204,35 Дж(моль·К), ε 2,03. Не раств. в воде, смешивается со спиртами, простыми и сложными эфирами, хлорид. углеводородами, аминами, жирными к-тами. Образует азеотропные смеси с водой (т. кип. 69 °С, 96,1% Ц. по массе), бензолом (77,5 °С, 45% Ц.).



При обычных т-рах молекула Ц. существует в виде двух кресловидных конформаций, быстро переходящих одна в другую. Длины связей (нм): 0,15 (С—С), 0,11 (С—Н), угол ССС 111,4°.

Ц. содержится в нефтях (0,9–1,5% по массе).

По хим. св-вам Ц. — типичный представитель *циклоалканов*. При жидкофазном окислении воздухом при 142–145 °С и 0,7 МПа образует смесь циклогексанона и циклогексанола. Нитрование 30%-ной HNO<sub>3</sub> или NO<sub>2</sub> приводит к нитроциклогексану, при действии более конц. HNO<sub>3</sub> окисляется до адипиновой к-ты, нитрозирование Ц. NOCl приводит к циклогексанооксиму (полупродукту в произ-ве капролактама). При дегидрировании Ц. над Ni, мелкодробленой Pt или Pd образуется бензол (в присут. Pd р-ция обратима), при действии брома — гексабромбензол, при хлорировании — хлорциклогексан с примесью полихлорпроизводных, при действии иода — бензол. При нагр. до 30–80 °С над AlCl<sub>3</sub> Ц. изомеризуется в метилциклопентан. Пиролиз Ц. при 450–600 °С дает смесь насыщ. и ненасыщ. углеводородов.

Получают Ц. гидрированием бензола в жидкой фазе над Ni-Ренея при 150–250 °С и 1–2,5 МПа (выход 99%), а также выделяют ректификацией из нефтепродуктов.

Ц. — сырье в орг. синтезе, р-дитель эфирных масел, восков, лаков, красок и др., экстрагент в фармацевтич. пром-сти.

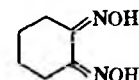
Ц. раздражает дыхат. пути. ПДК в атм. воздухе 1,4 мг/м<sup>3</sup>. Т. всп. –20 °С, т. самовоспл. 260 °С, КПВ 1,3–8% (по объему).

Лит.: Петров А. А., *Химия нефтево*, М., 1971, с. 27–29; Kirk — *Othermer encyclopedia*, 3 ed., v. 12, N. Y., 1980, p. 931–37. М. В. Арансон.

**1,2-ЦИКЛОГЕКСАНДИОНДИОКСИМ** (ниоксим), бесцв. кристаллы; т. пл. 187–189 °С; раств. в воде (8,2%), хлороформе, этаноле, плохо раств. в др. орг. р-рителях; pK<sub>a</sub> 10,70, 12,16; разлагается минер. к-тами.

Получают Ц. действием NH<sub>2</sub>OH на 1,2-циклогександион.

Ц. — реагент для гравиметрич. и экстракционно-фотометрич. определения Ni(II) (при рН



3-11), с к-рым он образует внутриклеточное соединение. Комплекс Ц. с Ni экстрагируется неводными р-рителями, что позволяет определять ультрамалые кол-ва Ni ( $\lambda$  265 нм,  $\epsilon$  3,57 · 10<sup>3</sup>; предел обнаружения 0,01 мкг/мл).

Ц. применяют также для гравиметрич., спектрофотометрич. и амперометрич. определения Pd(II).

Наряду с Ц. в качестве реагентов в аналит. химии используют его производные – 4-метил- и 4-изопропил-1,2-циклогексаниондиоксими. Эти реагенты м. б. использованы для гравиметрич. определения Ni и Pd и фотометрич. определения Ni (их комплексы с Ni лучше раств. в орг. р-рителях, чем комплекс Ni с Ц.).

Лит.: Савостина В. М. [и др.], «Ж. неорг. химии», 1964, т. 9, № 1, с. 80.

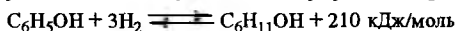
**ЦИКЛОГЕКСАНОЛ**, мол. м. 100,16; маслянистая бесцв. жидкость; в чистом виде – гигроскопич. Кристаллы с запахом камфоры и сивушного масла; т. пл. 25,1 °С (осн. модификация кристаллич. Ц. – кубическая:  $a = 0,883$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа  $Fm\bar{3}m$ ); т. кип. 161,1 °С;  $d_4^{20}$  0,9624;  $n_D^{20}$  1,4641;  $\eta$  4,6 мПа·с (25 °С);  $\gamma$  33,47 мН/м (30 °С);  $\mu$  6,34 · 10<sup>-30</sup> Кл·м;  $\Delta H_{пл}^0$  1,783 кДж/моль;  $\Delta H_{исп}$  60,2 кДж/моль (25–60 °С);  $\Delta H$  возгонки 60,8 кДж/моль (0–25 °С);  $\Delta H_{гор}^0$  –3517 кДж/моль;

$\Delta H_{обр}^0$  –294,5 кДж/моль; теплопроводность 0,136 Вт (м·град) (20 °С);  $\epsilon$  15,0 (25 °С). Р-имость Ц. в воде 4,3% по массе, воды в Ц. 12,6%, неограниченно смешивается с СО<sub>2</sub> при 21–26 °С и 6,4 МПа, раств. в большинстве орг. р-рителей.

Ц. образует азеотропные смеси (т. кип. смеси в °С; содержание Ц. в % по массе): вода (97,9; 21), фенол (128,9; 11), фурфурол (156,4; 45), кумол (150,0; 28), о-ксилол (142,8; 13), м-ксилол (138,7; 5), п-ксилол (137,8; 30), анизол (152,4; 30), циклогексанон (119,6; 12 и 91; 17 при давлении соотв. 300 и 100 мм рт. ст.).

По хим. св-вам обладает всеми характерными св-вами вторичных спиртов. При окислении (напр., HNO<sub>3</sub>, KMnO<sub>4</sub>) превращается в адипиновую к-ту, циклогексанон и низшие моно- и дикарбоновые к-ты; при дегидрировании дает *циклогексанон*.

Осн. пром. способ получения – гидрирование фенола:



Процесс осуществляют в паровой фазе при 130–150 °С и давлении 1,5–2,5 МПа в присут. Ni–Cr/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; молярное соотношение водород: фенол [(20–40):1], выход 98–99%.

Ц. – полупродукт в произ-ве адипиновой к-ты и циклогексанона; р-ритель масел, восков, полимеров, красителей; стабилизатор эмульсий, смазочных масел, кремов; противоспениватель и гомогенизирующее средство, напр. в дезинфицирующих препаратах; матирующее средство для хим. волокон; добавка при азеотропном обезвоживании гидразина.

Т. всп. 67,2 °С, т. воспл. 440 °С, КПВ 1,52–11,1% (по объему), ПДК в атм. воздухе 0,06 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов 0,5 мг/л.

Лит.: Производство капролактама, под ред. В. И. Овчинникова, В. Р. Руянского, М., 1977, с. 35–40, 246. П. А. Луанов.

**ЦИКЛОГЕКСАНОН**, мол. м. 98,14; маслянистая бесцв. жидкость с запахом ацетона и мяты; т. пл. –16,4 °С (в кристаллич. состоянии существует в двух модификациях: орторомбич. –  $a = 1,038$  нм,  $b = 0,734$  нм,  $c = 0,1509$  нм,  $z = 8$ , пространств.

группа  $Qh_1$ , к-рая переходит в кубическую –  $a = 0,863$  нм,  $z = 4$ ; т-ра фазового перехода –53,8 °С,  $\Delta H$  перехода 8,66 кДж/моль; т. кип. 155,7 °С, 47 °С/15 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,9478;  $n_D^{20}$  1,4510;  $t_{крит}$  356 °С,  $p_{крит}$  3,73 МПа;  $\eta$  2,36 мПа·с (20 °С);  $\gamma$  34,5 мН/м (20 °С);  $\mu$  9,3397 · 10<sup>-30</sup> Кл·м; ур-ние температурной зависимости давления пара (мм рт. ст.) в интервале 1–156 °С:  $\lg p = 6,33089 - 1670,009/(230,312 + t)$ ; давление пара 0,666 кПа (25 °С), 26,66 кПа (100 °С);  $\Delta H_{пл}^0$  1,328 кДж/моль;  $\Delta H_{исп}$  51,16 кДж/моль (50 °С), 48,40 кДж/моль (100 °С);  $\Delta H_{гор}^0$  –3344 кДж/моль;  $\Delta H_{обр}^0$  –227,6 кДж/моль;  $S_{298}^0$  330,5 Дж/моль·К;  $\epsilon$  18,2. Р-имость Ц. в воде 9,9% (по объему), р-имость воды в Ц. 5,8%. Ц. образует азеотропные смеси (т. кип. смеси в °С; содержание Ц. в %

по массе): вода (96,3; 45), кумол (152; 65), циклогексанол (119,6; 88 при 300 мм рт. ст.).

723

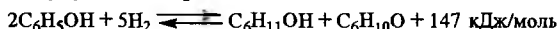
Для молекулы Ц. наиб. предпочтительна конформация кресла, при комнатной т-ре в равновесной смеси присутствует 1–12% Ц. в конформации ванны. Величина инверсионного барьера 16,7 кДж/моль.

По хим. св-вам Ц. – типичный представитель *кетон*ов. Кислородом воздуха или HNO<sub>3</sub> окисляется до адипиновой к-ты и низших моно- и дикарбоновых к-т, при окислении надуксусной к-той образуется капролактон; при кипячении с (СН<sub>3</sub>СО)<sub>2</sub>О – циклогексенацетат, при действии СН<sub>2</sub>N<sub>2</sub> – циклогептанон, в присут. безводных минер. к-т на холоду или щелочей при 100–150 °С – 4-циклогексилденциклогексанон.

В пром-сти Ц. получают окислением циклогексана О<sub>2</sub> воздуха при 140–165 °С и давлении 0,9–1,6 МПа в присут. нафтната или стеарата Со (0,25–2 г на 1 т циклогексана). Степень превращения циклогексана за один проход 4–5%.

Другой пром. способ получения Ц. – дегидрирование циклогексанола в паровой фазе при т-ре выше 220 °С и атм. давлении (в этих условиях равновесие р-ции сдвинуто в сторону Ц.) в присут. смешанных цинкхромовых (360–380 °С), медномагниевого (240–260 °С) или промотир. медно-цинкхромалюминиевых (240 °С) катализаторов; степень превращения за один проход соотв. 60–65, 50 и 50%.

Ц. получают также совместно с циклогексанолом каталитич. гидрированием фенола:



Процесс осуществляют в газовой фазе при 120–140 °С и 0,3 МПа в присут. Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при молярном соотношении водород: фенол [(5–10):1]. Образующуюся смесь Ц. (88–95%), циклогексанола (5–6%), непрореагировавшего фенола (1–2%) разделяют ректификацией.

Ц. применяют в произ-ве адипиновой к-ты, в качестве полупродукта в произ-ве  $\epsilon$ -капролактама, р-рителя нитратов и ацетатов целлюлозы, жиров, восков, пр-р. смол, поливинилхлорида, основных красителей; компонент средств для выведения пятен от краски.

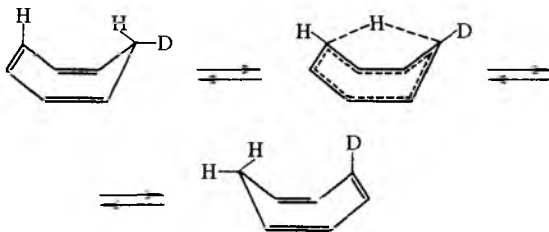
Т. всп. 33,9 °С, т. самовоспл. 452 °С, КПВ 0,9–9,0% (по объему), ПДК в атм. воздухе 0,04 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов 0,2 мг/л, ЛД<sub>50</sub> 2,78 г/кг (мыши, перорально).

Лит. см. при ст. Циклогексанол.

П. А. Луанов.

**1,3,5-ЦИКЛОПЕНТАТРИЕН** (тропилен; ф-ла I), мол. м. 91,13; бесцв. жидкость, т. пл. –78,45 °С, т. кип. 115,5 °С,  $d_4^{20}$  0,9105,  $n_D^{20}$  1,5208. Ц. представляет собой смесь неплоских конформеров, находящихся в гл. обр. в форме ванны.

При 100–140 °С Ц. претерпевает изомеризацию, сопровождающуюся 1,5-трансаннулярным перемещением водорода:



Ц. проявляет св-ва ненасыщ. соед.: он неустойчив, на воздухе легко окисляется и полимеризуется, бромруется. В двухфазной водно-орг. среде в присут.  $\beta$ -циклодекстрина в качестве межфазного катализатора и аниона гидридопентагидрокобальтата гидрируется до циклогептана. Окисление KMnO<sub>4</sub> и водно-спиртовой щелочью приводит к трополону (см. Трополон), окисление H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>7</sub> – к бензальдегиду.

Ц. вступает в р-ции циклоприсоединения (возможно 1,2-, 1,4- и 1,6-присоединение), в частности в р-цию *диенового синтеза* с разл. ненасыщенными орг., фосфорорг. и сераорг.

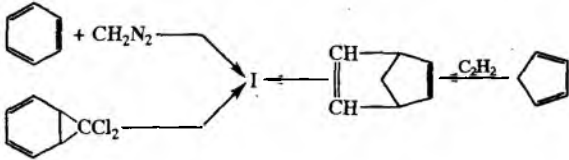
724

соед. Аддукт Ц. с малеиновым ангидридом (т. пл. 104–105 °С) применяют для идентификации Ц.

Ц. легко отщепляет гидрид-ион с образованием иона тропилия (см. *Тропилия соединения*), при взаимодействии с бензолом в присут.  $\text{Pd}(\text{OAc})_2$  дает 1-фенил-1,3,5-циклогептагтриен, при взаимодействии с ароматич. диазосоед. – 7-арилпроизводное. В жидком  $\text{SO}_2$  Ц. превращается в  $\text{PhCH}_2\text{SO}_2\text{H}$ .

Ц. образует комплексы со многими переходными металлами, координируясь в зависимости от природы металла и др. лигандов по  $\sigma$ - и  $\pi$ -типам. Комплексы  $(\eta^6\text{-C}_6\text{H}_6)_2\text{M}$ , получающиеся при конденсации паров металлов с Ц., легко изомеризуются в  $(\eta^7\text{-C}_7\text{H}_7)(\eta^7\text{-C}_7\text{H}_9)\text{M}$ , где  $\text{M} = \text{Mo}, \text{Cr}$  и др.

Получают Ц. циклоприсоединением карбенов, генерированных из диазометана, к бензолу в присут. комплексов  $\text{Cu}$  или  $\text{Rh}$ . Ц. образуется также при пиролизе 7,7-дихлорноркарана при 550 °С и давлении 16 кПа; из бициклич. углеводорода, получаемого из ацетилена и циклопентадиена:



Ц. впервые получен А. Ладенбургом в 1881. Строение установили Р. Вильштеттер и Ф. Тиле в 1901.

Лит.: Вольпин М. Е., «Успехи химии», 1960, т. 29, в. 3, с. 298–363; Джемилев У. М. [и др.], «Изв. АН СССР. Сер. хим.», 1991, № 5, с. 1063–69; Mach K. [a.o.], «Tetrahedron», 1984, в. 40, № 17, р. 3295–3303; Као J., «J. Amer. Chem. Soc.», 1987, в. 109, № 13, р. 3818–29; Saito K., «J. Organomet. Chem.», 1988, в. 338, № 2, р. 265–68; Green J. C. [a.o.], «J. Chem. Soc.», 1991, № 2, р. 173–180. Г. Д. Коломникова.

**ЦИКЛОДОДЕКАН** (додекаметилен), мол. м. 168,32; прозрачные бесцв. кристаллы; т. пл. 61–63 °С, т. кип. 243 °С, 118 °С/18 мм рт. ст.;  $d_4^{25}$  0,8340;  $n_D^{25}$  1,4550;  $\eta$  2,0 мПа·с (70 °С);  $\Delta H_{\text{гор}}^0$  –660,3 кДж/моль (в расчете на группу  $\text{CH}_2$ ),  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  –60 кДж/моль. Не раств. в воде, раств. в диэтиловом эфире, бензоле. Молекула Ц. неплоская, наиб. вероятная, энергетически выгодная конформация – деформир. «корона». Кристаллич. решетка триклинная ( $a = 0,784$  нм,  $b = 0,544$  нм,  $c = 0,782$  нм,  $\alpha = 81^\circ 42'$ ,  $\beta = 64^\circ$ ,  $\gamma = 81^\circ$ ,  $z = 1$ ).



Ц. относится к слабонапряженным карбоциклич. соед. ( $\Delta H_{\text{гор}}^0$  в расчете на группу  $\text{CH}_2$  лишь на 1,3 кДж/моль выше, чем у алканов). Напряженные молекулы Ц. обусловлено гл. обр. деформацией валентных углов (некр-ые углы  $\text{CCC}$  в Ц. достигают  $117^\circ$  против нормального значения  $109^\circ 28'$ ). Меньший вклад в общее напряжение вносят прелоговское и питчеровское напряжения (см. *Напряжение молекул*).

Ц. – относительно устойчивое соед. Взаимод. с галогенами приводит к последоват. замещению атомов  $\text{H}$  на галоген. Ц. не реагирует с галогеноводородными к-тами даже при нагрев. до 250 °С. При действии  $\text{H}_2$  в присут.  $\text{Pt}$  или  $\text{Ni}$  изомеризуется с сужением цикла. Такая же изомеризация происходит в присут.  $\text{AlCl}_3$  или под воздействием высоких т-р. При окислении Ц.  $\text{KMnO}_4$  либо минер. к-тами образуется 1,10-декандикарбоновая к-та, при окислении  $\text{O}_2$  воздуха в жидкой фазе в присут. переходных металлов или соед. бора – смесь продуктов с преимущественным содержанием циклододеканола. Последний через ряд последоват. р-ций (дегидрирование на меднохромовом кат. и послед. превращение продукта р-ции в оксим, перегруппировка Бекмана в присут. конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , гидrolитич. полимеризация) превращается в полидодеканамид  $[-\text{NH}(\text{CH}_2)_{11}\text{CO}-]_n$  – термопласт (мол. м. 15 000–35 000, т. пл. 178–180 °С,  $d_4^{20}$  1,02; не раств. в воде, низших спиртах, муравьиной к-те, устойчив в маслах, жирах, разбавленных к-тах и р-рах щелочей).

В пром-сти Ц. получают с количеств. выходом гидроованием *цис, транс, транс*- или *транс, транс, транс*-1,5,9-циклододекагтриенов (продуктов циклотримеризации бутадиена) в

присут.  $\text{Ni}, \text{Co}, \text{Cu}, \text{Pd}$  или др. катализаторов на носителях ( $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{SiO}_2$ , уголь) при 20–25 °С и давлении 1–30 МПа.

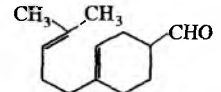
Известен способ получения Ц. гидрированием на гетерогенных катализаторах углеводородной фракции  $\text{C}_4$  пиролиза нефтепродуктов, содержащей 35–40% (по массе) бутадиена.

Ц. – полупродукт для получения полидодеканамида (компонент антифрикционных, конструкционных и электроизоляционных изделий, напр. вкладышей подшипников, деталей точных измерит. приборов), 1,10-декандикарбоновой к-ты (сырье для получения полиамидных волокон типа модифицир. нейлона, смазок, пластификаторов), а также для получения циклододеканола и циклододеканона.

Ц. пожароопасен, т. всп. 95 °С, т. воспл. 105 °С, т. самовоспл. 350 °С.

Лит.: Илвел Э., *Стереохимия соединений углерода*, пер. с англ., М., 1965; *Справочник нефтехимика*, под ред. С. К. Огородникова, т. 1, Л., 1978, с. 18. В. Я. Кугель.

**ЦИКЛОНАЛЬ** [мирак-альдегид, эмпеталь, 4-(4-метил-3-пентенил)-3-циклогексенкарбальдегид], мол. м. 192,30; бесцв. или слегка желтоватая маслянистая жидкость, обладает запахом цветов с оттенком свежей зелени; т. кип. 142–144 °С/8 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,943;  $n_D^{20}$  1,491–1,492; раств. в этаноле и маслах, не раств. в воде. Получают диеновым синтезом из мирцена и акролеина. Душистое в-во в парфюмерии. Л. А. Хейфиц.



Ц. впервые получен А. Ладенбургом в 1881. Строение установили Р. Вильштеттер и Ф. Тиле в 1901.

Лит.: Вольпин М. Е., «Успехи химии», 1960, т. 29, в. 3, с. 298–363; Джемилев У. М. [и др.], «Изв. АН СССР. Сер. хим.», 1991, № 5, с. 1063–69; Mach K. [a.o.], «Tetrahedron», 1984, в. 40, № 17, р. 3295–3303; Као J., «J. Amer. Chem. Soc.», 1987, в. 109, № 13, р. 3818–29; Saito K., «J. Organomet. Chem.», 1988, в. 338, № 2, р. 265–68; Green J. C. [a.o.], «J. Chem. Soc.», 1991, № 2, р. 173–180. Г. Д. Коломникова.

**ЦИКЛОНЫ**, устройства для отделения твердых частиц от газа; центробежные пылеуловители (см. *Пылеулавливание*), конструктивные элементы к-рых обеспечивают вращат.-поступат. движение газового потока.

Принципиально Ц. работает по след. схеме (рис. 1). Обеспыливаемый газ поступает в образующую кольцевое пространство аппарата цилиндрич. часть, где движется по спирали с возрастающей скоростью от периферии к центру, спускается по наружной спирали, затем поднимается по внутр. спирали и выходит через выхлопную трубу. Под действием центробежной силы частицы пыли отбрасываются к стенке Ц. и вместе с частью газа попадают в бункер. Часть освобожденного от пыли газа возвращается из бункера в Ц. через центр пылеотводящего отверстия, давая начало внутр. вихрю.

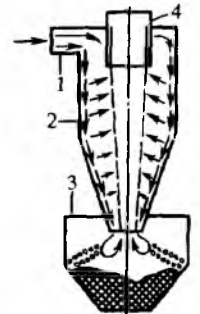


Рис. 1. Схема течения газовых потоков в циклоне: 1, 4 – входной и отводящий патрубки; 2 – корпус; 3 – пылевой бункер.

Отделение частиц от попавшего в бункер газа происходит при перемене направления их движения на  $180^\circ$  под действием сил инерции. По мере движения данной части газа в сторону выхлопной трубы к ним присоединяются порции газа, не попавшего в бункер. Это не вызывает существ. увеличения выноса пыли в трубу, т. к. распределенное на довольно большом отрезке длины Ц. перетекание газа происходит со скоростью, недостаточной для противодействия движению частиц к периферии аппарата. Значительно большее влияние на полноту пылеулавливания оказывает движение газа в области пылеотводящего отверстия. Поэтому частицы чрезвычайно чувствительны к подсосам газа через бункер из-за увеличения объема потока, движущегося навстречу улавливаемой пыли. Отсюда видна важная роль бункера при осаждении частиц пыли в Ц.; использование таких аппаратов без бункеров или с бункерами уменьшенных размеров приводит к снижению эффективности пылеулавливания.

Конструкции Ц. весьма разнообразны. На рис. 2 представлены осн. виды циклонных пылеуловителей. Ц. различаются по способу подвода газа, к-рый м. б. спиральным (рис. 2,а), тангенциальным, или обычным (рис. 2,б), винтообразным (рис. 2,в) и осевым; Ц. с осевым (розеточным) подводом газа работает как с возвратом газа в верх. часть аппарата (рис. 2,з), так и без него (рис. 2,д). Аппараты последнего типа (т. наз.

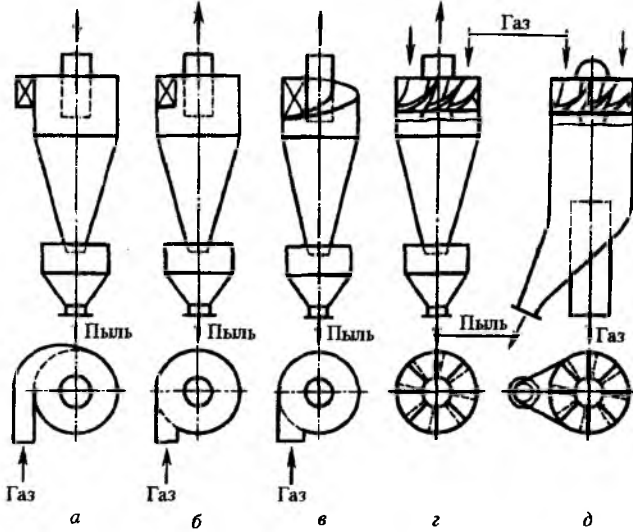


Рис. 2. Основные виды циклонов: а - спиральный; б - тангенциальный; в - винтообразный; г - розеточный с возвратом газа; д - розеточный прямооточный.

прямоточные Ц.) отличаются низким гидравлич. сопротивлением и меньшей по сравнению с Ц. иных типов эффективностью пылеулавливания. Простота конструкции прямооточных Ц. облегчает нанесение на них футеровки, что позволяет применять эти аппараты для осаждения крупных абразивных частиц пыли.

Гидравлич. сопротивление Ц.  $\Delta p$  (Па) рассчитывают по ф-ле:

$$\Delta p = 1/2 \xi v^2 \rho_r \quad (1)$$

где  $\xi$  - коэф. гидравлич. сопротивления;  $v$  - скорость газа в произвольном сечении, относительно к-рого вычислен  $\xi$  (обычно определяют для наиб. сечения, характеризуемого диаметром  $D$ );  $\rho_r$  - плотн. газа.

Несмотря на кажущуюся простоту Ц., протекающие в них гидродинамич. процессы достаточно сложны и не поддаются аналит. решению без ряда допущений. Поэтому в условиях преобладающей роли в Ц. центробежного механизма осаждения самый простой и надежный метод расчета эффективности  $\eta$  работы Ц. базируется на применении критериальной зависимости:

$$\eta = f(Stk, \xi), \quad (2)$$

где  $Stk = d_p^2 v / 18 \mu D$  - критерий Стокса;  $d_p$  и  $\rho_p$  - диаметр и плотн. частиц пыли;  $\mu$  - динамич. вязкость газа.

Из выражения (2) м. б. получена общая ф-ла:

$$d_{50} = 14,5 \cdot 10^{-5} \xi^{-0,51} \sqrt{D \mu / \rho_p} \quad (3)$$

где  $d_{50}$  - диаметр частиц, улавливаемых в Ц. с эффективностью  $\eta = 0,5$ .

Фракционная эффективность пылеулавливания в Ц. подчиняется обычно логарифмически-нормальному закону распределения улавливаемых частиц по размерам. Поэтому  $\eta$  отвечает интегралу вероятности, табличное значение к-рого находится в зависимости от величины

$$x = [lg(d_p / d_{50}) / \sqrt{lg^2 \sigma_d + lg^2 \sigma_\eta}]$$

где  $lg \sigma_d$  и  $lg \sigma_\eta$  - дисперсии распределения частиц по размерам и фракционной эффективности пылеулавливания ( $lg \sigma_d \approx 0,35$ );  $d_m$  - т. наз. медианный диаметр частиц пыли.

В пром. практике Ц. принято разделять на высокоэффективные и высокопроизводительные. Аппараты первого типа требуют больших затрат на очистку газа; Ц. второго типа имеют небольшое гидравлич. сопротивление, но хуже улавливают мелкие частицы. Широкое применение находят цилиндрич. и конич. Ц. НИИО-газ. Цилиндрич. аппараты отличаются удлиненной цилиндрич. частью и винтовым подводом

газа; коэф.  $\xi$  относительно невысок (75-245). Конич. аппараты имеют длинную конич. часть, спиральный входной патрубок и малое отношение диаметров выхлопной трубы и корпуса (0,34 или 0,22), характеризуются высоким коэф.  $\xi$  (1150 или 1200). Цилиндрич. аппараты относятся к высокопроизводительным Ц. с диаметром не более 2 м, конические - к высокоэффективным с диаметром до 3 м.

Групповые Ц. При больших расходах очищаемого газа применяют групповую компоновку аппаратов. Это позволяет не увеличивать диаметр Ц., повышает эффективность пылеулавливания. Группа Ц., составленная обычно из цилиндрич. аппаратов, имеет общие коллектор загрязненного газа, сборник очищенного газа и пылевой бункер. Отвод обеспыленного газа от Ц. группы осуществляют либо через спец. устройства (улитки), устанавливаемые на каждом аппарате и объединяемые общим коллектором, либо непосредственно через него. Использование улиток уменьшает общую высоту группы. При равной производительности цилиндрич. конич. аппараты отличаются большими габаритами и поэтому в групповом исполнении не применяются.

Батарейные Ц. (рис. 3). Из выражения (3) следует, что эффективность очистки газа в Ц. можно повысить путем увеличения скорости газа или уменьшения диаметра аппарата. Однако возрастание скорости связано со значит. увеличением гидравлич. сопротивления. Поэтому для повышения эффективности работы Ц. желательны уменьшение их диаметра и замена одного аппарата несколькими малого диаметра. Такой принцип положен в основу устройства батарейного Ц. (рис. 3, а). Последний состоит из многих (неск. десятков) параллельно работающих элементов (рис. 3, б) - Ц. небольшого диаметра, смонтированных в общем корпусе. Поступая в него, запыленный газ входит в газораспределит. камеру, ограниченную трубными решетками, в к-рых герметично укреплены циклонные элементы. Обеспыленный газ удаляется через выхлопные трубы элементов в общую камеру, а пыль собирается в конич. днище (пылесборнике).

Однако эффективность очистки в батарейном Ц., как правило, на 20-25% меньше той, к-рая м. б. достигнута в эквивалентном по диаметру обычном Ц. Это объясняется перетоком газа из элементов с большим гидравлич. сопротив-

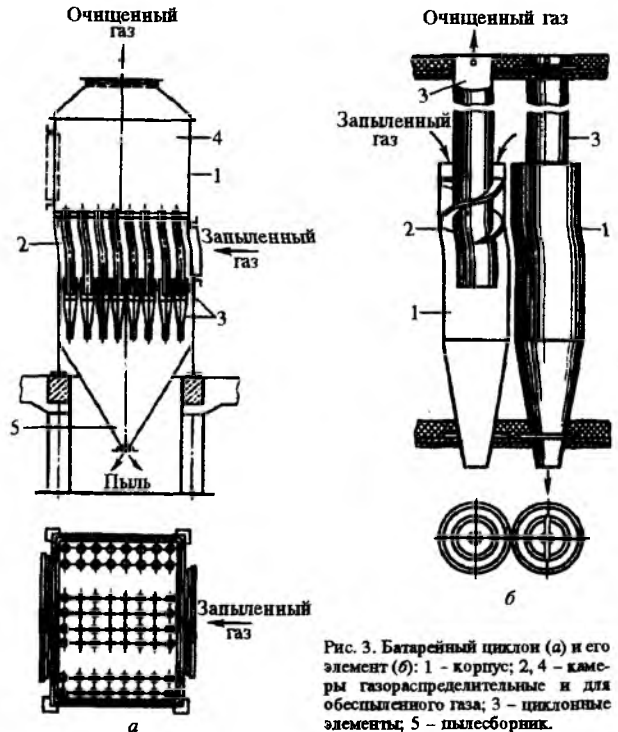


Рис. 3. Батарейный циклон (а) и его элемент (б): 1 - корпус; 2, 4 - камеры газораспределительные и для обеспыленного газа; 3 - циклонные элементы; 5 - пылесборник.

лением в элементы с меньшим сопротивлением. Поэтому, а также из-за возможности образования отложений циклонные элементы должны иметь диаметр не менее 0,3 м. Каждый элемент отличается от обычного Ц. преим. способом ввода запыленного газа, к-рый поступает в элемент не по касательной, а сверху через кольцевое пространство между корпусом и выхлопной трубой. В этом пространстве на входе газа в каждый элемент установлен направляющий аппарат (винт или розетка с наклонными лопатками), сообщающий потоку газа вращат. движение. В отличие от обычных батарейные Ц. сложнее в изготовлении, но имеют значительно меньшие габариты.

Благодаря невысокой стоимости, простоте устройства и обслуживания, сравнительно небольшому гидравлич. сопротивлению и высокой производительности Ц. являются наиб. распространенным типом сухих мех. пылеуловителей.

Лит.: Очистка промышленных газов от пыли, М., 1981; Справочник по пыле- и золоулавливанию, под ред. А. А. Русанова, 2 изд., М., 1983.

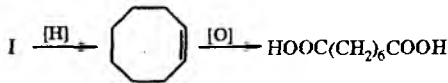
А. Ю. Вальдберг.

**ЦИКЛООКТАТЕТРАЭН** (ф-ла I), мол. м. 104,14; золотисто-желтая жидкость; т. пл.  $-7^{\circ}\text{C}$ , т. кип.  $142^{\circ}\text{C}$ ,  $d_4^{20}$  0,9206;  $n_D^{20}$  1,5375;  $\Delta H_{\text{гор}}^0$   $-4475,7$  кДж/моль;  $\Delta H_{\text{исп}}^0$   $43,12$  кДж/моль.

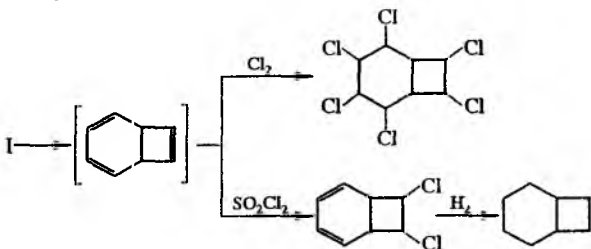


Длины связей в молекуле (нм):  $\text{C}=\text{C}$  0,13,  $\text{C}-\text{C}$  0,146,  $\text{C}-\text{H}$  0,109, углы  $\text{C}=\text{C}-\text{H}$   $118,3^{\circ}$ ,  $\text{C}-\text{C}-\text{C}$   $126,46^{\circ}$ .

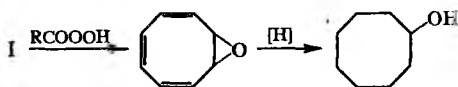
Ц. проявляет св-ва ненасыщ. соед.: легко присоединяет водород, галогены, окисляется. Гидрирование приводит к продуктам частичного или полного восстановления; р-цию используют в синтезе пробковой к-ты:



При хлорировании Ц. при т-ре от  $-30$  до  $0^{\circ}\text{C}$  образуется гл. обр. 2,3,4,5,7,8-гексахлорбицикло[4.2.0]октан, а при действии  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  — 7,8-дихлорбицикло[4.2.0]окта-2,4-диен; последний при гидрировании превращается в бицикло[4.2.0]октан:



Надкислоты окисляют Ц. до эпоксида, при гидрировании к-рого образуется циклооктанол:



Окисление Ц. гипохлоритами в щелочной среде приводит к терефталевому альдегиду, хромовым ангидридом в уксусной к-те — к терефталевой к-те.

При длительном кипячении в атмосфере азота Ц. димеризуется по схеме диенового синтеза, в более жестких условиях — полимеризуется.

Получают Ц. тетрамеризацией ацетилен в присут. солей Ni при  $50-60^{\circ}\text{C}$  под давлением в среде ТГФ.

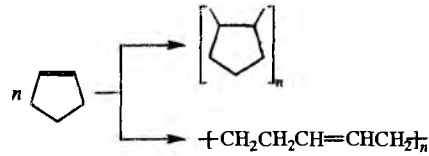
Применяют Ц. для получения циклооктана, циклооктена и др. соед. этого ряда.

Лит.: Химия ацетилена. Сб., пер. с англ. и нем., М., 1954; Schröder G., Cyclooctatetraene, Weinheim, 1965.

Э. Е. Нифантцев.

**ЦИКЛОЛЕФИНОВЫЕ КАУЧУКИ**, продукты гомополимеризации циклоолефинов.

В зависимости от условий циклоолефины могут полимеризоваться по двойной связи или с раскрытием цикла; в первом случае образуется полимер, содержащий циклы в цепи, во втором — каучукоподобный полимер с открытой цепью, как, напр., в случае циклопентена:



При этом открытоцепные полимеры могут иметь *цис*- или *транс*-конфигурацию.

Направление полимеризации зависит от природы переходного металла, входящего в состав каталитич. комплекса. Так, катализаторами синтеза карбоциклич. полимеров служат соед. V и Cr, открытоцепных — соед. W, Ta, Nb, Mo, Ti, Re, алюминийорг. соединения.

Наиб. практич. интерес представляют полимеры с открытой цепью (мол. м. больше 200 000), получаемые полимеризацией циклопентена, циклооктена и норборнена, — соотв. полипентенамеры, полиоктенамеры и полинорборнен, к-рые по строению и св-вам близки полидиенам.

Среди полипентенамеров лучшими эксплуат. св-вами обладает *цис*-изомер, напр. по морозостойкости он превосходит все известные углеводородные каучуки. Его т-ра стеклования ок.  $-120^{\circ}\text{C}$ , что на  $40-50^{\circ}\text{C}$  ниже т-ры стеклования стереорегулярного бутадиенового каучука. При растяжении медленно кристаллизуется. Вулканизуется серой, совулканизуется с др. каучуками. Высокоэластич. св-ва его наилучшим образом проявляются при низких т-рах; так, прочность вулканизатов при растяжении составляет 1,6 МПа при  $23^{\circ}\text{C}$ , 2,2 МПа при  $-50^{\circ}\text{C}$  и 3,82 МПа при  $-93^{\circ}\text{C}$ , модуль высокоэластичности при нагрузке 20 МПа — соотв. 0,25, 0,29 и 0,79.

Получают *цис*-полипентенамер стереоспецифич. полимеризацией циклопентена в присут.  $\text{MoCl}_5 - \text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  в течение 4 ч. Оптимальный выход при молярных соотношениях  $\text{MoCl}_5 : \text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3 = 1,5 : 2,5$  и циклопентан :  $\text{MoCl}_5 = 500 : 1$ .

*транс*-Полипентенамер образуется при полимеризации циклопентена в присут.  $\text{WCl}_6 - \text{AlR}_3$  ( $\text{R} = \text{Alk}$ ) с добавками пероксидов и гидропероксидов.

Полипентенамеры обладают высокой когезионной прочностью, износостойкостью, теплостойкостью и повышенной эластичностью по сравнению с др. каучуками. Применяются в виде совулканизатов с др. каучуками в произ-ве морозостойких резин.

Полинорборнен (ПНБ; PNR) при полимеризации норборнена м. б. получен в виде кристаллов (Ta-катализатор,  $95^{\circ}\text{C}$ , 3 ч) или аморфного полимера (W-катализатор,  $80^{\circ}\text{C}$ , 4 ч); т-ра стеклования кристаллич. полимера ок.  $-80^{\circ}\text{C}$ , аморфного ок.  $35^{\circ}\text{C}$ .

Переработка полинорборнена осуществляется на обычном оборудовании резиновой пром-сти. Для достижения эластич. св-в в порошкообразный полимер вводят пластификаторы (сложные эфиры фталевой или адипиновой к-т, технол. масла), понижающие т-ру стеклования полимера до  $-60^{\circ}\text{C}$ . Вулканизуется серой с ускорителями. Способен поглощать большое кол-во мягчителя (до 200 мас. ч. на 100 мас. ч. полимера), что обеспечивает варьирование твердости вулканизатов от 15 до 90 единиц по Шору А. Легко совмещается со всеми диеновыми СК. По мех. св-вам, стойкости в агрессивных средах, тепло- и морозостойкости вулканизаты ПНБ аналогичны вулканизатам неполярных диеновых СК; отличительная особенность — способность к вибродемпфированию при т-рах от  $-40$  до  $90^{\circ}\text{C}$ .

Применяют вулканизаты ПНБ вместо губчатых резин для изготовления амортизаторов, виброизоляторов, звукопоглощающих покрытий, мягких монолитных резин для разл. изделий в автомобилестроении, стр-ве, типографском деле и др. ПНБ выпускается под назв. норсорекс (Франция).



Полиоктенамер получают полимеризацией циклооктена в присут. Ti-катализаторов по р-ции метатезиса. В пром-сти выпускают полимер с содержанием *транс*-изомеров в кол-ве 80 и 90% (торг. названия соотв. вестенамер 8012 и вестенамер 6213); т-ры стеклования соотв. -65 и -75 °С. Полиоктенамер легко плавится при т-ре переработки резиновых смесей, в к-рых он выполняет роль пластификатора, повышая их когезионную прочность. Легко совулканизуется с разл. типами каучуков при использовании любых вулканизирующих агентов.

Осн. применение - технол. добавка к резиновым смесям, снижающая их вязкость, улучшающая диспергирование наполнителей и облегчающая переработку разл. методами (экструзией, каландрованием, литьем под давлением).

Лит.: Кристаллические полволефины, пер. с англ., т. 1-2, М., 1970.

О. А. Говорова.

**ЦИКЛООЛЕФИНЫ** (циклоалкены, циклены), ненасыщ. моноциклич. углеводороды общей ф-лы  $C_nH_{2n-2}$ . Ц. и их производные относятся к *алициклическим соединениям*. По числу атомов С в цикле Ц. подразделяют на малые (3 и 4 атома), обычные (5-7), средние (8-12) и большие (13 и более). Названия Ц. образуют из названий соответствующих циклоалканов, заменяя окончание «ан» на «ен», напр. циклооктен.

Многие природные соед.-функциональные производные Ц. Так, из масла семян *Sterculia foetida* выделена стеркуловая к-та [8-(2-октилциклопропенил)октановая к-та], из губки *Salix picadensis* - калистерол - производное холестерина, содержащее в молекуле циклопропеновое кольцо. Из прир. источников выделен также антибиотик пинитрицин (гидроксиэтилциклопропенон); один из распространенных орг. объектов в космич. пространстве - карбен циклопропенилиден.

Низшие Ц.-циклопропен и циклобутен - газы, остальные Ц.-жидкости (табл.), не раств. в воде, хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей (углеводороды, спирты, простые и сложные эфиры). Жидкие Ц. часто образуют азеотропные смеси с разл. соед., напр. для циклогексена известны азеотропные смеси с водой, метанолом, этанолом, уксусной к-той, бензолом.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЦИКЛООЛЕФИНОВ

Соединение	Мол.м.	Т.пл., °С	Т.кип., °С	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
Циклопропен	40,06	—	-36	—	—
Циклобутен	54,09	—	2,0	0,732	—
Циклопентен	68,11	-135,1	44,2	0,7720	1,4225
Циклогексен	82,14	-103,51	82,98	0,8102	1,4465
Циклооктен					
<i>транс</i> -	110,19	-59	143	0,8472	1,4741*
<i>цис</i> -	То же	-12	138	0,8472	1,4698
Циклодецен	166,30	—	100-103**	—	1,4864

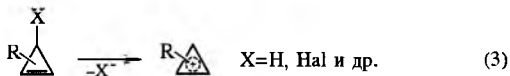
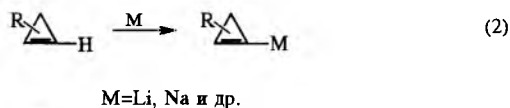
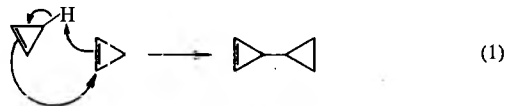
\*При 25 °С. \*\*При 11 мм рт. ст.

Особенности строения Ц. (размер цикла и геометрия фрагмента С=C) м. б. выявлены с помощью спектров ПМР: хим. сдвиг  $\delta$  7,01 (=СН) и 0,92 (=ССН<sub>2</sub>) м. д. для циклопропена, 6,03 и 2,57 м. д. для циклобутена, 5,60 и 2,28 м. д. для циклопентена, 5,59 и 1,96 м. д. для циклогексена, 5,56 и 2,11 м. д. для *цис*-циклооктена, для *транс*-циклооктена хим. сдвиг  $\delta$  5,40 м. д. (=СН).

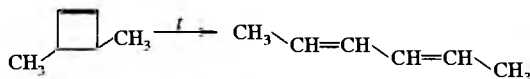
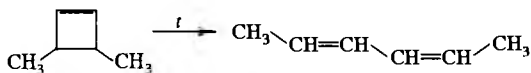
В отличие от *транс*-олефинов, обладающих большей стабильностью, чем соответствующие *цис*-изомеры, относит. стабильность *цис*- и *транс*-циклоолефинов меняется в зависимости от размера цикла. Для малых и обычных циклов стабильны лишь *цис*-изомеры, к-рые можно выделить в индивидуальном состоянии; *транс*-изомеры С<sub>3</sub> - С<sub>7</sub> обладают значительно большим запасом энергии и потому более реакционноспособны. Начиная с циклооктена с увеличением размера цикла стабильность *транс*-изомеров увеличивается. Кроме того, у таких Ц. появляется хиральность. Так, разделение рацемич. *транс*-циклооктена с помощью платиновых комплексов, содержащих оптически активный  $\alpha$ -фенилэтиламин, приводит к достаточно стабильным D- и

L-энантиомерам: активаци. барьер рацемизации 149,07 кДж/моль. Стабильность энантиомеров *транс*-циклононена и *транс*-циклодецена невысока из-за значительно большей конформац. подвижности полиметиленовых цепочек.

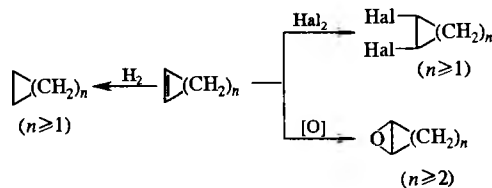
Реакц. способность Ц., изменяющаяся в широких пределах, определяется размером цикла, его конформац. особенностями и изомерией относительно связи С=C. Наиб. реакционноспособны циклопропен и циклобутен благодаря высокой энергии напряжения малого цикла (см. *Напряжение молекул*). Так, циклопропен, его моно- и многие 1,3-дизамещенные производные вступают в *еновые реакции* при низких т-рах (р-ция 1); легко металлируются под действием оснований (литийорг. соед., амиды металлов и др.) при наличии хотя бы одного атома Н у атомов С-1 или С-2 (2); образуют соли циклопропенилия в результате отрыва галогена или гидрид-иона от атома С-3 циклопропенатов (3); в условиях термич., каталитич. и фотохим. р-ций способны генерировать алкенилкарбены (4):



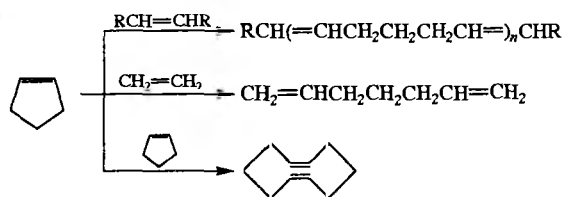
Циклобутен при нагр. до 180 °С изомеризуется количественно в 1,3-бутадиен. Такое раскрытие производных циклобутена часто используют для синтеза разнообразных 1,3-диенов. Особый интерес представляет стереоселективные превращения 3,4-дизамещенных циклобутенов в 1,4-дизамещенные 1,3-бутадиены:



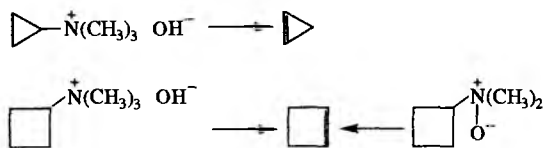
Ц. вступают в р-ции каталитич. гидрирования, присоединяют галогены, окисляются надкислотами с образованием соотв. циклоалканов, 1,2-дигалогенпроизводных и эпоксинов:



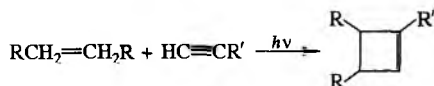
В условиях р-ций метатезиса Ц. расщепляются, образуя ациклич. полимерные, мономерные и циклич. продукты, напр.:



Ц. получают с помощью р-ций элиминирования, используя доступные замещенные циклоалканы. Так, циклопропен и циклобутен получают термич. разложением четвертичных аммониевых оснований в условиях р-ции Гофмана либо термич. разложением N-оксидов третичных аминов:



Циклопропены м. б. получены также присоединением карбенов по связям C≡C (см. Карбены). Для синтеза замещенных циклобутенов используют внутри- или межмол. фотохим. [2+2]-циклоприсоединение производных этилена и ацетиленов:



Циклопентен и циклогексен получают обычно дегидратацией соответствующих циклоалканолов, используя в качестве дегидратирующих средств Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> или силикагель при повышенных т-рах, а в лаборатории – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> либо H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Циклопентен м. б. получен гидрированием циклопентадиена на Pd-катализаторах.

Для синтеза циклооктена и циклододецена используют селективное гидрирование соотв. 1,5-циклооктадиена и 1,5,9-циклододекатриена в присут. Ni-катализаторов.

Ц. – полупродукты в орг. синтезе. Циклопентен – сырье для получения каучука, циклогексен – алкилирующий агент, р-ритель, применяется для синтеза малеиновой, адипиновой, циклогексанкарбонной к-т и циклогексанкарбальдегида; в лаборатории – для синтеза бугадиена.

См. также Циклопентен.

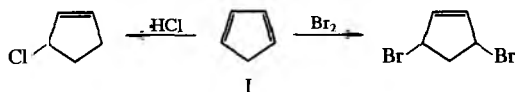
Лит.: Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 1–4, М., 1987–88; McQuillin F.J., Alicyclic chemistry, Camb., 1972; Günther H., Günther J., «Chem. Rev.», 1977, v. 77, № 4, p. 599–637; Winnacker K., Kuchler L., Chemische Technologie, 4 Aufl., Bd 5, Münch., 1984; Chemistry of the cyclopropyl group, ed. Z. Rappoport, pt. 1, L., 1987, p. 101–172.

И. Г. Болесов.

**ЦИКЛОПАРАФИНЫ**, то же, что *циклоалканы*.

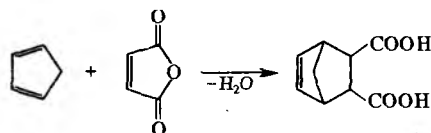
**1,3-ЦИКЛОПЕНТАДИЕН** (ф-ла I), мол. м. 66,11; бесцв. жидкость со специфич. неприятным запахом; т. пл. –97,2 °С, т. кип. 40,8 °С, d<sub>4</sub><sup>20</sup> 0,8021, n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,4440, ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 7 кДж/моль, ΔH<sub>сгор</sub><sup>0</sup> –700 кДж/моль; раств. в этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, не раств. в воде.

Ц. обладает хим. св-вами *диеновых углеводородов*. Легко присоединяет галогены, галогеноводороды и др., образуя продукты 1,4-присоединения, напр.:



При действии на Ц. избытка щелочного р-ра гипохлорита при 40 °С образуется гексахлорциклопентадиен – полупродукт для синтеза мн. пестицидов (альдрин, дильдрин, гепта-хлор и др.).

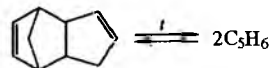
Ц. вступает в *диеновый синтез* с разл. диенофилами, напр. с малеиновым ангидридом образует 3,6-метанотетрагидрофталевую к-ту:



По схеме диенового синтеза Ц. полимеризуется, давая в обычных условиях димеры, тримеры и т. д. Мономерный Ц. устойчив лишь при т-ре ниже –80 °С (однако димер легко превращается в мономер при перегонке).

Ц. реагирует с тонкодисперсным Na в суспензиях углеводородов с образованием циклопентадиенильных π-комплексов разл. металлов (см. *Металлоцены*). С железом, его карбонилами, а также с Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> или FeCl<sub>2</sub> Ц. дает *ферроцен*, образует устойчивые *илиды*, напр. с пиридином, конденсация Ц. с альдегидами и кетонами приводит к *фульвенам*.

Ц. содержится в низкокипящих фракциях пиролиза нефтяного сырья и коксования каменного угля, откуда его извлекают ректификацией. В лаб. условиях м. б. получен из 1,2-дибромциклопентана отщеплением HBr, дегидрированием циклопентена при 500–650 °С на алюмохромовом катализаторе. Ц. выделяют также из отходов произ-ва синтетич. каучука, в к-рых он находится в виде димера:



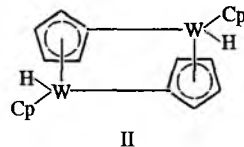
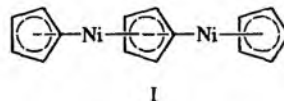
Ц. применяют для получения инсектицидов (альдрин, изодрин и др.), металлоценов, циклопентана, циклопентена, гексахлорциклопентадиена, соед. норборненового ряда и др.

Т. всп. –50 °С, т. самовоспл. 640 °С. ПДК в атм. воздухе 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

Лит.: Kirk – Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 7, N. Y., 1979, p. 417–29.

А. А. Братков.

**ЦИКЛОПЕНТАДИЕНИЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**, содержат в качестве лиганда циклопентадиенил (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>, или Cp). Металл в комплексах (Ц. к.) м. б. связан с лигандом по σ- и π-типам. Наиб. распространены π-комплексы. Известны соед. смешанного типа, напр. [Fe(CO)<sub>2</sub>(η<sup>1</sup>-Cp)(η<sup>5</sup>-Cp)]; соед. с заместителями в циклопентадиенильных кольцах, напр. [M(η-C<sub>5</sub>H<sub>5-n</sub>{C(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>})<sub>n</sub>], [M(η-C<sub>5</sub>H<sub>5-n</sub>{Si(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>})<sub>n</sub>](n = 1, 2), [M{η-C<sub>5</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>5</sub>}], а также с инденильной и фуоренильной группировками. Синтезированы «многопалубные» Ц. к. (напр., ф-лы I) и Ц. к. с мостиковыми Sr-лигандами (напр., II). Соед. этого типа интенсивно изучаются.



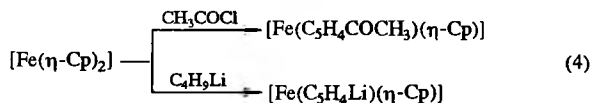
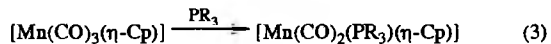
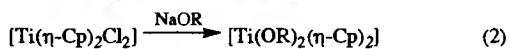
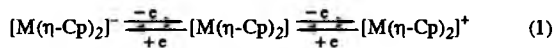
По числу лигандов, связанных с металлом, различают моно-, бис- (см. *Металлоцены*) и трисциклопентадиенильные производные.

Ц. к. могут иметь структуру правильного сэндвича (Cp-лиганды расположены параллельно друг другу) [M(η-Cp)<sub>2</sub>], клинообразного сэндвича (Cp-лиганды расположены под углом друг к другу) [M(η-Cp)<sub>2</sub>L<sub>n</sub>] (n = 1–3) и полусэндвича [M(η-Cp)L<sub>n</sub>] (L – разл. лиганды, n = 1–5). Последняя группа

наиб. многочисленна; подобные соед. получены для всех переходных металлов. Для Ц. к. первых двух структур часто нарушается правило эффективного атомного номера (см. *Металлоорганические соединения*).

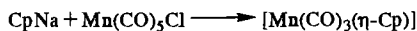
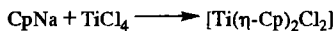
Ц. к. обладают высокой термич. стабильностью; связь металла с Ср довольно прочная и замещение Ср на др. лиганды протекает обычно с трудом.

Ц. к. претерпевают три типа хим. превращений: окисл.-восстановит. переходы, характерные для правильных и клинообразных сэндвичей (р-ция 1); замещение у атома металла, типично для клинообразных сэндвичей и полусэндвичей (р-ция 2, 3); р-ции, протекающие в Ср-кольцо (4):



Р-ции в кольцо известны и для нек-рых полусэндвичей, однако лишь для наиб. устойчивых.

Осн. методы синтеза Ц. к. – взаимод. простых или комплексных галогенидов металлов с ионными циклопентадиенидами Li, Na или Mg или ковалентными циклопентадиенильными производными Sn или Hg, напр.:



Соед. ф-лы I получают действием  $HBF_4$  на  $[Ni(\eta-Cp)_2]$ , соед. II – УФ облучением  $[WH_2(\eta-Cp)_2]$ .

Ц. к. – катализаторы, регуляторы и ингибиторы разл. процессов, реагенты в тонком орг. синтезе, фото- и термостабилизаторы полимеров и композиционных материалов, биологически активные соед. и лек. препараты, полупродукты при получении металлич. и металлокермидных пленок и др.

*Лит.:* Методы элементоорганической химии. Типы металлоорганических соединений переходных металлов, под ред. А. Н. Несмеянова, К. А. Кочешкова, кн. 2, М., 1975, с. 585–686; *Comprehensive organometallic chemistry*, v. 1–9, Oxf. – [а. о.], 1982. Д. А. Леменовский.

**ЦИКЛОПЕНТЕН**, мол. м. 68,11; жидкость с резким запахом; т. пл.  $-135,1^\circ C$ , т. кип.  $44,2^\circ C$ ;  $d_4^{20}$  0,7720,  $n_D^{20}$  1,4225;  $S_p^0$  122,4 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{ор}^0$   $-22,63$  кДж/моль;  $S_{298}^0$  201,3 Дж/(моль·К); раств. в этаноле, диэтиловом эфире, не раств. в воде.

По хим. св-вам – типичный *олефин*: присоединяет галогены, галогеноводороды, при окислении образует карбонильные соед., при гидрировании – циклопентан ( $\Delta H^0$  гидрирования 107,47 кДж/моль).

Димеризация Ц. приводит к 1-циклопентилциклопентену и циклопентилденциклопентану; взаимод. с этиленом – к 1,6-гептадиену.

Ц. – уникальный мономер, полимеризация к-рого дает два типа полимеров – открытоцепные (1,5-полипентенамеры) и карбоциклические (см. *Циклоолефиновые каучуки*).

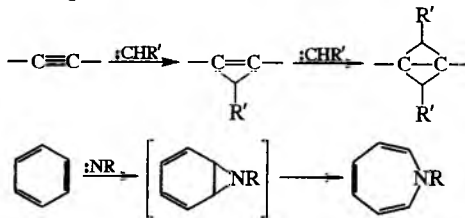
Осн. способ получения Ц. – селективное гидрирование циклопентадиена на гомогенных и гетерогенных катализаторах, содержащих Pt, Ru, Rh, Pd, Co. В пром-сти используют соед. Pd, продукты р-ции очищают на цеолитах и катионообменных смолах. Селективность по Ц. 99%. Ц. образуется также при дегидрировании или окислит. дегидрировании циклопентана либо при дегидрохлорировании хлорциклопентана.

Применяется Ц. для синтеза полипентенамеров.

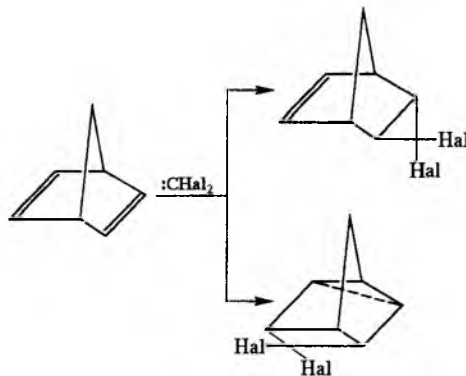
*Лит.:* *Справочник нефтехимика*, т. 2, Л., 1978; Фельдблюм В. Ш., Синтез и применение непредельных циклических углеводородов, М., 1982. В. Н. Перченко.

**ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЕ**, р-ции, протекающие с образованием нового цикла из двух реагирующих молекул (без отщепления к.-л. групп или атомов); сопровождаются общим уменьшением кратности связей. К Ц. относят также внутримолекуляр. взаимод. двух фрагментов молекулы. Классифицируют р-ции по числу атомов каждого компонента, участвующих в образовании цикла [обозначают (2+1)-, (2+2)-, (3+2)-Ц. и т.д.; иногда указывают индексами стереохимию Ц., напр., (4<sub>s</sub>+2<sub>s</sub>)-Ц., см. *Вудворда-Хофмана правила*]; реже – по числу вовлекаемых электронов с указанием типа орбитали, напр.,  $[2\pi + 2\pi]$  или  $[\pi 2_s + \pi 2_s]$ .

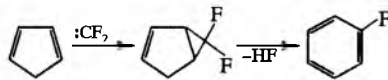
В (2+1)-Ц. к молекуле, содержащей кратную связь, присоединяется атом, имеющий одновременно заполненную и вакантную орбитали; в результате образуется трехчленный цикл. Протекает по согласованному механизму (см. *Согласованные реакции*). В р-ции могут участвовать моно- и полиены, полиины, напр.:



Ц. дигалогенкарбенов к норборнадиену протекает по двум направлениям с образованием продуктов 1,2- и 1,3-присоединения:



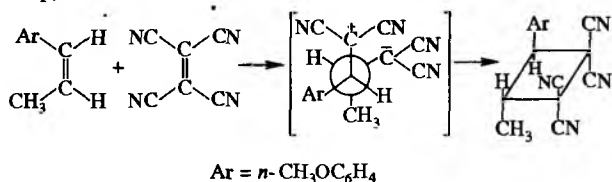
Ц. дифторкарбена к циклопентадиену – пром. метод получения фторбензола:



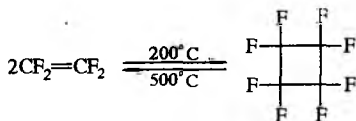
Аналогично получают 2-фторнафталин из индена и 2,3-дифторнафталин из стирола.

(2+2)-Ц. приводит к образованию четырехчленных циклов. Механизм р-ций и эксперим. условия их проведения зависят от электронного строения реагирующих в-в. Ц. олефинов, один из к-рых имеет электронодефицитную [напр.,  $(CN)_2C=C(CF_3)Cl$ ,  $(CN)_2C=C(CN)_2$ ,  $(CF_3)_2C=C(CN)_2$ ,  $CH_2=CHCOOR$ ,  $CH_2=CHNO_2$ ], а другой – электронобогатенную  $\pi$ -связь (напр.,  $CH_2=CHOR$ ,  $CH_2=CHNR_2$ ,  $n-C_3H_7OC_6H_4CH=CH_2$ ), протекает обычно в мягких условиях с высокими выходами через промежут. образование цвиттер-иона. Стереоселективность (определяется наиб. устойчивым цвиттер-ионом) и скорость р-ции резко возрастают с увеличением полярности р-рителя. Так, при взаимод. *цис*-анетола с тетрацианоэтиленом в среде циклогексана продукт р-ции содержит 10–15% *транс*-изомера, в среде ацетонитрила – 49%, при этом в последнем случае скорость р-ции возрастает в  $6,3 \cdot 10^4$  раза (из *транс*-анетола

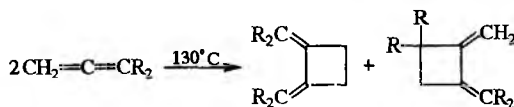
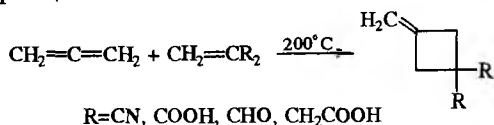
даже в сильно полярных р-рителях образуется только *транс*-изомер):



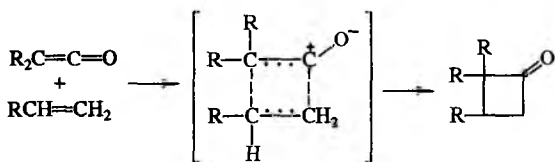
Ц. фторолефинов протекает при т-ре 100 °С и повышенном давлении через бирадикальные интермедиаты, от устойчивости к-рых зависит направление р-ции (р-ция не носит цепного характера, не ингибируется и не инициируется), напр.:



Аналогично протекает Ц. кумуленов и олефинов и их димеризация:

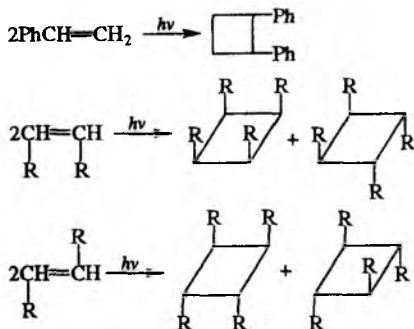


Ц. кетенов и др. гетерокумуленов (кетениминов R<sub>2</sub>C=C=NR, тиокетенов R<sub>2</sub>C=C=S, карбодимидов RN=C=NR, изоцианатов RN=C=O) протекает через ассоциативное переходное состояние (по принципу «голова к хвосту») со слабо выраженным разделением зарядов и приводит к образованию производных циклобутана; р-ции высокостереоспецифичны, скорость их слабо возрастает при увеличении полярности р-рителя:



При димеризации кетенов (но не самого кетена) образуются циклобутандионы.

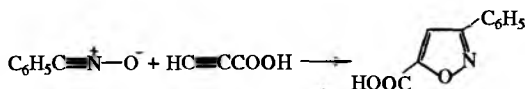
Фотохим. сенсibiliзир. Ц. алкенов может протекать нестереоспецифично либо как согласованный стереоспецифич. [π<sub>2</sub>+π<sub>2</sub>]-процесс, приводящий к образованию в случае *сим*-алкенов смеси двух изомеров, напр.:



При Ц. алкинов образуются циклобутены.

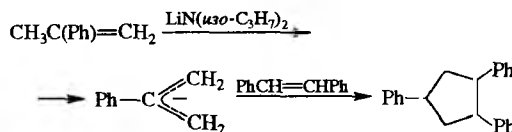
Фотохим. Ц. с участием енонов широко используют в синтезе прир. соед., напр. терпенов. Для этих же целей применяют внутримол. Ц.; последнее – ключевая стадия при получении *полициклических соединений*. Фотохим. Ц. по карбонильной группе альдегидов или кетенов с олефинами приводит к оксетанам (см. *Патерно-Бюхи реакция*).

(3+2)-Ц. (чаще наз. 1,3-дипольным Ц.) – присоединение к молекуле, содержащей кратную связь, 1,3-дипольных соед. – трехатомных компонентов (разл. комбинации атомов C, O, N), обладающих 4 π-электронами, с образованием 5-членных гетероциклов. В качестве 1,3-дипольных соед. используют диазосоединения, азиды, азоксисоединения либо малостабильные нитрилоксиды, нитриламины, нитроны и др., вводимые в р-цию в момент образования, напр.:



Р-ция высокостереоспецифична, почти не чувствительна к полярности р-рителя. Большинство данных указывает на согласованный механизм в соответствии с правилами сохранения орбитальной симметрии; нек-рые р-ции, возможно, протекают ступенчато (напр., через бирадикальные интермедиаты).

Р-ции, в к-рых участвуют аллильные производные, наз. «анионным» Ц., напр.:



Благодаря высокой регио- и стереоселективности анионное Ц. используют в синтезе макроциклич. антибиотиков и прир. соединений.

(4+2)-Ц. (р-ция Дильса–Альдера) – присоединение соед. с сопряженными кратными связями к соед. с активир. кратной связью с образованием 6-членных циклов (см. *Диеновый синтез*).

Известны др. типы Ц.: (4+1)-Ц., напр. взаимодей. бугадисна с SO<sub>2</sub> – пром. метод синтеза 3-сульфоленов (см. *Сульфолены*); (4+4)-Ц., напр. фотохим. димеризация антрацена и др. Тримол. р-ции Ц., как правило, многоступенчатые процессы.

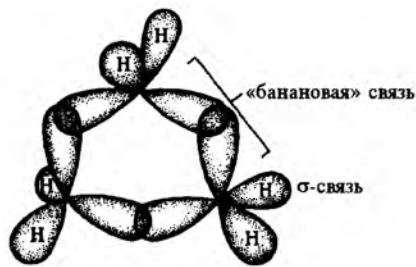
Р-ции, обратные Ц., наз. циклоэлиминированием, циклорверсией, ретро-Ц.

Ц. широко используют в орг. химии для синтеза карбо- и гетероциклич. соед. с разл. набором и числом атомов в кольце; оно представляет большой теоретич. интерес.

Лит.: Джилкрист Т., Сторр Р., *Органические реакции и орбитальная симметрия*, пер. с англ., М., 1976, с. 101–36, 146–62, 165–70, 184–224, 231–44; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 1, М., 1981; Марч Дж., *Органическая химия*, пер. с англ., т. 3, М., 1987, с. 234–69; Trost В.М., «*Angew. Chem.*», 1986, Jahr. 98, Hf. 1, S. 1–114. В. Р. Скварченко.

**ЦИКЛОПРОПАН** (триметилен), мол. м. 42,08; бесцв. газ, т. пл. –127 °С, т. кип. –33 °С; *n*<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,3799, *d*<sub>4</sub><sup>20</sup> 0,7352; раств. в орг. р-рителях, плохо – в воде; легко воспламеняется; смеси с воздухом, O<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>O взрывоопасны.  $\triangle$

Ц. – простейший циклоалкан, трехчленный цикл к-рого обладает значит. энергией напряжения (~115 кДж/моль) и повышенной по сравнению с др. циклоалканами хим. активностью. Углы в Ц. 60° (CCC), 114–115° (HCH), длины связей 0,151 (C—C) и 0,109 нм (C—H). Малая величина угла CCC по сравнению с углом между *sp*<sup>3</sup>-гибризованными орбиталями (109,5°) позволяет предположить, что при образовании связей C—C в Ц. не достигается макс. перекрытия атомных орбиталей. Такие связи наз. «банановыми» (рис.), по своему характеру они являются промежуточными между σ- и π-связями, поэтому Ц. может вести себя подобно олефинам. Кроме того, благодаря слабости «банано-



Орбитали в молекуле циклопропана.

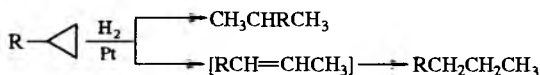
вой» связи, Ц. легко раскрывает кольцо в разл. р-циях. Возможны др. способы описания характера и св-в связей в Ц.

Замещение в Ц. значительно изменяет его геометрию. Так, электронодонорные заместители укорачивают прилежащие связи С—С и удлиняют противолежащую; электроакцепторные группы действуют наоборот; объемные видальные заместители удлиняют связь между атомами С, несущими эти заместители. В высоконапряженных структурах при сочленении Ц. с др. циклами, в т. ч. циклопропановыми, наблюдаются большие искажения 3-членного цикла (см. *Напряжение молекулы*).

Ц.<sub>2</sub>—слабая СН-к-та: рK<sub>a</sub> 46 (вода, 25 °С).

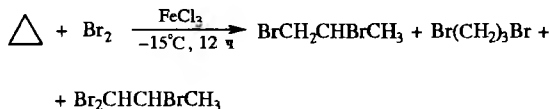
Легко протекает изомеризация Ц. в пропен; р-ция осуществляется термически или в присут. каталитич. кол-в Pt, Pd, Fe, Ni, Rh, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

При действии H<sub>2</sub> алкилциклопропаны в мягких условиях подвергаются гидрогенолизу либо изомеризации с послед. гидрированием:

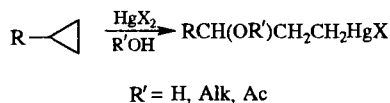


Р-ция Ц. с протонными к-тами приводит к пропилагалогенидам. В присут. AlCl<sub>3</sub> Ц. алкилирует ароматич. соед. с образованием как пропильных, так и изопропильных производных; при этом при переходе от *n*-ксилола к *o*-дихлорбензолу соотношение указанных изомеров изменяется от (92:8) до (4:96) соотв.

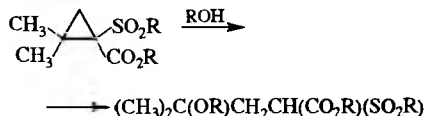
С хлором и бромом Ц. реагирует неодинаково. В условиях радикального бромирования образуется 1,3-дибромпропан, а радикального хлорирования в мягких условиях — 1,1-дихлорциклопропан. При электроф. бромировании получают смесь бромпропанов:



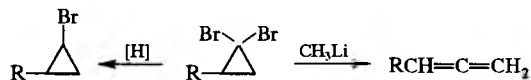
Р-ция Ц. и его производных с солями ртути в среде протонных р-рителей приводит к γ-меркурир. спиртам [или их алкокси(ацилокси)производным]; р-ция не имеет аналогов в химии др. карбоциклов:



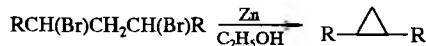
Замещенные Ц., содержащие электронодонорные и электроакцепторные группы, при умеренном нагревании претерпевают гетеролиз по наиб. замещенной связи, напр.:



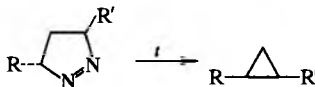
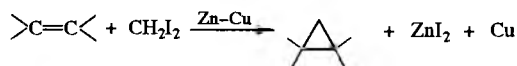
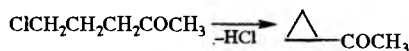
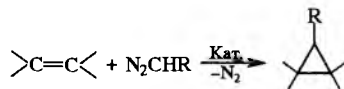
1,1-Дигалогенциклопропаны при действии (C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>SnH или Mg в CH<sub>3</sub>OH восстанавливаются в моногалогениды, а при взаимодей. с CH<sub>3</sub>Li превращаются в соответствующие аллены:



Ц. и его производные получают действием Zn-пыли на 1,3-дигалогениды:



Для синтеза функционально замещенных Ц. используют р-цию внедрения по связи С=С при действии диазоэфиров (кат.- комплексы Cu и Rh) или диазометана, генерируемого в присут. комплексов Pd; элиминирование HNaI из γ-галогензамещенных кетонов, эфиров или нитрилов; взаимодействие олефинов с CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub> в присут. пары Zn—Cu (см. *Симмонса—Смита реакция*); термич. разложение пиразолинов:



Галогенциклопропаны получают внедрением галогенкарбенов в олефины.

Ц. и его фторпроизводные применяют в медицине как средства для ингаляц. наркоза. Эфиры циклопропанкарбонвой к-ты — средства защиты растений (см. *Пиретроиды*).

Лит.: Яновская Л.А., Домбровский В.А., Хусид А.Х., Циклопропаны с функциональными группами, М., 1980; Иоффе А.И., Святкин В.А., Нефедов О.М., Строение производных циклопропана, М., 1986; Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd 13, Tl 2a, Stuttgart, 1973. Ю. В. Тамилев.

**ЦИКЛОСЕРИН** (D-4-амино-3-изоксазолидинон), мол. м. 102,09; бесцв. кристаллы, т. пл. 153–156 °С, [α]<sub>D</sub><sup>25</sup> +116° (вода), +112° (2 н. р-р NaOH); хорошо раств. в воде (100 мг/мл), плохо — в орг. р-рителях. Обладает амфотерными св-вами; рK<sub>a</sub> 4,4 и 7,3. Ц.—антибиотик, выделенный из культуральной жидкости сорбцией на ионообменных смолах; продуценты — актиномицеты разл. видов (*Streptomyces garryphalus*, *S. lavendulae*, *S. nagasakiensis*, *S. orchidaceus* и др.). В пром-сти Ц. получают хим. синтезом из этилового эфира акриловой к-ты.

Ц. активен против микобактерий, нек-рых грамположит. и грамотрицат. бактерий. Механизм антибактериального действия связан с подавлением ферментов аланинрацемазы и D-аланил-D-аланинсинтетазы, участвующих в синтезе пептидогликана клеточной стенки. Ц.—противотуберкулезное ср-во. Устойчивость микобактерий развивается не ранее чем через месяц лечения. Используют в тех случаях, когда ранее применявшиеся препараты становятся неэффективными. Оказывает побочное действие на центр. нервную систему. Малотоксичен; ЛД<sub>50</sub> 1,81 г/кг (мышь, внутривенно).

Лит.: Навашина С.М., Фомина И.П., Рациональная антибиотикотерапия, 4 изд., М., 1982, с. 280. С. Е. Есипов.

**ЦИКЛОТРОННЫЙ РЕЗОНАНС**, явление резонансного поглощения энергии переменного электрич. поля заряженной

частицей, находящейся в магн. поле. Заряженная частица, помещенная в магн. поле напряженности  $H$  и имеющая отличный от нуля импульс в плоскости, перпендикулярной полю  $H$ , совершает в этом поле движение по спирали с частотой  $\omega_c$ , зависящей только от ее массы  $m$ , заряда  $q$  и  $H$ :

$$\omega_c = Hq/m, \quad (1)$$

где  $H = |H|$ . Если в плоскости, перпендикулярной полю  $H$ , приложить переменное электрич. поле, частота изменения к-рого совпадает с  $\omega_c$ , то движение частицы примет резонансный характер.

Явление наз. ионным Ц.р. (ИЦР), если заряженная частица – ион. ИЦР используют в масс-спектрометрии с 1950. Впервые этот метод был применен в масс-анализаторе (омегатроне), в к-ром измерялся ток ионов, попавших в резонанс с внеш. полем. В омегатроне частицы движутся во взаимно перпендикулярных переменном электрич. и постоянном магнитном полях. По резонансной частоте, используя ф-лу (1), определяют массу ионов.

Затем был развит дрейфовый метод ИЦР, в к-ром ионы дрейфовали в скрещенных постоянных электрич. и магнитном полях. Детектировались ионы, попадающие в резонанс с переменным электрич. полем, приложенным перпендикулярно направлению магн. поля и направлению дрейфа. Применение метода было обусловлено возможностью относительно длительного (мс) удержания ионов в области дрейфа и др. факторами.

Совр. метод масс-спектрометрии с использованием Ц.р.-спектрометрия ИЦР с преобразованием Фурье (ИЦР ПФ). Резонансное поглощение ионами электромагн. энергии происходит в анализаторе. Высокочастотное электрич. поле позволяет идентифицировать ионы по резонансному поглощению энергии при совпадении частоты поля и циклотронной частоты ионов с послед. фурье-анализом (см. Фурье-спектроскопия) сигнала. Интенсивность сигнала  $I_i$  от группы ионов массы  $m_i$  и заряда  $q_i$  представляет собой экспоненциально затухающую косинусоиду:

$$I_i(t) = A_i \cdot \exp(-\alpha_i t) \cos(\pi \omega_i t),$$

где  $\omega_i = Hq_i/m_i$  – частота Ц.р. иона;  $\alpha_i$  – частота столкновения ионов с молекулами остаточного газа в ячейке прибора (пропорциональна давлению газа);  $t$  – время;  $A_i$  – кол-во ионов с массой  $m_i$ .

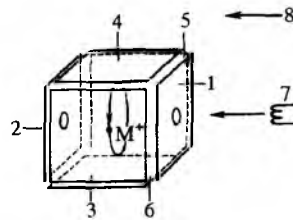
Если в ячейке спектрометра находятся ионы с разл. массами и возбуждено циклотронное движение всех ионов, сигнал представляет собой сумму сигналов от отдельных групп:  $I = \sum I_i(t)$ , преобразование Фурье к-рой дает серию пиков на оси частот в положениях, соответствующих циклотронным частотам  $\omega_i$ , с высотами, пропорциональными  $A_i$ . В соответствии с ф-лой (1) частотный спектр преобразуется в спектр масс.

Метод ИЦР ПФ позволяет одновременно регистрировать все ионы в ячейке прибора, определять их массы и относит. кол-ва, что дает возможность следить за превращениями ионов в ячейке при исследованиях ионно-молекулярных р-ций. Т.к. ширина спектрального пика после преобразования Фурье гармонич. сигнала, имеющего длительность  $T$ , обратно пропорциональна  $T$ , то разрешающая способность  $R = m/\Delta m = \omega/\Delta\omega \approx T\omega$ . Для обыкновенных электромагнитов с величиной  $H \approx 2$  Тл и временем синхронного движения ионов  $T \approx 1/\alpha \approx 1$  мс величины  $R \approx 10^4$  близки к рекордным для др. методов масс-спектрометрии. Использование сверхпроводящих магнитов с  $H \approx 5$  Тл и более глубокого вакуума ( $10^{-7}$  Па) приводит к увеличению как  $\omega$ , так и  $T$  (до десятков с), что позволяет достичь  $R \sim 10^8$ . Точность определения абс. значений масс атомов и молекул этим методом превышает  $10^{-6}$ .

Особенностью метода ИЦР ПФ является также возможность длит. (в течение неск. часов) удержания ионов в локализованной области пространства. Ионы в спектрометре ИЦР ПФ захватываются в ловушку, создаваемую постоянными электрич. и магн. полями. На рис. показана одна из наиб. распространенных ячеек ИЦР ПФ, состоящая из 6 электродов. Электроды 3–6 заземлены по постоянному току, а на

электроды 1, 2 подается потенциал – положительный для положит. ионов и отрицательный для отрицат. ионов, – создающий потенциальную яму вдоль оси ячейки. Ионы, образовавшиеся внутри этой ямы, запираются в ячейке, т.к. они не могут выйти вдоль оси из-за потенциального барьера, а поперек оси – из-за магн. поля.

Схема ячейки спектрометра ИЦР ПФ: 1, 2 – запирающие электроды; 3, 4 – возбуждающие электроды; 5, 6 – детектирующие электроды; 7 – источник возбуждающих электронов; 8 – направление магнитного поля;  $M^+$  – ион.



Цикл измерения масс-спектра в методе ИЦР ПФ состоит: из интервала времени создания ионов в ячейке; временной задержки (при необходимости) для превращения ионов или их взаимодей. с др. частицами; импульса возбуждения циклотронного движения ионов, подаваемого на пластины 3 и 4; интервала времени измерения сигнала от свободно вращающихся ионов с пластин 5 и 6 до импульса очистки ячейки от всех ионов «выворачиванием» потенциальной ямы, что достигается путем подачи на пластины 1 и 2 потенциалов обратной полярности. Т. обр., пауза между интервалом времени, в к-ром ионы создаются, и интервалом времени, в к-ром они анализируются по массам, может составлять часы. В результате метод дает возможность исследовать разл. «медленные» процессы взаимодей. ионов с молекулами, электронами и светом. Высокая разрешающая способность метода позволяет использовать его для разделения дуплетов и мультиплетов в масс-спектрах. Методом ИЦР ПФ впервые разделен дуплет  $^3\text{He}^+ - \text{T}^+$  и измерена разность масс ионов.

Метод ИЦР ПФ является наиб. точным масс-спектрометрич. методом измерения масс. Его используют для исследования р-ций ионных кластеров с молекулами, лазерной десорбции ионов с пов-стей твердых тел, диссоциации многоатомных ионов и др.

Ц.р. применяют в физике твердого тела при изучении энергетич. спектра электронов, особенно для точного измерения их эффективной массы. С помощью Ц.р. возможно определение знака заряда носителей, изучение процессов их рассеяния и электрон-фононного взаимодей. в металлах. В твердых телах область наблюдения Ц.р. ограничивается низкими т-рами ( $1 - 10$  К) и частотами  $\omega > 10^9$  Гц. В полупроводниках Ц.р. наблюдается на частотах  $10^{10} - 10^{12}$  Гц в полях  $8 \cdot 10^4 - 8 \cdot 10^6$  А/м.

Лит.: Леман Т., Берси М., Спектрометрия ионного и циклотронного резонанса, пер. с англ., М., 1980; Николаев Е.Н., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1985, т. 30, № 2, с. 136–42; Comisarow M.V., Marshall A.G., «Chem. Phys. Lett.», 1974, v. 25, № 2, p. 282–83.

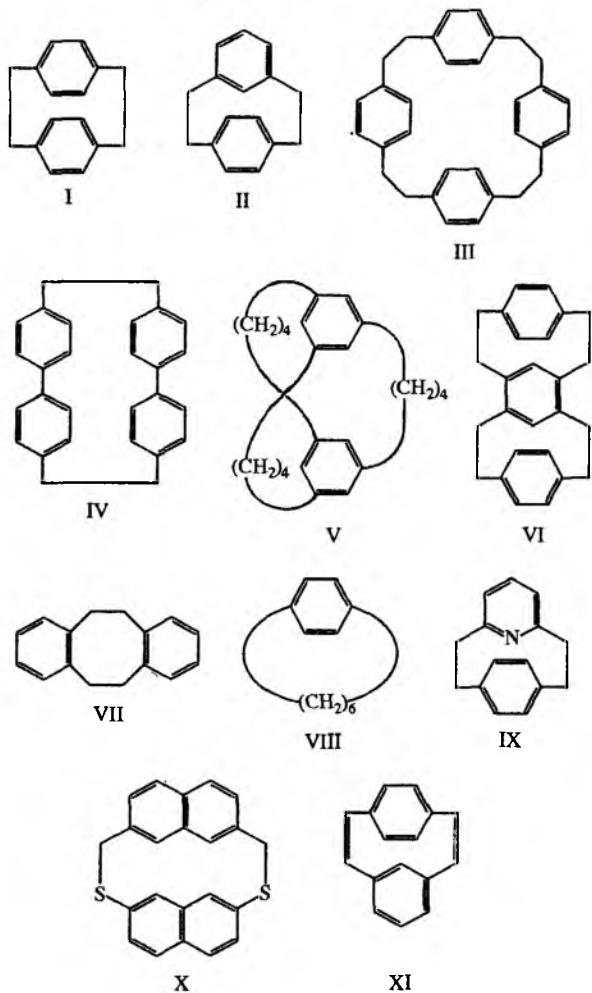
Е. Н. Николаев.

**ЦИКЛОФАНЫ** (фаны), мостиковые макроциклич. системы, включающие ароматич. и(или) гетероароматич. кольца, соединенные между собой алифатич. цепочками.

Первоначально Ц. наз. системы, включающие бензольные кольца, связанные по *para*- или *meta*-положениям полиметиленовыми цепочками (соед. I–VI). В настоящее время к Ц. относят также конденсированные системы с *ortho*-расположенными мостиками (VII); соед., содержащие одно ароматич. (гетероароматич.) кольцо с одним мостиком (VIII, анса-соединения); соед. с гетероароматич. (IX) или небензойными ароматич. кольцами; системы, в к-рых одна или неск. метиленовых групп заменены гетероатомами либо содержат в алифатич. цепочках разл. функц. группы и кратные связи (X, XI). Различают Ц., содержащие только ароматич. кольца (карбофаны), гетероароматич. (гетерофаны) и смешанные циклофаны. Ц., содержащие в алифатич. цепочках гетероатомы, наз. гетерофаны.

**Номенклатура.** Систематич. названия карбофанов, включающих только бензольные кольца, содержат в качестве

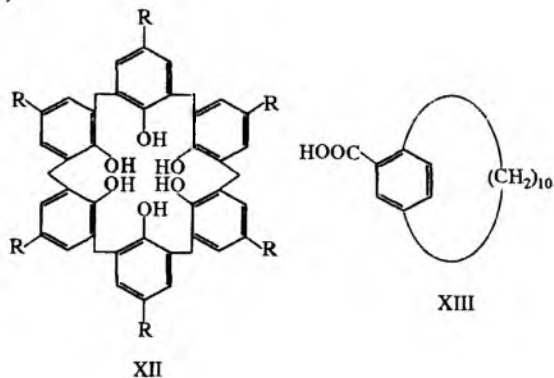




основы «циклофан», перед основной помещают цифры (в квадратных скобках), кол-во их соответствует числу мостиков, а значения – числу метиленовых групп, и префикс(ы) орто-, мета- и пара-, обозначающие тип замещения в бензольных кольцах, напр. [2.2]парацicloфан (I), [2.2]метапарацicloфан (II), [2.2.2.2]парацicloфан (III), [2.0.2.0]парацicloфан (IV), [2.2]ортоцicloфан (VI), [6]парацicloфан (VIII). Назв. Ц., включающих ароматич. кольца, отличные от бензольного, а также гетероароматич. кольца, содержат назв. соответствующего цикла с окончанием «фан», перед к-рым в круглых скобках цифрами записывают положения атомов цикла, к к-рым присоединен мостик, напр. 1,12-дита-[2.2](2,7)нафталинофан (X). При наличии в молекуле разл. ароматич. (гетероароматич.) колец их назв. указывают последовательно и используют окончание «фан», напр. [2]парацicloфан[2](2,6)пиридинофан (IX). В назв. Ц., содержащих более двух мостиков, а также т. наз. слоистых или многослойных Ц. префиксы орто-, мета- и пара- не используют, а применяют цифровую систему обозначений, напр. [4.4.4](1,3,5)циклофан (V), [2.2](1,4)(1,3)[2.2](4,6)(1,4)циклофан (VI).

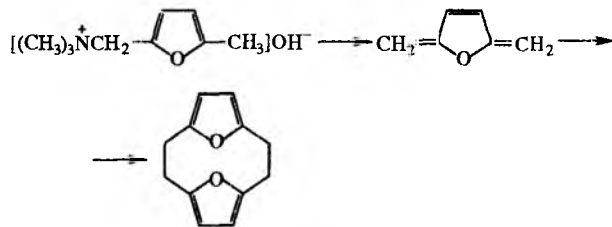
Наличие в Ц. заместителей или кратных связей указывают в их назв. с использованием обычных суффиксов и префиксов, напр. [2.2]метапарацicloфан-1,9-диен (XI). Названия Ц., имеющих цепочки одинаковой длины, м. б. записаны сокращенно, напр. [2<sub>4</sub>]парацicloфан (III). Нек-рые Ц. имеют тривиальные назв., напр. производные [1.1.1.1](2,5)пирролофана – порфирины, а [1.1.1.0](2,5)пирролофана – коррины

(см. Корриноиды); большая группа гидроксированных [1<sub>n</sub>]метацicloфанов – производных пара-замещенных фенолов – носит назв. калликсарены, что отражает их пространств. строение (от лат. calix – чаша, кубок), напр. калликс[6]арен (XII).

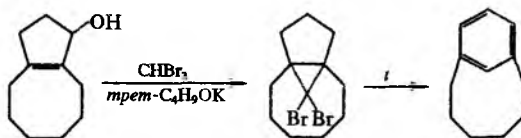


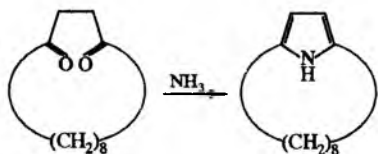
**Свойства Ц.** обусловлены напряженностью молекул и трансаннулярным взаимодействием π-электронной ареновой или гетероареновой системы с др. кольцом, фрагментом мостика или заместителем на «противоположной» стороне макроцикла. В низших [2.2]пара- и метацicloфанах и [3.3]пара- и метацicloфанах наблюдается даже искажение планарности бензольных колец. Невозможность вращения ароматич. кольца в Ц. приводит к существованию нек-рых монозамещенных, напр. кислоты XIII, в виде оптич. изомеров. Функциональные замещенные Ц. проявляют способность к образованию комплексов с ионами и молекулами по типу «хозяин – гость». Нек-рые из этих комплексов по средству к ионам напоминают краун-эфир. Напр., калликсарен XII (R = COOH) обладает значительно более высоким средством и селективностью по отношению к катиону уранила по сравнению с др. соед.; такие Ц. могут быть использованы для извлечения металлов из морской воды. Синтезированы комплексы, содержащие фрагменты Ц. и краун-эфиров (кавитанды, карцеранды), представляющие интерес как системы для мол. распознавания.

**Получение.** Ц. получают из производных ароматич. и гетероароматич. соединений. Так, [2.2]парацicloфан м. б. синтезирован из 4,4'-дибромметил-1,2-дифенилэтана по р-ции Вюрца. Для получения высших парацicloфанов используют циклизацию сложных эфиров в условиях внутримол. ацилоиновой конденсации. Специфич. метод получения [2.2]парацicloфанов, [2,2]ортоцicloфанов и их аналогов – расщепление четвертичных аммониевых оснований по р-ции Гофмана, напр.:

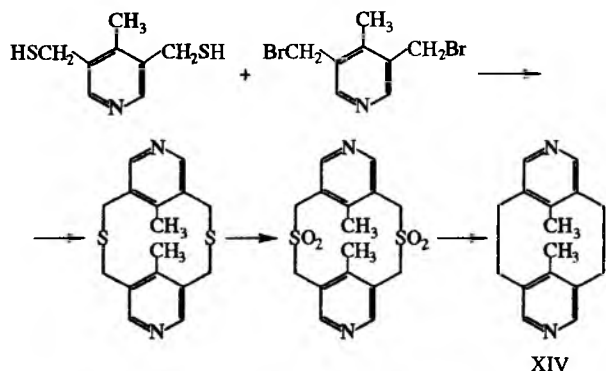


Второй путь синтеза – построение структуры Ц. на основе алициклич. или гетероциклич. систем. Напр., [6]метацicloфан м. б. получен из конденсир. алициклич. системы, включающей 5- и 8-членные циклы, а [8]пирролофан – из циклододекан-1,4-диона:





Третий путь синтеза – превращение одних Ц. в другие. При этом наиб. значение имеет экстразия  $\text{SO}_2$  из макроциклич. сульфонов либо фотолитич. экстразия серы из триацклофано. Напр., пиридинофан XIV получают по схеме:



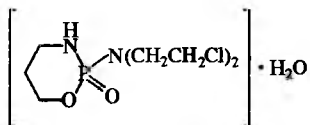
Соед. ф-лы II м.б. получено изомеризацией соед. I под действием  $\text{AlCl}_3$ .

**Применение.** Перспективные области использования Ц. – создание искусств. ферментов и рецепторов, электропроводящих орг. материалов, ион-селективных электродов, катализаторов фазового переноса, систем для разделения молекул путем захвата во внутр. полость частиц определенных размеров и др. Нек-рые полимерные Ц. обладают св-вами комплексов с переносом заряда.

Лит.: Гольфарб Я.Л., Беленький Л.И., «Успехи химии», 1957, т. 26, в. 3, с. 362–87; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 437–42; Новое в жизни, науке и технике, сер. Химия, 1989, № 1,2; Vögtle F., Neumaier P., «Synthesis», 1973, № 2, p. 85–103; Ferguson J., «Chem. Rev.», 1986, v. 86, № 6, p. 957–82.

Л.И. Беленький.

**ЦИКЛОФОСФА́Н** (моногидрат 2-оксо-2-[ди(2-хлорэтил)амино]тетрагидро-2,1,3-фосфоксазина, циклофосфамид, цитоксан, эндоксан, метоксан и др.), мол.м. 279,10; бесцв. кристаллы, раств. в воде (1:50), этаноле, хлороформе, бензоле, диоксане, трудно раств. в диэтиловом эфире, ацетоне, изотонич. р-ре NaCl. Получают конденсацией дихлорангидрида N,N-ди(2-хлорэтил)амидофосфорной к-ты с 3-амино-1-пропанолом в присут. триэтиламина в р-ре этилацетата с послед. обработкой продукта конденсации водой.



Ц. относится к азотистым аналогам иприта, алкилирует нуклеоф. центры биологически важных компонентов клетки, гл. обр. нуклеиновых к-т и белков, нарушает структуру митохондрий, избирательно снижает внутриклеточный уровень дифосфопиридиннуклеотида в опухолях. Вне организма неактивен. В микросомах печени в присут. трифосфопиридиннуклеотида и оксидаз метаболирует с образованием биологически активной формы – N-ди(2-хлорэтил)диамидофосфорной к-ты. Ц. применяют при разл. опухолевых заболеваниях. Он проявляет иммунодепрессивные св-ва.

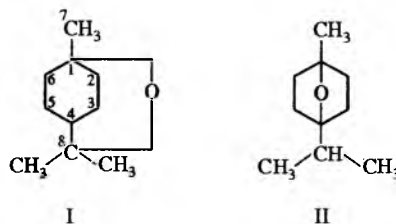
Лит.: Проценко Л.Д., Булкина З.П., Химия и фармакология синтетических противоопухолевых препаратов, К., 1985, с. 63. А.С. Соколова.

**п-ЦИМО́Л** (4-изопропил-1-метилбензол, 4-изопропилтолуол)  $n\text{-CH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ , мол.м. 134,22; бесцв. подвижная жидкость с ароматич. запахом (чистый п-Ц. имеет слабый

цитрусовый запах); т. пл.  $-67,9^\circ\text{C}$ , т. кип.  $177,1^\circ\text{C}$ ;  $d_4^{20}$  0,8575;  $n_D^{20}$  1,4900–1,4908; раств. в этаноле и др. орг. р-рителях, не раств. в воде. Содержится в нек-рых скипидарах и мн. эфирных маслах (тминном, кориандровом, анисовом, эвкалиптовом и др.). Получают п-цимол пиролизом  $\alpha$ -пинена, дегидрированием терпенов  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ , алкилированием толуола пропиленом и др.; он м.б. выделен также из отходов произ-ва камфоры, сульфитного скипидара и нек-рых эфирных масел. Р-ритель и сырье в нек-рых хим. произ-вах, ограниченно применяется при составлении парфюм. композиций и пищ. эссенций. Т. всп.  $47^\circ\text{C}$ , ЛД<sub>50</sub> 4,75 г/кг (крысы, перорально).

Л.А. Хейфиц

**ЦИНЕО́Л** (1,8-цинеол, 1,8-эпокси-п-ментан, эвкалиптол, ф-ла I), мол.м. 154,25; вязкая жидкость с камфорным запахом и жугим вкусом; т. пл.  $1^\circ\text{C}$ , т. кип.  $176\text{--}177^\circ\text{C}$ ,  $63^\circ\text{C}/15$  мм рт.ст.;  $d_4^{25}$  0,921–0,923;  $n_D^{20}$  1,454–1,461; р-римость в 70%-ном этаноле 1:1,5 (или 1:2), в 50%-ном – 1:12, раств. в нек-рых др. орг. р-рителях, плохо – в воде. Содержится в эвкалиптовом (30–70%), лавровом (до 50%) маслах, масле из семян цитварной полыни (до 80%) и др. При действии спиртового р-ра  $\text{H}_2\text{SO}_4$  Ц. превращается в терпинен и терпинолен, при нагр. с разбавленной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  образуется 1,8-терпингидрат, при действии уксусного ангидрида – диацетат 1,8-терпина и ацетат  $\alpha$ -терпинеола. Со мн. в-вами (HNaI, смесь  $\text{I}_2$  с  $\text{HI}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , резорцин,  $\alpha$ - и  $\beta$ -нафтолы) Ц. образует кристаллич. продукты присоединения. Выделяют Ц. из эфирных масел либо получают дегидратацией 1,8-терпина или терпинеола при нагр. с разбавленными к-тами. Применяют Ц. в медицине как антисептич. и отхаркивающее ср-во, а также как компонент искусств. эфирных масел. Т. всп.  $50^\circ\text{C}$ .



Известен структурный изомер Ц. – 1,4-цинеол (ф-ла II), жидкость с камфорным запахом; т. пл.  $-46^\circ\text{C}$ , т. кип.  $172\text{--}173^\circ\text{C}$ ;  $d_4^{20}$  0,898–0,901;  $n_D^{20}$  1,445–1,448. В природе распространен значительно меньше, чем Ц., существенно отличается от него по хим. св-вам.

Л.А. Хейфиц

**ЦИ́НК** (лат. Zincum), Zn, хим. элемент II гр. периодич. системы; ат.н. 30, ат.м. 65,39. Природный Ц. состоит из 5 стабильных нуклидов:  $^{64}\text{Zn}$  (48,6%),  $^{66}\text{Zn}$  (27,9%),  $^{67}\text{Zn}$  (4,1%),  $^{68}\text{Zn}$  (18,8%) и  $^{70}\text{Zn}$  (0,6%). Известен ряд радиоактивных нуклидов, важнейший из них –  $^{65}\text{Zn}$  с  $T_{1/2}$  244 сут. Конфигурация внеш. электронных оболочек атома  $3d^{10}4s^2$ ; степень окисления +2; энергия ионизации при последоват. переходе от  $\text{Zn}^0$  к  $\text{Zn}^{3+}$  9,39, 17,96 и 39,70 эВ; сродство к электрону 0,09 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,66; атомный радиус 0,139 нм, ионный радиус (в скобках указано координац. число)  $\text{Zn}^{2+}$  0,060 нм (4), 0,068 нм (5), 0,0740 нм (6), 0,090 нм (8).

Содержание Ц. в земной коре  $7\cdot 10^{-3}\%$  по массе, в воде морей и океанов 0,01 мг/л. Известно более 70 минералов Ц., из них важнейшие: сфалерит (цинковая обманка) – кубич. модификация  $\text{ZnS}$ , его светлая разновидность – клейофан, черная – марматит; вюрцит (вюрцит) – гексагон. модификация  $\text{ZnS}$ ; смитсонит  $\text{ZnCO}_3$ ; каламин  $\text{Zn}_4(\text{OH})_2\text{Si}_2\text{O}_7\cdot\text{H}_2\text{O}$ ; цинкит  $\text{ZnO}$ ; виллемит  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ ; франклинит  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ . Минералы Ц. обычно ассоциируются с минералами Pb и Cu в полиметаллич. рудах. Постоянные спутники Ц. в рудах – рассеянные элементы – Cd, In, а также Ge, Ga, Tl.

**Свойства.** Ц. – голубовато-белый металл. Кристаллич. решетка гексагон. плотноупакованная,  $a = 0,26649$  нм,  $c = 0,49468$  нм,  $z = 2$ , пространств. группа  $\text{C6}/mm\bar{3}$ ; т.пл.  $419,58^\circ\text{C}$ , т.кип.  $906,2^\circ\text{C}$ ; плотн.  $7,133$  г/см<sup>3</sup>;  $\text{C}_p$

## ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА

Показатель	Zn <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	ZnSb	ZnAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zn[B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (OH) <sub>5</sub> ] <sub>x</sub> × H <sub>2</sub> O	ZnCO <sub>3</sub>	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Zn <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> × 4H <sub>2</sub> O	ZnWO <sub>4</sub>
Цвет	Серо-стальной	Серый	Зеленый	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.	Бесцв.
Сингония	Тетрагон. <sup>a</sup>	Ромбич.	Кубич.	Ромбич.	Тригон.	Тригон.	Моноклинная <sup>c</sup>	Триклинная <sup>c</sup>	Моноклинная <sup>c</sup>
Параметры решетки, нм:									
a	0,8097	0,6212	0,80883	0,755	0,465	1,394	0,814	0,599	0,469
b	—	0,7741	—	0,895	—	—	0,563	0,763	0,574
c	1,145	0,8115	—	1,010	1,503	0,9309	1,504	0,543	0,496
Число формульных единиц в ячейке	—	8	8	4	6	18	4	1	2
Пространств. группа	<i>R</i> <sub>4</sub> <sub>2</sub> / <i>m</i> <i>c</i>	<i>P</i> <i>b</i> <i>c</i> <i>a</i>	<i>F</i> <i>d</i> <i>3</i> <i>m</i>	<i>P</i> <i>m</i> <i>a</i>	<i>R</i> <i>3</i> <i>c</i>	<i>R</i> <i>3</i>	<i>C</i> <i>2</i> / <i>c</i>	—	<i>P</i> <i>2</i> / <i>c</i>
Т.пл., °С	1193	546	1950 <sup>b</sup>	—	—	1512	1060	—	1200
Плотн., г/см <sup>3</sup>	4,54	6,36	4,58	2,44	4,40	4,103	4,0	3,79	7,79
S <sub>p</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)	—	—	—	—	80,1	123,3	—	—	126
ΔH <sub>обр</sub> <sup>0</sup> , кДж/моль	190,6	-16,8	-2067	—	-818	-1641	-2900	—	-1230,6
S <sub>298</sub> <sup>0</sup> , Дж/(моль·К)	—	—	—	—	82,4	131,4	—	—	129,9

<sup>a</sup> Т-ра полиморфного перехода 880 °С. <sup>b</sup> Т-ра разложения. <sup>c</sup> β = 105,13'. При 940 °С переходит в другую моноклинную форму. <sup>d</sup> α = 94,18', β = 91,12', γ = 92,4° β = 89,5'.

25,4 Дж/(моль·К); ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 7,2 кДж/моль, ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 115,3 кДж/моль, S<sub>298</sub><sup>0</sup> 41,6 Дж/(моль·К); ур-ния температурной зависимости давления пара: lg p (мм рт. ст.) = 10,084 - 6910/T + 0,192 lg T + 0,524 · 10<sup>-2</sup> T (298 - 692,7К), lg p (мм рт. ст.) = 8,242 - 6294/T - 0,015 lg T (692,7 - 1164К); температурный коэф. линейного расширения 25,0 · 10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup> (273 - 373К); теплопроводность 116,0 Вт/(м·К); ρ 5,92 мкОм·см, температурный коэф. ρ 3,7 · 10<sup>-3</sup> K<sup>-1</sup> (298 - 398К). Ниже 0,825К Ц - сверхпроводник. Диамагнитен, магн. восприимчивость - 0,175 · 10<sup>-9</sup>. Модуль упругости Ц, 99,2 ГПа (293К); σ<sub>раст</sub> 70-100 МПа; относит. удлинение 20-60%; твердость по Бриггелю для отожженного образца 412 МПа. При комнатной т-ре Ц хрупок, при 100-150 °С становится пластичным и прокатывается в тонкие листы и проволоку, при 200-250 °С становится очень хрупок, м. б. истолчен в порошок.

Стандартный электродный потенциал Ц, -0,76 В. Компактный Ц тускнеет на воздухе, покрываясь тонким слоем *цинка оксида*, влажный воздух, особенно в присут. CO<sub>2</sub>, постепенно разрушает Ц. при комнатной т-ре. При сильном нагрев. на воздухе Ц, сгорает с образованием ZnO. Пары воды при красном калении реагируют с Ц. с выделением H<sub>2</sub>. Ц. обычной чистоты легко взаимодей. с к-тами с образованием солей и с р-рами щелочей с образованием гидроцинкатов, напр. Na<sub>2</sub>[Zn(OH)<sub>4</sub>], раств. в р-рах NH<sub>3</sub> и солей аммония, FeCl<sub>3</sub>, вытесняет Cu, Cd и др. более электроположит. металлы из р-ров их солей. Ц. высокой чистоты почти не реагирует ни с к-тами, ни с р-рами щелочей. Ц. не взаимодей. с H<sub>2</sub>, но H<sub>2</sub> незначительно раств. в Ц. при повышенных т-рах. Электролитич. Ц. может содержать до 1 см<sup>3</sup> H<sub>2</sub> на 1 г металла. Гидрид ZnH<sub>2</sub> получают косвенными методами, напр. действием LiAlH<sub>4</sub> на Zn(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub> в диэтиловом эфире; устойчив в отсутствие влаги, медленно разлагается водой, быстро - к-тами; не раств. в эфире. С N<sub>2</sub> Ц. не реагирует, с NH<sub>3</sub> при 550-600 °С образует нитрид Zn<sub>3</sub>N<sub>2</sub>, к-рый устойчив на воздухе, разлагается водой.

С галогенами выше т-ры плавления (в присут. паров воды - при комнатной т-ре) Ц. образует *цинка галогениды*, с халькогенами при нагрев. - *цинка халькогениды*. Кипящий Ц. растворяет незначит. кол-во углерода. Сообщения о синтезе карбида действием ацетилена на Ц. не подтвердились, но получены тройные карбиды, напр. Ni<sub>3</sub>ZnС. Растворимость Si в металлич. Ц. 0,06% при 600 °С и увеличивается с ростом т-ры. Силициды Ц., как и бориды, неизвестны. В расплавленном Ц. растворяется до 15% P. При действии паров P на Ц. при нагрев. образуются фосфиды Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> и ZnP<sub>2</sub>. Получены арсениды аналогичного состава, при сплавлении с Sb - антимониды Zn<sub>3</sub>Sb<sub>2</sub>, Zn<sub>4</sub>Sb<sub>3</sub> и ZnSb. Все соед. Ц. с P, As и Sb - полупроводники.

747

Соли Ц. бесцветны, если не содержат окрашенных анионов. В р-рах они сильно диссоциированы, р-ры имеют кислую реакцию вследствие гидролиза. При действии р-ров щелочей NH<sub>3</sub> осаждаются, начиная с рН ~ 5, гидроксосоли, напр. Zn<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, переходящие в гидроксид Zn(OH)<sub>2</sub>, к-рый раств. в избытке осадителя.

Для Ц. характерны комплексы с NH<sub>3</sub>. Сухие соли Ц. поглощают до 6 молекул NH<sub>3</sub>. Гидроксид и соли Ц. раств. в р-рах NH<sub>3</sub> с образованием комплексных катионов, содержащих от 1 до 6 молекул NH<sub>3</sub>. Комплексные аммиакаты хорошо раств. в воде, из р-ров в кристаллич. виде выделены гл. обр. [Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]X<sub>2</sub> и [Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]X<sub>2</sub>. Труднорастворимый цианид Zn(CN)<sub>2</sub> с избытком цианидов щелочных металлов образует легко р-римые комплексы M<sub>2</sub>[Zn(CN)<sub>4</sub>] и M[Zn(CN)<sub>3</sub>], сульфит - комплексы M<sub>2</sub>[Zn(SO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]. Хорошо растворимые в водитиосульфат и тиоцианат Ц. дают соотв. комплексы [Zn(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>2-</sup> и [Zn(SCN)<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>.

Фосфид Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub> (табл.) разлагается горячей водой и к-тами с выделением PH<sub>3</sub>; зооид (родентицид). Антимонид ZnSb - полупроводник с шириной запрещенной зоны ΔE 0,61 эВ; в воде и орг. р-рителях не раств., медленно реагирует с минеральными к-тами; монокристаллы выращивают направленной кристаллизацией, зонной плавкой или вытягиванием по Чохральскому; материал для термоэлектрических генераторов.

Кобальтат (зелень Ринмана) состава от ZnCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> до ZnCoO<sub>2</sub> - зеленые кристаллы со структурой типа шпинели, получают спеканием оксидов или прокаливанием совместно осажденных гидроксокарбонатов; пигмент для керамики. Борат Zn[B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(OH)<sub>5</sub>]·H<sub>2</sub>O при нагрев. обезвоживается до Zn<sub>2</sub>B<sub>6</sub>O<sub>11</sub>, к-рый разлагается при 610 °С; получают взаимодей. H<sub>2</sub>BO<sub>3</sub> с гидроксидом или гидроксокарбонатом Ц.; борат и его гидраты - антипирены для тканей и бумаги, пигменты в лакокрасочных покрытиях, компоненты люминофоров, флюсов для пайки и сварки металлов.

Карбонат ZnCO<sub>3</sub> разлагается выше ~ 150 °С; практически не раств. в воде (5,7 · 10<sup>-3</sup> по массе) и в орг. р-рителях. при кипячении с водой переходит в гидроксокарбонат; легко раств. в к-тах, р-рах щелочей и солей аммония; получают действием на р-р ZnSO<sub>4</sub> р-ром KHCO<sub>3</sub>, насыщенным CO<sub>2</sub>, с длительной выдержкой на холоде; в природе - минерал смитсонит. Гидроксокарбонат имеет переменный состав, выделены Zn<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O, Zn<sub>4</sub>(OH)<sub>6</sub>CO<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O, Zn<sub>5</sub>(OH)<sub>6</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (минерал гидроцинкит) и др.; р-римость в воде ~ 1 · 10<sup>-3</sup>% по массе; при 140 °С разлагается; получают действием Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> на р-р ZnSO<sub>4</sub> при кипячении. Карбонаты используют для получения др. соединений Ц.

Ортосиликат Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> не раств. в воде и орг. р-рителях, раств. в 20%-ной HF, разлагается соляной к-той; получают

748

взаимод.  $\text{SiCl}_4$  или  $\text{SiF}_4$  с  $\text{ZnO}$ , обжигом смеси  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$  и  $\text{NaCl}$  в присут. паров воды, гидротермальным синтезом из  $\text{ZnO}$  и  $\text{SiO}_2$  в содовых р-рах; в природе – минерал виллемит; люминофор.

Орто фосфат  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$  из водных р-ров кристаллизуется в виде тетрагидрата; не раств. в воде и орг. р-рителях, раств. в разб. к-тах, р-рах щелочей и  $\text{NH}_3$ ; при  $110^\circ\text{C}$  теряет 2 молекулы воды, при  $210^\circ\text{C}$  полностью обезвоживается; получают взаимод. р-ров  $\text{ZnSO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  или растворением  $\text{ZnO}$  в  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , безводный – взаимод.  $\text{ZnO}$  с  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ; тетрагидрат – в природе минерал гопеит; компонент композиционных и смазочных материалов, катализаторов орг. синтеза, антикоррозионных пигментов, люминофоров, цинковых удобрений. Орто арсенат  $\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  при  $150^\circ\text{C}$  переходит в моногидрат, при  $290^\circ\text{C}$  обезвоживается; известен также октагидрат – в природе минерал кэттит; не раств. в воде и орг. р-рителях, раств. в к-тах, р-рах щелочей и  $\text{NH}_3$ ; получают взаимод. р-ров  $\text{ZnSO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$ ; антисептик для древесины, инсектицид, компонент необрастающих красок. Стеарат  $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Zn}$ , т. пл.  $130^\circ\text{C}$ ; не раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире; вспомогат. сиккатив, загуститель смазок, компонент косметич. кремов, пудры и др.

См. также *Цинка ацетат*, *Цинка сульфат*, *Цинка хлорид*, *Цинкорганические соединения*.

**Получение.** Исходное сырье в произ-ве Ц. – сульфидные цинковые и полиметаллич. руды. Используют как гидрометаллургич., так и пирометаллургич. методы получения Ц. Гидрометаллургически получают 85% всего Ц. Цинковые концентраты после флотационного обогащения для удаления S обжигают в печах кипящего слоя или во взвешенном состоянии. Огарок выщелачивают содержащим  $\text{H}_2\text{SO}_4$  отработанным электролитом (см. ниже). Полученный р-р  $\text{ZnSO}_4$  тщательно очищают от Fe обработкой  $\text{ZnO}$  или избытком исходного огарка (стадия «нейтрального выщелачивания»). Вместе с Fe соосаждаются As, Sb, Al, In, Ga и др. Примеси Cu и Cd, а также Ni удаляют действием цинковой пыли с получением т. наз. медно-кадмиевого кека. Примесь Co удаляют осаждением  $\alpha$ -нитрозо- $\beta$ -нафтолом либо этилксантогенатом Na или K. Для удаления хлора используют либо  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , либо  $\text{CuSO}_4$  и цинковую пыль.

Из очищенного р-ра Ц. осаждают электролитически на алюминиевых катодах. Отработанный электролит возвращают на выщелачивание. Остатки от выщелачивания («цинковые кеки») обычно содержат значит. кол-ва Ц. в виде малорастворимых соед., напр. феррита, а также Pb и др. металлы. Эти кеки либо дополнительно выщелачивают более крепкой  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , либо подвергают вельцеванию – обжигу вместе с коксом в барабанных вращающихся печах при  $\sim 1200^\circ\text{C}$ , в результате чего образуются возгоны оксидов Zn и Pb – «вельц-оксиды». Эти возгоны перерабатывают гидрометаллургически, подобно вышеописанному, в отдельной технол. ветви с попутным выделением концентрата In и др. редких элементов.

Пирометаллургич. произ-во Ц. также начинают окислит. обжигом, но с получением кускового материала – либо обжигом на ленточной агломерационной машине, либо спеканием порошкообразного огарка. Агломерат в смеси с углем или коксом восстанавливают при т-ре выше т-ры кипения Ц. Для этой цели используют либо ретортные печи (при этом Ц. отгоняется, но шихта полностью не расплавляется), либо шахтные или электр. рудно-термич. печи, в к-рых шихта полностью расплавляется. Во всех случаях пары металлич. Ц. конденсируются. Наиб. летучая фракция, обогащенная Cd, т. наз. пусыера – собирается отдельно и перерабатывается для извлечения Cd. Твердые остатки в ретортных печах – «раймовки» – перерабатываются дальше путем, напр., вельцевания.

Для очистки Ц. применяют ликвацию (отделение Pb и Fe), двухступенчатую ректификацию (отделение Pb и Cd, а также Cu, Fe и пр.) и хим. методы, в частности удаление Pb действием металлич. Na и удаление Fe действием Al под слоем флюса. Ц., полученный гидрометаллургич. путем, переплав-

ляют с добавлением флюса  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , что способствует удалению Pb и др.

Для получения Ц. высокой чистоты используют дистилляцию в инертной атмосфере или в вакууме, ректификацию и зонную перекристаллизацию в атмосфере Ar. Предложены методы электролитич. рафинирования, в частности с амальгамными электродами.

**Определение.** При систематич. анализе Ц. попадает в группу сульфида аммония. Качественно Ц. обнаруживают по р-ции с  $(\text{NH}_4)_2[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$  – в присут. ионов Cu образуется фиолетовый, в присут. ионов Co – синий осадок. Применяют также р-цию с дитизоном (красное окрашивание), метиловым фиолетовым (синее окрашивание или фиолетовый осадок в присут.  $\text{NH}_4\text{SCN}$ ) и др. Удобно спектральное определение Ц. по группе из трех линий 334,502, 334,557 и 334,593 нм или по двум линиям 330,259 и 330,294 нм. Количество Ц. определяют гравиметрически осаждением в виде  $\text{NH}_4\text{ZnPO}_4$  с послед. прокаливанием до  $\text{Zn}_3\text{P}_2\text{O}_7$ , осаждением  $\text{Zn}[\text{Hg}(\text{SCN})_4]$  или гидрооксихинолината Ц. Но чаще используют титриметрич. методы – титрование комплексом III в кислой или щелочной среде с индикаторами эриохром черный Т (pH 10), мурексид, кисленоловый оранжевый, дитизон (рН 4–5) и т. д. Для определения малых кол-в Ц. применяют фото-метрич. метод, в частности с использованием дитизона. Применяют полярографич. метод, амперометрич. и потенциометрич. титрование (напр., ферроцианидом K), эмиссионный спектральный, атомно-абсорбционный и др.

**Применение.** Осн. область использования – антикоррозионные покрытия (цинкование) железа и стали. Листы металлич. Ц. применяют в аккумуляторах и сухих элементах, в типографском деле. Ц. используют в металлургии при рафинировании Pb от Ag и Au; цинковую пыль – для выделения Cd, In, Au и т. п. из р-ров цементацией. Ц. в соляной к-те и цинковая пыль – восстановители в орг. синтезе. Широко применяют *цинка славь*, расходуется Ц. также на произ-во разл. соед., в частности пигментов (цинковые белила). Примерное распределение Ц. по областям использования (в %) – цинкование и покрытия сплавами Ц. – 45; хим. источники тока – 20; латуни и бронзы – 15; сплавы на основе Ц. – 12; пигменты и пр. – 8.

Объем мирового произ-ва Ц. (без СССР) 5,22 млн. т (1989). Осн. производители – Канада, Япония, США, Германия, Бельгия, Франция, Австралия.

Ц. в небольших кол-вах необходим для жизнедеятельности растений (см. *Цинковые удобрения*), животных и человека, т. к. входит в состав нек-рых ферментов и гормонов. Потребность человека в Ц. 15 мг в сут.

Металлич. Ц. малотоксичен, но хранить продукты в цинковой посуде не рекомендуется. Нек-рые соед., в частности оксид, фосфид, токсичны. Пары  $\text{ZnO}$ , а также цинковая пыль вызывают т. наз. литейную лихорадку (симптомы – озноб, ломота и боль в мышцах, головная боль, тошнота и кашель). Р-римые соли Ц. вызывают расстройство пищеварения, раздражение слизистых оболочек. В воздухе рабочей зоны ПДК  $\text{ZnO}$  0,5 мг/м<sup>3</sup>, временно допустимая доза  $\text{ZnCO}_3$  и  $\text{ZnSe}$  2,0 мг/м<sup>3</sup>, фосфатов и нитрата 0,5 мг/м<sup>3</sup>, ПДК в воде для Ц. 1,0 мг/л, в водоемах для разведения рыб 0,01 мг/л, в почве 23,0 мг/кг. ПДК Ц. в продуктах питания, мг/кг: рыбных – мясных 20,0, молочных 5,0, хлебе, зерне 25,0, овощах, фруктах, соках 10,0. Цинковая пыль пирофорна.

Сплавы Ц. (латунь) были известны с глубокой древности (2400–2000 до н. э.). Получение Ц. описал Страбон (1 в. до н. э.). Пром. произ-во Ц. в Европе началось в 1743, в Китае – на 400 лет раньше.

Лит.: Лакерник М. М., Пахомова Г. Н., *Металлургия цинка и кадмия*, М., 1969; Живовицкая В. П., Селезнева Е. А., *Аналитическая химия цинка*, М., 1975; Зайцев В. Я., Маргулис Е. В., *Металлургия свинца и цинка*, М., 1985; Aylett B. J., в кн.: *Comprehensive inorganic chemistry*, v. 3, Oxf. – [а. о.], 1973, p. 187–253.

П. И. Федоров.

**ЦИНКА АЦЕТАТ**  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ , бесцв. кристаллы тетрагон. сингонии ( $a = 1,113$  нм,  $c = 1,095$  нм,  $z = 8$ ); плотн. 1,84 г/см<sup>3</sup>;  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  –1078 кДж/моль; раств. в воде (28,5% по массе при  $20^\circ\text{C}$   $\approx 9\%$  при  $100^\circ\text{C}$ ), метаноле, ацетоне, ани-

лине, пиридине. Т. пл. 242 °С, но уже выше 200 °С начинает разлагаться с выделением ацетона и образованием оксоецетата  $Zn_4O(CH_3COO)_6$  (кристаллы кубич. сингонии,  $a = 1,65$  нм); при 200 °С и давлении ок. 20 кПа возгоняется.

Из водных р-ров кристаллизуется дигидрат  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$  – моноклинные кристаллы ( $a = 1,453$  нм,  $b = 0,533$  нм,  $c = 1,091$  нм,  $\beta = 99,6^\circ$ ,  $z = 4$ , пространств. группа  $C2/c$ ); плотн. 1,77 г/см<sup>3</sup>;  $\Delta H_{обр}^0$  – 1673 кДж/моль; при ~100 °С обезвоживается. Описан также моногидрат Ц. а., выделенный из водно-этанольных р-ров ( $\Delta H_{обр}^0$  – 1378 кДж/моль).

Получают Ц. а. взаимодействием ZnO или ZnCO<sub>3</sub> с уксусной к-той. Используют как фиксатор при крашении тканей, консервант древесины, противогрибковое ср-во в медицине, катализатор в орг. синтезе. Входит в состав зубных цементов, используется при произ-ве глазурей, фарфора. П. И. Федоров.

**ЦИНКА ГАЛОГЕНИДЫ**, бесцв. кристаллы тетрагон. сингонии (табл.; см. также *Цинка хлорид*). Фторид ZnF<sub>2</sub> кристаллизуется в структурном типе рутила; при высоких давлениях получены также моноклинные модификация со структурой типа ZnO<sub>2</sub>, кубич. типа флюорита и ромбич. со структурой типа α-PbO<sub>2</sub>; ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (мм рт. ст.) = 26,90 – 13650/T + 5,03 lg T (1148 – 1778K); гигроскопичен, мало раств. в воде (1,62% при 20 °С), не раств. в этаноле, разлагается горячими минеральными к-тами. Описан кристаллогидрат с 4 молекулами воды (плотн. 2,567 г/см<sup>3</sup>), к-рый обезвоживается выше 120 °С. При гидролизе р-ров фторида образуются гидроксофториды, напр. Zn(OH)F. При нагр. на воздухе и в токе водяного пара ZnF<sub>2</sub> превращается в ZnO. Получают ZnF<sub>2</sub> действием плавиковой к-ты на ZnCO<sub>3</sub> или взаимод. р-ров NaF и ZnSO<sub>4</sub> с послед. обезвоживанием. ZnF<sub>2</sub> – материал для лазеров, компонент люминофоров, глазурей, эмалей, спец. стеклов. р-ров для цинкования, консервант для древесины, протрава при крашении. Токсичен.

СВОЙСТВА ГАЛОГЕНИДОВ ЦИНКА

Показатель	ZnF <sub>2</sub>	ZnBr <sub>2</sub>	ZnI <sub>2</sub>
Параметры решетки*, нм:			
<i>a</i>	0,47034	1,140	1,227
<i>c</i>	0,31335	2,180	2,354
Число формульных единиц в ячейке	2	32	32
Пространств. группа	<i>P4/mmm</i>	<i>I4<sub>1</sub>acd</i>	<i>I4<sub>1</sub>acd</i>
Т. пл., °С	890	402	446
Т. кип., °С	1505	670	727
Плотн., г/см <sup>3</sup>	4,94	4,20	4,736
<i>C<sub>p</sub><sup>0</sup></i> , Дж/(моль·К)	65,6	66	—
$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	-764	-329,7	-208,2
<i>S<sub>298</sub><sup>0</sup></i> , Дж/(моль·К)	73,7	136	161
$\Delta H_{пл}^0$ , кДж/моль	41,8	15,7	17
$\Delta H_{исп}^0$ , кДж/моль	185	109,6	96,2

\* Тетрагон. сингония.

**Бромид ZnBr<sub>2</sub>** – кроме тетрагон. модификации, известна ромбоэдрич. со структурой типа CdCl<sub>2</sub> ( $a = 0,392$  нм,  $c = 1,873$  нм,  $z = 3$ , пространств. группа  $R3m$ ). Еще две модификации найдены при высоких давлениях. Может образовывать стекла с плотн. 3,77 г/см<sup>3</sup>; летуч, возгоняется; хорошо раств. в воде (82,5% по массе при 25 °С, 86,6% при 80 °С). При т-рах от -8 до 35 °С из р-ров кристаллизуется дигидрат  $ZnBr_2 \cdot 2H_2O$  (т. пл. 37 °С), ниже -8 °С – тригидрат, выше 35 °С – безводный бромид. Кристаллогидраты, как и безводный бромид, легко расплываются на воздухе. При гидролизе р-ров бромиды образуются гидроксобромиды разл. состава, напр. Zn<sub>5</sub>(OH)<sub>8</sub>Br<sub>2</sub>. Бромид хорошо раств. в этаноле, хуже – в эфире, пиридине и хинолине; в CS<sub>2</sub> нерастворим. Получают взаимод. Zn с Br<sub>2</sub> в водном р-ре. Используют как реагент в орг. синтезе, компонент стекол для ИК оптики, конц. р-ры для наполнения радиационных экранов. Слабо токсичен.

**Иодид ZnI<sub>2</sub>** – очень гигроскопичен; на свету желтеет. Кроме тетрагональной, известны ромбоэдрич. модификация

со структурой типа CdCl<sub>2</sub> ( $a = 0,425$  нм,  $c = 2,15$  нм) и разл. полиморфы. При нагр. на воздухе превращается в ZnO. Очень хорошо раств. в воде (81,2% при 18 °С, 83,1% при 80 °С), этаноле, хуже – в эфире, ацетоне, глицерине, пиридине; не раств. в CS<sub>2</sub>. Большим избытком воды гидролизует. Устойчивая фаза в водных р-рах ниже 0 °С – дигидрат (т. пл. 27 °С), выше 0 °С – безводный иодид. Описан также тетрагидрат, превращающийся при -7 °С в дигидрат. Получают иодид взаимод. Zn с I<sub>2</sub> в водном р-ре с послед. выпариванием и высушиванием. Очищают сублимацией. Используют как катализатор в орг. синтезе, аналит. реагент, антисептик в медицине.

Взаимод. Zn с I<sub>2</sub> при 1000 °С под давлением получен моноиодид ZnI черного цвета, быстро окисляющийся на воздухе. П. И. Федоров.

**ЦИНКА ГИДРОКСИД**, см. *Цинка оксид*.

**ЦИНКА ОКСИД ZnO**, бесцв. кристаллы гексагон. сингонии ( $a = 0,32495$  нм,  $c = 0,52069$  нм,  $z = 2$ , пространств. группа  $R6_3/mc$ ); т. возг. 1800 °С; плотн. 5,7 г/см<sup>3</sup>; *C<sub>p</sub><sup>0</sup>* 40,28 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{обр}^0$  -350,80 кДж/моль, *S<sub>298</sub><sup>0</sup>* 43,67 Дж/(моль·К); показатели преломления 2,015 и 2,068. Амфотерен; с щелочами дает гидроксоцинкаты, напр., Na[Zn(OH)<sub>3</sub>], [Na<sub>2</sub>Zn(OH)<sub>4</sub>], [Ba<sub>2</sub>Zn(OH)<sub>6</sub>], с р-рами солей – простые или двойные гидроксоли Zn(OH)NO<sub>3</sub>, Zn<sub>5</sub>(OH)<sub>8</sub>Cl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, Zn<sub>2</sub>Cr(OH)<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub> × xH<sub>2</sub>O, при нагр. с SiO<sub>2</sub> и B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – стекловидные Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> и Zn(B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, с оксидами металлов – цинкаты, напр. CoZnO<sub>2</sub>. Восстанавливается до Zn углеродом, СО, Н<sub>2</sub>, СН<sub>4</sub>, СаС<sub>2</sub> и ферросилицием при нагр. до ~1000 °С.

Ц. о. встречается в природе в виде минерала цинкита. Получают Ц. о. обжигом цинкового концентрата, послед. продувкой его воздухом при 1200 °С и улавливанием пылевидного Ц. о. в спец. фильтрах, а также сжиганием Zn на воздухе или прокаливанием гидроксида, нитрата или оксалата Zn. Ц. о. – белый пигмент для красок (цинковые белила), активатор вулканизации и наполнитель в резиновой пром-сти, компонент косметики. препаратов – кремов, пудры, луб. ср-в, масел, паст, присыпок при кожных заболеваниях, зубных цементов, катализатор синтеза метанола, полупроводниковый материал, компонент люминофоров.

Ц. о. ядовит, вызывает т. наз. литейную лихорадку; ПДК в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м<sup>3</sup>, в атм. воздухе 0,05 мг/м<sup>3</sup>.

Гидроксид цинка Zn(OH)<sub>2</sub> – бесцв. кристаллы или аморфное в-во; известно 5 полиморфных модификаций Zn(OH)<sub>2</sub>, из к-рых устойчивой является только ε (ромбич. сингония); мало раств. в воде, амфотерен (основные св-ва преобладают); с щелочами образует гидроксоцинкаты, с избытком NH<sub>3</sub> – [Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>](OH)<sub>2</sub>; получают осаждением щелочами из р-ров солей Zn; применяют для синтеза разл. соед. цинка. В. П. Данилов.

**ЦИНКА СПЛАВЫ**, относятся к легкоплавким сплавам. Осн. легирующие элементы – Al, Cu и Mg, содержание к-рых может достигать соотв. 19–21, 14–16 и 0,03–0,06% по массе. Наиб. вредные примеси – Pb, Fe, Cd, Sn и Cu, вызывающие межкристаллитную коррозию; в Ц. с. их содержание не превышает 0,001–0,05%.

Ц. с. технологичны при плавке, литье, обработке давлением и резанием. В зависимости от состава и назначения Ц. с. подразделяют на деформируемые, литейные, антифрикционные, припои, типографские и протекторные.

Деформируемые Ц. с. содержат до 13–17% Al, 4,5–5% Cu и 0,05% Mg. Основа деформируемых Ц. с. – твердый р-р легирующих элементов в Zn, имеющий гексагон. плотноупакованную решетку. Предел прочности σ<sub>раст</sub> 300–480 МПа, относит. удлинение δ 8–30%, твердость по Бринеллю HB 750–1150 МПа; по своим мех. св-вам подобны латуням.

Слитки деформируемых Ц. с. получают методами наполнительного и полунепрерывного литья; из слитков затем изготовляют разл. полуфабрикаты (листы, полосы, прутки и др.).

Литейные Ц. с. содержат 3,5–4,3% Al, 0,6–3,5% Cu и 0,03–0,06% Mg. В структуре помимо твердого р-ра на основе Zn присутствуют разл. эвтектич. составляющие. Отличаются узким интервалом кристаллизации, высокой жидкотекуче-

стью – в расплавленном виде хорошо заполняют литейную форму; не взаимодей. с металлом прессформы и камеры прессования, что позволяет получать точные по размерам и сложные по форме отливки с тонкими стенками, пов-сть к-рых не требует обработки.

Изделия из этих сплавов получают гл. обр. литьем под давлением, реже – литьем в металлич. или песчаные формы. Используют в автомобилестроении (карбюраторы, корпуса насосов, детали декоративной отделки), приборостроении (корпуса приборов, печатных машин), произ-ве бытовой техники (детали холодильников, пылесосов) и др.

Антифрикционные Ц. с. содержат 9–12% Al, 1–5,5% Cu и 0,03–0,06% Mg. В структуре содержат мягкую (твердый р-р на основе Al) и твердую (твердый р-р на основе Zn и CuZn<sub>2</sub>) составляющие, обеспечивающие соотв. прирабатываемость подшипника к шейке вала и низкий коэф. трения (0,009). По сравнению с Sn-бронзами и Pb-бabbitами имеют более высокий коэф. термич. расширения.

Получают методами литья и обработки давлением. Используют в качестве моно- и биметаллич. вкладышей и втулок подшипников, направляющих скольжения; заменяют Sn-бронзы и Pb-бabbitы в узлах трения металлорежущих станков, прессов, подъемно-транспортных машин и механизмов.

Припои отличаются разнообразным составом – помимо Al (от 2–3 до 19–21%) и Cu (от 3–5 до 14–16%) могут содержать Cd (от 20–25 до 39–41%) и Sn (от 0,5 до 15–40%), а также 4–5% Ag, 0,5–1,5% Pb и др. В структуре содержат разл. эвтектич. составляющие. Интервал кристаллизации от 163–346 (Ц. с. с Cd и Sn) до 480–490 °С (с Al и Cu).

Применяют при пайке изделий из Al-, Mg- и Zn-сплавов. При содержании Sn > 30% Ц. с. обладают наиб. высокой прочностью и достаточной пластичностью, однако во влажной атмосфере паяные этими припоями места соединения нуждаются в защите от коррозии с помощью лакокрасочных покрытий.

Типографские Ц. с. содержат 2,2–7,5% Al, 0,06–4,5% Cu или 1,2–1,8% Mg. Отличаются высокими литейными св-вами (жидкотекучестью), сопротивляемостью истиранию. Применяются в полиграфии при отливке шрифтов ручного и машинного набора. Служат заменителями токсичных сплавов на основе Pb.

Протекторные Ц. с. содержат 0,2–0,7% Al и добавки Mg и Mn (по 0,2%) или Ti и Si (до 0,1% каждого). Применяются для защиты от коррозии подводной части и внутр. пов-сти отсеков морских судов, металлич. резервуаров и сооружений. От аналогичных Al- и Mg-сплавов отличаются пожаро- и взрывобезопасностью, при анодном растворении не выделяют H<sub>2</sub>, значительно изменяют pH окружающей среды. Имеют стационарный отрицат. потенциал 800–820 мВ, рабочий – 730–750 мВ, фактич. токоотдачу 740–780 а·ч/кг и уд. расход 11,2–11,8 кг/(А·г).

Недостатки Ц. с.: высокая стойкость против коррозии (особенно во влажной атмосфере и при нагревании), к-рую повышают нанесением металлич. (Cr, Ni, Cd) и лакокрасочных покрытий, а также изменение мех. св-в и размеров в результате естественного старения.

Полуфабрикаты и изделия из Ц. с. подвергают разл. видам термич. обработки. Гомогенизационный отжиг литых Ц. с. проводят при 320–340 °С, рекристаллизационный (для повышения пластичности и уменьшения анизотропии мех. св-в) – при ~ 200 °С. Для стабилизации размеров отдельные Ц. с. подвергают закалке от 360 °С и старению в течение 3–10 ч при 60–100 °С.

Лит.: Мальце в М. В., Металлография промышленных цветных металлов и сплавов, 2 изд., М., 1970; Кечин В. А., Люблинский Е. Я., Цинковые сплавы, М., 1986. А. М. Захаров.

**ЦИНКА СУЛЬФАТ** ZnSO<sub>4</sub>, бесцв. кристаллы ромбич. сингонии (a = 0,6731 нм, b = 0,8581 нм, c = 0,4760 нм, z = 4, пространств. группа Pnma); плотн. 3,54 г/см<sup>3</sup>; S<sub>p</sub><sup>0</sup> 99,14 Дж/(моль·К); ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –982,01 кДж/моль; S<sub>298</sub><sup>0</sup> 110,62 Дж/(моль·К); при нагре. до 600–800 °С разлагается до SO<sub>2</sub> и оксосульфатов, выше 930 °С образуется ZnO. Раств. в воде и глицерине. Р-римость в воде растет почти линейно с

т-рой от 27,6% по массе при –7 °С до 41,4% при 39 °С. В этом интервале т-р кристаллизуется гексагидрат ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O (цинковый купорос) с ромбич. решеткой. При 39–70 °С кристаллизуется гексагидрат, р-римость Ц. с. при этом 47,7% (70 °С). Выше 70 °С образуется моногидрат, р-римость Ц. с. падает до 44% (105 °С). Моногидрат обезвоживается при 238 °С. Известны также нестабильные тетра-, ди- и гексагидраты (моноклинной сингонии).

Описаны основные сульфаты Zn, напр. 3Zn(OH)<sub>2</sub>·ZnSO<sub>4</sub> × 4H<sub>2</sub>O, а также кислый Ц. с. ZnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, кристаллизующийся из 95%-ного р-ра H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Известны также двойные сульфаты: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·ZnSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·ZnSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O и др.

Ц. с. получают из вторичного сырья и из руд при обработке H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Образующийся р-р применяют в произ-ве вискозы, как микроудобрение и добавку к кормам, компонент электролита при получении Zn электролизом и при цинковании, как флотореагент, компонент глазных капель, для пропитки древесины, отбеливания бумаги.

Лит.: Позин М. Е., Технология минеральных солей, 4 изд., ч. 1, Л., 1974, с. 714–28. В. П. Данилов.

**ЦИНКА СУЛЬФИД**, см. Цинка халькогениды.

**ЦИНКА ХАЛЬКОГЕНИДЫ**, соед. Zn с халькогенами (табл.). При атм. давлении существуют в виде двух модификаций – стабильной кубической со структурой типа сфалерита (пространств. группа F43m, z = 4) и метастабильной гексагональной типа вюрцита (пространств. группа P6<sub>3</sub>mc, z = 2). Возможно получение кристаллов со структурами, включающими кубич. (трехслойные) и гексагон. (двухслойные) упаковки. Особенно много политипных модификаций (до 150) известно у ZnS. При высоких давлениях все Ц. х. переходят в др. кубич. модификации со структурой типа NaCl (по др. данным, типа CsCl). Все Ц. х. могут иметь отклонения от стехиометрии, испаряются конгруэнтно с диссоциацией в парах на компоненты.

Показатель	СВОЙСТВА ХАЛЬКОГЕНИДОВ ЦИНКА					
	ZnS		ZnSe		ZnTe	
	Бесцв.		Желтый		Красный	
Сингония	Кубич. <sup>a</sup>	Гексагон.	Кубич. <sup>a</sup>	Гексагон.	Кубич.	Гексагон.
Параметры решетки, нм:						
a	0,54109	0,38225	0,5656	0,3996	0,6085	0,4310
c	—	0,62613	—	0,6626	—	0,7090
Т. пл., °С	—	1820 (0,37 МПа)	—	1575 (0,053 МПа)	1305*	—
Т. возг., °С	1178	1185	—	—	—	—
Плотн., г/см <sup>3</sup>	4,09	4,08	5,42	—	5,72	—
S <sub>p</sub> <sup>0</sup> Дж/(моль·К)	45,5	—	50	—	49,7	—
ΔH <sub>обр</sub> <sup>0</sup> кДж/моль	149,8	265,3	—	—	—	—
ΔH <sub>обр</sub> <sup>0</sup> кДж/моль	—205	—192	—164	—	—119,2	—
S <sub>298</sub> <sup>0</sup> Дж/(моль·К)	57,7	—	84	—	92	—
Теплопроводность, Вт/(см·К)	0,026	—	0,19	—	0,18	—
Коэф. преломления	2,37	—	2,66	—	2,97	—
Ширина запрещенной зоны, эВ	3,7	3,8	2,7	—	2,24	—
Эффективная масса электронов	0,27	—	0,17	—	—	—
дырок	0,58	—	0,6	—	0,6	—
Подвижность, см <sup>2</sup> /(В·с): электронов	200	140	530	—	340	—
дырок	5	—	28	—	110	—

<sup>a</sup> Т-ра полиморфного перехода 1175 °С, ΔH перехода 1,35 кДж/моль. <sup>b</sup> Т-ра полиморфного перехода 1145 °С, ΔH перехода 0,96 кДж/моль. \* ΔH<sub>пл</sub> 65 кДж/моль.

Модификации, существующие при атм. давлении, – широкозонные полупроводники. У них наблюдается пьезоэлектрич. эффект. Модификации высокого давления обладают металлич. проводимостью. Ц. х. обладают высокой чувствительностью к электромагн. волнам, вплоть до самых коротких. Этим обусловлены осн. области их применения – как люминофоров, сцинтилляторов, материалов ИК оптики и т.п.



Для сульфида ZnS ур-ние температурной зависимости давления пара: для сфалерита  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $10,571 - 13846/T$  (1095 – 1435K); для вюрцита  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $9,842 - 13026/T$  (1482 – 1733 K). Переход в кубич. фазу III ( $a = 0,499$  нм при  $\sim 18$  ГПа) наблюдается при давлении 16,4 ГПа, обратный переход – при 10–11 ГПа. ZnS в виде белого аморфного осадка (легко дающего коллоидные р-ры) образуется при действии H<sub>2</sub>S или (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S на нейтральные р-ры солей цинка. Свежеосажденный ZnS хорошо раств. в сильных минеральных к-тах, но не раств. в уксусной к-те, р-рах щелочей, NH<sub>3</sub>, сульфидов щелочных металлов. При стоянии осадок постепенно кристаллизуется, что ведет к уменьшению р-рности в к-тах. Р-римость ZnS (в форме сфалерита) в воде  $\sim 6 \cdot 10^{-6}\%$  по массе. Во влажном воздухе и в виде водной суспензии медленно окисляется до ZnSO<sub>4</sub>. В орг. р-рителях не раств. Т-ра воспл. на воздухе 755 °С.

Получают ZnS из Zn и S в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Используют также гидротермальный метод:  $3ZnO + 4S + 2NH_3 + H_2O \rightarrow 3ZnS + (NH_4)_2SO_4$ , осаждение из водных р-ров – из щелочных действий тиомочевины или из слабых кислот (рН 2–3) действием H<sub>2</sub>S. Монокристаллы выращивают из расплава методом направленной кристаллизации под давлением Ag, из р-ра в расплаве, напр. PbCl<sub>2</sub>, осаждением из газовой фазы – в результате возгонки, взаимодей. паров компонентов или транспортными р-циями с I<sub>2</sub> или NH<sub>4</sub>Cl в качестве носителя, гидротермальным методом – из р-ра H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> или KOH. Пленки сульфида выращивают обычно напылением.

ZnS – люминофор для экранов электронно-лучевых и рентгеновских трубок, сцинтилляторов и т. п., полупроводниковый материал, компонент белого пигмента (см. *Литопон*). Прир. минералы сфалерит и вюрцит (вюрцит) – сырье для извлечения Zn.

Ди-сульфид ZnS<sub>2</sub> – кристаллы с кубич. структурой типа пирита ( $a = 0,59542$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа Pa3); плотн. 5,56 г/см<sup>3</sup>, получают взаимодей. с ZnS и S при давлении 6,5 ГПа и 400–600 °С.

Для селенида ZnSe (кубич. модификация) ур-ние температурной зависимости давления пара:  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $9,436 - 12140/T$  (952 – 1209K). При давлении 13,5 ГПа переходит в кубич. металлич. модификацию ( $a = 0,511$  нм). ZnSe м. б. осажден из р-ра в виде лимонно-желтого, плохо фильтрующегося осадка. Влажный ZnSe очень чувствителен к действию воздуха. Высушенный или полученный сухим путем устойчив на воздухе, окисление его с улетучиванием SeO<sub>2</sub> начинается при 300–350 °С. Разлагается разб. к-тами с выделением H<sub>2</sub>Se. Получают ZnSe взаимодей. Zn с Se, ZnS с H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> с послед. прокаливанием при 600–800 °С, при нагр. ZnS с SeO<sub>2</sub> или смеси ZnO, ZnS с Se ( $2ZnO + ZnS + 3Se \rightarrow 3ZnSe + SO_2$ ). Предложен также метод нагревания смеси ZnO с Se и шавелевой к-той. Монокристаллы селенида выращивают направленной кристаллизацией расплава под давлением, осаждением из газовой фазы – возгонкой, взаимодей. паров компонентов или транспортными р-циями. Пленки получают из газовой фазы. ZnSe – лазерный материал, компонент люминофоров. В природе – минерал штиллеит.

Диселенид ZnSe<sub>2</sub> со структурой типа пирита ( $a = 0,62930$  нм) получен из простых в-в под давлением 6,5 ГПа при 1000–1300 °С.

Теллурид ZnTe в зависимости от способа получения – серый порошок, краснеющий при растирании, или красные кристаллы. Гексагон. модификация при всех т-рах метастабильна, м. б. получена только из газовой фазы; ур-ние температурной зависимости давления пара для кубич. модификации:  $\lg p$  (мм рт. ст.) =  $9,718 - 11513/T$  (918 – 1095K). Под давлением 8,5–9 ГПа превращается в кубич. фазу III, к-рая при 12–13,5 ГПа переходит в гексагон. металлич. модификацию IV со структурой типа β-Sn. Устойчив на воздухе. Порошкообразный разрушается водой. В орг. р-рителях не раств., минеральными к-тами разлагается с выделением H<sub>2</sub>Te.

Синтезируют ZnTe либо сплавлением компонентов в инертной атмосфере, либо при нагр. смеси ZnO с Te и шавелевой к-той. Монокристаллы выращивают направленной кристал-

лизацией расплава или вытягиванием по Чохральскому. Используют также осаждение из газовой фазы – путем возгонки, взаимодей. паров компонентов или транспортными р-циями. Пленки получают из газовой фазы. ZnTe – материал для фоторезисторов, приемников ИК излучения, дозиметров и счетчиков радиоизлучения, люминофор, полупроводниковый материал, в т. ч. в лазерах.

Лит.: Полупроводниковые халькогениды и сплавы на их основе, М., 1975; Морозов Н. К., Кузнецов В. А., Сульфид цинка. Получение и оптические свойства, М., 1987.

П. И. Федоров.

**ЦИНКА ХЛОРИД** ZnCl<sub>2</sub>, бесцв., очень гигроскопичные кристаллы; известен в 3 модификациях: α – тетрагон. сингонии ( $a = 0,540$  нм,  $c = 1,035$  нм,  $z = 4$ , пространств. группа I42d), β – моноклинной сингонии ( $a = 0,654$  нм,  $b = 1,131$  нм,  $c = 1,233$  нм,  $\beta = 90^\circ$ ,  $z = 12$ , пространств. группа P2<sub>1</sub>/n) и γ – тетрагон. сингонии ( $a = 0,370$  нм,  $c = 1,067$  нм,  $z = 2$ , пространств. группа P4<sub>2</sub>/nmc); т. пл. 283 °С, т. кип. 732 °С; плотн. 2,91 г/см<sup>3</sup>; C<sub>p</sub><sup>0</sup> 71,38 Дж/(моль·K); ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –415,33 кДж/моль, ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 23,03 кДж/моль; S<sub>298</sub><sup>0</sup> 111,54 Дж/(моль·K). Хорошо раств. в воде (432 г в 100 г воды при 25 °С и 614 г при 100 °С), раств. в эфире, этаноле, глицерине, ацетоне. Благодаря гидролизу водный р-р Ц. х. имеет кислую р-цию, при частичной нейтрализации образуются основные хлориды: Zn(OH)Cl, Zn<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O и др. Известны: 5 кристаллогидратов ZnCl<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O, где n = 4, 3, 2,5, 1,5, 1; комплексные хлориды M[ZnCl<sub>3</sub>], M<sub>2</sub>[ZnCl<sub>4</sub>], M<sub>4</sub>[ZnCl<sub>6</sub>], где M = NH<sub>4</sub>, K, Na, Cs; аммиакаты [Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]Cl<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O, [Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]Cl<sub>2</sub> и др.

В пром-сти Ц. х. получают действием соляной к-ты на вторичное сырье или обожженную руду. Получают Ц. х. также при нагр. до 420 °С гранулированного металлич. Zn в токе Cl<sub>2</sub>, действием Cl<sub>2</sub> на нагретые до 700 °С ZnO, ZnS, р-цией Zn с HCl. Очищают Ц. х. сублимацией при 600–700 °С в токе Cl<sub>2</sub>. Ц. х. применяют как антисептик для древесины, при изготовлении пергамента, для очистки металлов перед пайкой, как компонент электролита для гальванич. покрытий в сухих элементах, как протраву при крашении.

Лит.: Позняк М. Е., Технология минеральных солей, 4 изд., ч. 1, Л., 1974, с. 714–28.

В. П. Данилов.

**ЦИНКОВЫЕ УДОБРЕНИЯ**, один из видов микроудобрений, содержащий в качестве микроэлемента Zn. Последний – постоянный компонент растений (15–22 мг на 1 кг сухого в-ва), входит в состав ряда ферментов, участвующих в окислит.-восстановит. процессах в растит. организмах, способствует биосинтезу витаминов, ускоряет рост и развитие, повышает продуктивность с.-х. культур. При недостатке Zn в растениях нарушается обмен в-в, уменьшается содержание сахарозы и крахмала, развивается хлороз листьев (приобретает желтую окраску), что замедляет образование хлорофилла и снижает активность фотосинтеза.

Наиб. распространенные Ц. у.: цинковый купорос ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O (не менее 36% Zn); простой (0,5 ± 0,1% Zn, 19 ± 1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и двойной (0,8 ± 0,15% Zn, 43 ± 1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) суперфосфаты; цинковый аммофос из фосфоритов Каратау (0,7 ± 0,15% Zn, не менее 10% N, не менее 43% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) или апатитового концентрата (0,8 ± 0,15% Zn, 12 ± 1% N, 52 ± 1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); кроме того, применяют т. наз. цинковое полимикродобрение (ПМУ) – отход в произ-ве цинковых белил (ок. 25% Zn в водонерастворимой форме, 0,4% Mg, 0,4% CuO, 1% MgO, 13% FeO). Эти удобрения получают растворением в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> цинксодержащих соед. или их введением в соответствующие макроудобрения с послед. гранулированием и сушкой полученных продуктов.

Ц. у. применяют на карбонатных черноземах, дерново-карбонатных почвах, сероземах при возделывании зерновых, овощных, плодовых и ягодных культур, хлопка. Цинксодержащие аммофос, суперфосфаты и ПМУ вносят в почву (3–5 кг/га в пересчете на Zn). Цинковый купорос используют для обработки семян перед посевом (60–80 л водного р-ра, содержащего 0,1% ZnSO<sub>4</sub>, на 1 т семян), а также для некорневой подкормки растений (300–400 л такого же р-ра на 1 га посева).

Применение Ц. у. обеспечивает увеличение урожая кукурузы, пшеницы, хлопчатника и др., а также способствует

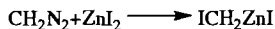
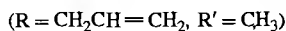
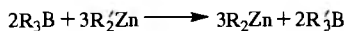
повышению содержания сахара, напр. в корнеплодах свеклы и ягодах винограда, белка в зеленой массе и в зерне.

Лит.: Панинков В. Д., Мннеев В. Г., Почва, климат, удобрения и урожай, 2 изд., М., 1987; Федюшкин Б. Ф., Минеральные удобрения с микроэлементами, Л., 1989. Б. Ф. Федюшкин.

**ЦИНКОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**, содержат связь Zn—C. Осн. типы: R<sub>2</sub>Zn, RZnR', RZnX (R и R' = Alk, Ar; X = H, Hal, OR, NR<sub>2</sub>, PR<sub>2</sub>, SR' и др.). Из Ц. с. с π-связью металл-лиганд известен только CH<sub>3</sub>ZnC<sub>3</sub>H<sub>5</sub>; в газовой фазе имеет структуру с η<sup>5</sup>-связанным C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>-лигандом, в твердой фазе — полимера с мостиковыми C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>-группами, связанными по η<sup>2</sup>-или η<sup>3</sup>-типу. Низшие Alk<sub>2</sub>Zn — летучие бесцв. подвижные жидкости, высшие Alk<sub>2</sub>Zn и Ar<sub>2</sub>Zn — обычно низкоплавкие твердые в-ва, существуют в виде мономеров, имеющих в твердом виде и в р-ре линейную структуру, раств. в орг. р-рителях. Присутствие в алкильном радикале тройной связи приводит к димерным твердым в-вам, плохо раств. в неполярных апротонных р-рителях. Ц. с. типа RZnX — димеры [напр., (CH<sub>3</sub>ZnNPh<sub>2</sub>)<sub>2</sub>] или более высокие ассоциаты [напр., (CH<sub>3</sub>ZnOCH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>].

Диметилцинк термически стабилен, остальные Alk<sub>2</sub>Zn разлагаются при нагр. с выделением металлич. Zn. Термич. устойчивость уменьшается с увеличением длины и разветвленности R. Низшие Alk<sub>2</sub>Zn (по C<sub>3</sub> включительно) кинетически и термодинамически нестабильны к окислению и гидролизу, на воздухе самовозгораются, водой разлагаются со взрывом. Другие Ц. с. окисляются менее энергично. При осторожном окислении Alk<sub>2</sub>Zn дают AlkOONH; р-ция идет через стадию образования цинкорг. пероксидов. При взаимод. Alk<sub>2</sub>Zn с триалкилгалогенметанами образуются углеводороды с четвертичным атомом C (р-ция Бутлерова-Львова): R<sub>3</sub>CCl + R'<sub>2</sub>Zn → R<sub>3</sub>CR'; р-ция с хлорангидридами алифатич. к-т приводит к третичным спиртам (см. Бутлерова реакция). С карбонильными соед. Ц. с. реагируют подобно реактивам Гриньяра, р-цию используют для получения вторичных и третичных спиртов (р-ция Зайцева). Ц. с. с электронодонорными молекулами образуют устойчивые комплексы, в к-рых атом Zn трех- или четырехкоординационен, напр. (трет-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)(трет-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>O)Zn — пиридин. При р-ции Ph<sub>2</sub>Zn с PhLi образуются солеобразные комплексы Li[Ph<sub>3</sub>Zn]. Ц. с. типа RZnR' с радикалами близкой природы симметризируются: 2RZnR' → R<sub>2</sub>Zn + R'<sub>2</sub>Zn; с радикалами разл. природы — устойчивы к симметризации.

Получают Ц. с. чаще всего взаимод. алкилцинкгалогенидов с реактивами Гриньяра: C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ZnI + C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>MgBr → C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ZnC<sub>3</sub>H<sub>7</sub> → (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>Zn + (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>)<sub>2</sub>Zn. Используют также прямой метод — р-цию алкилбромидов или иодидов с металлич. Zn, активированным др. металлами или диспергированием: 2RI + 2Zn → 2RZnI → R<sub>2</sub>Zn + ZnI<sub>2</sub>. Ц. с., свободные от галогенидов Zn, получают трансметаллированием: R<sub>2</sub>Hg + Zn → R<sub>2</sub>Zn + Hg. Известны др. методы синтеза Ц. с., напр.:



Применяют Ц. с. в орг. синтезе (как правило, в виде р-ров). Комплексы Ц. с. с галогенидами переходных металлов — катализаторы полимеризации непредельных соед.

Лит.: Методы элементоорганической химии. Цинк, кадмий, под ред. А. Н. Несмеянова, К. А. Кочешкова, т. 3, М., 1964; Comprehensive organometallic chemistry, v. 2, Oxf., [а.о.], 1982, p. 823–62. А. С. Перегудов.

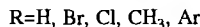
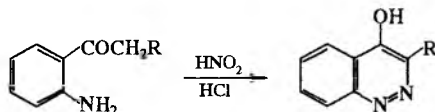
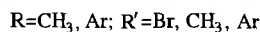
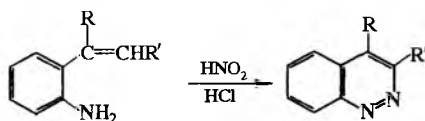
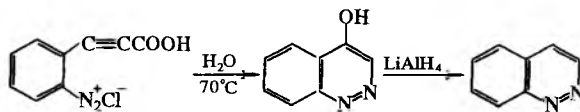
**ЦИННОЛИН** (бензо[с]пиридазин, 1,2-дизанафталин), мол. м. 130,15; светло-желтые кристаллы, т. пл. 40–41 °С, т. кип. 114 °С/0,35 мм рт. ст.; μ 13,78 · 10<sup>-30</sup> Кл · м; хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей, ограниченно — в воде. Ц. проявляет основные св-ва (pK<sub>a</sub> 2,70; вода, 25 °С); с неорг. к-тами образует устойчивые одноосновные соли; дает также пикрат и хлорплатинат.

По хим. св-вам Ц. — типичный представитель π-дефицитных гетероароматич. соединений. Электроф. замещение в Ц. про-

текает в бензольное кольцо в жестких условиях, напр. при нитровании дымящей HNO<sub>3</sub> и конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> при –5 °С образуется смесь 5-(33%) и 8-нитроциннолинов (28%). В аналогичных условиях из 4-метилциннолина с выходом 55% образуется 4-метил-8-нитроциннолин.

При действии CH<sub>3</sub>I Ц. превращается в 1-метилциннолиний-йодид. Окисление KMnO<sub>4</sub> в щелочной среде приводит к расщеплению бензольного кольца с образованием пиридин-3,4-дикарбонной к-ты, окисление H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в CH<sub>3</sub>COOH при 90 °С — к образованию смеси 1- и 2-оксидов, а также 1,2-диоксида в соотношении 25,9:49,2:0,3.

Синтезируют Ц. и его разл. производные по след. р-циям:

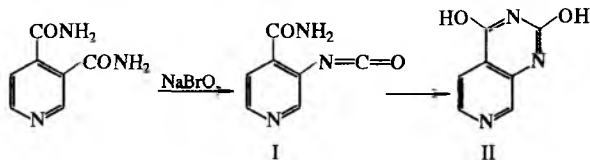
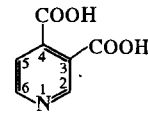


Ц. и его производные в природе не встречаются. Сам Ц. токсичен; среди его производных имеются в-ва, проявляющие антибактериальную активность [напр., 7-хлор-4-(4-диэтил-амино-1-метилбутил)циннолин, иодметилаты 4,6-диаминоциннолина и 4,6-диамино-3-метилциннолина].

Лит.: Гетероциклические соединения, под ред. Р. Эльдерфилда, пер. с англ., т. 6, М., 1960, с. 117; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 160. Р. А. Караханов, В. И. Келарев.

**ЦИНХОМЕРОНОВАЯ КИСЛОТА** (пиридин-3,4-дикарбонная к-та), мол. м. 167,12; бесцв. кристаллы, т. пл. 266–268 °С. Раств. в воде, плохо — в разл. орг. р-рителях.

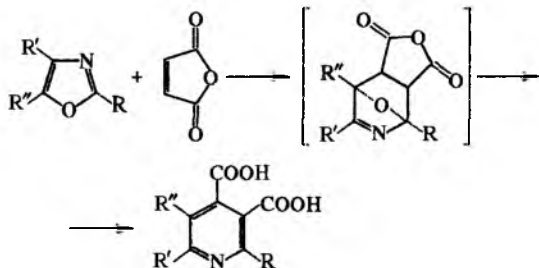
При нагр. выше т-ры плавления Ц. к. декарбоксилируется с образованием смеси никотиновой и изоникотиновой к-т, при взаимод. с (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O превращается в ангидрид, т. пл. 67 °С. Спиртами этерифицируется с образованием моно- или диалкиловых эфиров, напр. взаимод. с CH<sub>3</sub>OH приводит к диметилвому эфиру (т. кип. 168–171 °С/28 мм рт. ст.), к-рый при частичном гидролизе по положению 4 превращается в 3-метоксикарбонилзонионикотиновую к-ту; взаимод. CH<sub>3</sub>OH с ангидридом Ц. к. приводит к 4-метоксикарбонилникотиновой к-те. Моноэфиры Ц. к. при р-ции с NH<sub>3</sub> превращаются в соответствующие амиды, к-рые под действием NaBrO по р-ции Гофмана дают аминопиридинкарбонные к-ты. Диамид Ц. к. в аналогичных условиях образует изоцианат (ф-ла I), самопроизвольно превращающийся в циклич. соед. II:



Восстановление Ц. к. Na в этаноле приводит к пиперидин-3,4-дикарбонной к-те.

Получают Ц. к. (наряду с фталевым ангидридом) окислением щелочным р-ром  $KMnO_4$  изохинолина (или его 5- и 8-аминопроизводных) либо 3,4-диалкилпиридинов, а также частичным декарбоксилированием пиридин-2,3,4-трикарбонной к-ты.

Важный путь синтеза замещенных Ц.-взаимод. оксазолов с малеиновым ангидридом по реакции Дильса-Альдера:



Лит.: Гетероциклические соединения, пер. с англ., т. 1, М., 1953, с. 447-48; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 8, М., 1985, с. 272.

Л. Н. Яхонтов.

**ЦИРКОНИЙ** (лат. Zirconium) Zr, хим. элемент IV гр. периодич. системы; ат. н. 40, ат. м. 91,224. Прир. Ц. состоит из 5 стабильных нуклидов:  $^{90}Zr$  (51,46%),  $^{91}Zr$  (11,23%),  $^{92}Zr$  (17,11%),  $^{94}Zr$  (17,40%) и  $^{96}Zr$  (2,80%). Попереченное сечение захвата тепловых нейтронов для прир. смеси  $1,8 \cdot 10^{-29} \text{ м}^2$ , для  $^{91}Zr$   $1,0 \cdot 10^{-28} \text{ м}^2$ . Конфигурация внеш. электронных оболочек атома  $4d^2 5s^2$ ; степень окисления +4, значительно реже +3, +2 и +1; энергия ионизации при последоват. переходе от  $Zr^0$  к  $Zr^{4+}$  равна соотв. 6,837, 13,13, 22,98 и 34,92 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,4; ионный радиус  $Zr^{4+}$  (в скобках даны координац. числа) 0,073 нм (4), 0,080 нм (5), 0,086 нм (6), 0,092 нм (7), 0,098 нм (8) или 0,103 нм (9).

Содержание Ц. в земной коре ок. 0,02% по массе. В своб. состоянии не встречается. Важнейшие минералы - циркон  $ZrSiO_4$ , бадделит  $ZrO_2$ , эвдиалит  $(Na,Ca)_2Zr(OH)(Si_3O_9)_2(OH,Cl)_2$ . Всего описано более 30 минералов Ц., каждый из к-рых содержит Hf, а многие - и радиоактивные примеси. Главные месторождения циркона расположены в США, Австралии, Малайзии, ЮАР, России, на Украине, бадделита - в Бразилии, ЮАР, Шри-Ланке, России, эвдиалита - в Гренландии.

**Свойства.** Ц. - серебристо-серый блестящий (в порошкообразном состоянии - темно-серый) металл, высокопластичен, легко поддается мех. обработке (ковка, штамповка, прокатка и др.), легко сваривается в инертной атмосфере. Существует в двух кристаллич. модификациях:  $\alpha$  с гексагон. решеткой типа Mg,  $a = 0,3231 \text{ нм}$ ,  $c = 0,5146 \text{ нм}$ ,  $z = 2$ , пространств. группа  $P6_3/mmc$ , плотн.  $6,5107 \text{ г/см}^3$ ;  $\beta$  с кубич. решеткой типа  $\alpha = Fe$ ,  $a = 0,361 \text{ нм}$ ,  $z = 2$ , пространств. группа  $Im3m$ ; т-ра перехода  $\alpha \rightleftharpoons \beta$  863 °С,  $\Delta H$  перехода 3,89 кДж/моль. Добавки Al, Sn, Pb, Cd повышают, а Fe, Cr, Ni, Mo, Cu, Ti, Mn, Co, V и Nb понижают т-ру перехода. Т. пл. 1855 °С, т. кип. ок. 4350 °С;  $C_p^0$  25,3 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{пл}$  14,6 кДж/моль,  $\Delta H_{исп}$  575 кДж/моль (1855 °С),  $S_{298}^0$  39,0 Дж/(моль·К); температурный коэф. линейного расширения  $(5,1-5,8) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  (20-100 °С); теплопроводность 23,86 Вт/(м·К), ур-ния температурной зависимости теплопроводности  $\lambda = 5,18009 \cdot 10^{-1} - 2,367738 \cdot 10^{-3} T + 6,28905 \cdot 10^{-6} T^2 - 5,58159 \cdot 10^{-9} T^3$  Вт/(м·К) (80-500 К),  $\lambda = 2,44486 \cdot 10^{-1} - 2,3982 \cdot 10^{-4} T + 2,2721 \cdot 10^{-7} T^2 - 6,24923 \cdot 10^{-11} T^3$  Вт/(м·К) (500-1900 К);  $\rho$  43,74 мкОм·см (5 °С), температурный коэф.  $\rho$   $4,25 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$  (0-200 °С); работа выхода электрона 3,93 эВ. Модуль упругости 95-97 ГПа;  $\sigma_{раст}$  380-510 МПа; твердость по Бринеллю 90-130, по Виккерсу 600-1700 МПа; относит. удлинение 25% (20 °С), относит. сжатие 45% (20 °С). Наличие примесей сильно меняет мех. св-ва Ц. Так, примеси O, C, H придают ему хрупкость. Т-ра рекристаллизации Ц. 750 °С.

759

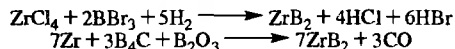
По хим. св-вам Ц. близок к Hf и в определенной степени к Ti.  $\Delta G_{обр}^0 Zr^{4+}$  (р-р  $H_2O$ ) -521,7 кДж/моль. При комнатной т-ре массивный Ц. обладает высокой коррозионной устойчивостью благодаря образованию на воздухе тонкой оксидной пленки. Ц. устойчив к действию HCl,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$  и щелочей. При нагр. медленно взаимодей. с царской водкой,  $H_3PO_4$ ,  $H_2SO_4$ , фтористоводородной и шавелевой к-тами, с водными р-рами  $NH_4F$ , с расплавл.  $NaHSO_4$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $Na_2O_2$ ,  $NH_4HF_2$ , но с расплавл. NaOH взаимодей. только с пов-сти, образуя черную пленку. Введение иона  $F^-$  в к-ты резко усиливает их коррозионное действие на Ц.

При нагр. выше 250 °С Ц. обратно поглощает  $H_2$ , образуя гидриды и твердые р-ры, состав к-рых зависит от т-ры, давления  $H_2$  и структуры исходного Ц. ( $\beta$ -фаза образует р-р, в пределе отвечающий составу  $ZrH_{0,25}$ ,  $\alpha$ -фаза - составу  $ZrH_{0,05}$ ). Известен кубич. гидрид состава  $ZrH_{1,44-1,56}$  ( $\sigma$ -фаза, плотн. 3,75 г/см<sup>3</sup>) и тетрагон. гидрид  $ZrH_{1,640-1,965}$  ( $\epsilon$ -фаза, плотн. 5,62 г/см<sup>3</sup>). Для кристаллич.  $ZrH_2$ :  $C_p^0$  31,0 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{обр}^0$  -169,2 кДж/моль;  $S_{298}^0$  35,0 Дж/(моль·К). Гидриды Ц. проявляют металлич. св-ва. Их применяют для получения высокодисперсного Ц., как компонент керметов и пиротехн. составов. С галогенами Ц. образует циркония галогениды.

При т-рах выше 400-500 °С компактный Ц. взаимодей. с  $O_2$  воздуха, образуя сначала тонкую пленку, затем твердые р-ры ( $\alpha$ -фаза насыщается до состава  $ZrO_{0,29}$ ) или оксиды ( $Zr_6O$ ,  $Zr_3O$ ,  $Zr_2O$ ). Порошкообразный Ц. пирофорен и может служить гетером. Гексагон.  $Zr_3O$  имеет т. пл. ок. 1975 °С. В газовой фазе существует  $ZrO$ . См. также Циркония диоксид. При действии щелочей на р-ры солей Zr(IV) образуется желатинообразный осадок  $ZrO_2 \cdot nH_2O$ .

Выше 400 °С Ц. взаимодей. с  $N_2$ , образуя твердые р-ры или нитриды. Золотисто-желтый  $ZrN$  имеет кубич. кристаллич. решетку [пространств. группа  $Fm3m$ , т. пл. и т. возг. ок. 2990 °С, плотн. 7,3 г/см<sup>3</sup>,  $C_p^0$  40,4 Дж/(моль·К),  $\Delta H_{обр}^0$  -371 кДж/моль,  $S_{298}^0$  38,9 Дж/(моль·К)]. Коричневый  $Zr_3N_4$  (плотн. 5,9 г/см<sup>3</sup>, твердость по Виккерсу 1300-1500 МПа), при 1000 °С разлагается до  $ZrN$ . Нитриды не раств. в воде, разлагаются царской водкой и горячими конц. к-тами (кроме  $H_2SO_4$ ). Их получают из простых в-в или взаимодей.  $ZrCl_4$  с  $NH_3$  при 700-900 °С; используют для получения керамики, композитов, антифрикционных, защитных и декоративных покрытий. Взаимод. простых в-в ок. 2000 °С получают циркония карбид.

При т-рах выше 1500 °С Ц. взаимодей. с B, образуя бориды:  $ZrB$  с кубич. кристаллич. решеткой ( $a = 0,465 \text{ нм}$ , пространств. группа  $Fm3m$ );  $ZrB_2$  с гексагон. решеткой [т. пл. ок. 3050 °С, плотн. 6,1 г/см<sup>3</sup>,  $C_p^0$  48,24 Дж/(моль·К),  $\Delta H_{обр}^0$  -328 кДж/моль,  $S_{298}^0$  35,9 Дж/(моль·К)];  $ZrB_{12}$  - кубич. кристаллы ( $a = 0,7408 \text{ нм}$ , пространств. группа  $Fm3m$ , т. пл. ок. 2140 °С, плотн. 3,7 г/см<sup>3</sup>). Бориды проявляют металлич. св-ва,  $ZrB_2$  при взаимодей. с к-тами выделяет небольшое кол-во  $H_2$ , а при взаимодей. с  $H_2SO_4$  -  $SO_2$ . Для получения  $ZrB_2$  используют р-ции:



Применяют  $ZrB_2$  как компонент инструментальных сплавов, керметов (в частности, для регулирующих стержней ядерных реакторов), огнеупоров, абразивов.

При нагр. Ц. с S образуются сульфиды:  $ZrS_3$  (оранжевые кристаллы моноклинной сингонии, плотн. 3,66 г/см<sup>3</sup>,  $\Delta H_{обр}^0$  -611 кДж/моль);  $ZrS_2$  (т. пл. 1550 °С,  $\Delta H_{обр}^0$  -567 кДж/моль);  $ZrS_{0,9-1,5}$  и  $ZrS_{0,7}$ . С Se и Te Ц. дает аналогичные селениды и теллуриды. Ц. образует фосфиды  $Zr_3P$ ,  $ZrP$  и  $ZrP_2$ , арсениды  $ZrAs$  и  $ZrAs_2$ , силициды  $Zr_4Si$ ,  $Zr_2Si$  (плотн. 5,99 г/см<sup>3</sup>, т. пл. 1630 °С),  $Zr_3Si_2$ ,  $Zr_3Si_4$  (плотн. 5,90 г/см<sup>3</sup>, т. пл. 2210 °С),  $Zr_4Si_3$  (т. пл. 2250 °С),  $ZrSi$  (плотн. 5,65 г/см<sup>3</sup>, т. пл. 2095 °С) и  $ZrSi_2$ , германиды  $Zr_3Ge$ ,  $Zr_3Ge_2$ ,  $ZrGe$  и  $ZrGe_2$ , станиды  $Zr_4Sn$ ,  $Zr_3Sn_3$ ,  $ZrSn_2$ .

Ц. дает сплавы со мн. металлами. Небольшие добавки Ц. к др. металлам улучшают их св-ва (увеличивают прочность и

760

коррозионную стойкость), в то время как добавки др. металлов к Ц., как правило, ухудшают св-ва Ц. и используются лишь для спец. сплавов (см. *Циркония сплавы*).

Ц. образует многочисленные соли и комплексные соед., в к-рых проявляет координац. числа 4–9, чаще 6–8. В водных р-рах соед. Ц. гидролизуются, хотя их склонность к гидролизу менее выражена, чем у соед. Тi. Даже в кислых р-рах многие соед. Ц. полимеризованы, с понижением кислотности степень полимеризации обычно возрастает, однако равновесия во мн. системах устанавливаются крайне медленно. Низшие степени окисления Ц. значительно менее устойчивы, чем у Тi.

Цирконаты – соли гипотетич. циркониевых к-т и металлов со степенью окисления от +1 до +4. Как правило, это тугоплавкие, нерастворимые в воде и щелочах в-ва. Наиб. значение имеют метацирконаты состава  $M_2ZrO_3$  или  $M^{IV}ZrO_3$ . Метацирконат натрия  $Na_2ZrO_3$  (т. разл. 1500 °С) и кальция  $CaZrO_3$  (структура перовскита, т. пл. 2550 °С, плотн. 4,95 г/см<sup>3</sup>) м. б. промезут. продуктами произ-ва Ц. Метацирконат бария  $BaZrO_3$  (кубич. кристаллич. решетка, т. пл. 2480 °С, плотн. 6,73 г/см<sup>3</sup>), стронция  $SrZrO_3$  (т. пл. выше 2700 °С, плотн. 5,00 г/см<sup>3</sup>) и свинца  $PbZrO_3$  (т. пл. 1570 °С) применяют для получения керамики и огнеупоров. Твердые р-ры  $PbZrO_3$  –  $PbTiO_3$  и  $BaZrO_3$  –  $BaTiO_3$  – диэлектрики и пьезоэлектрики. Выделены дицирконаты  $M_2^{III}Zr_2O_7$  ( $M^{III}$  – лантаноиды), трицирконаты  $M_4^{III}Zr_3O_{12}$  ( $M^{III}$  – Sc, Yb, Lu),  $TiZrO_4$  и др. Цирконаты получают сплавом  $ZrO_2$  или  $ZrSiO_4$  с карбонатами или оксидами соответствующих металлов, а также термич. разложением смесей нитратов или гидроксидов.

Тетрагидрат сульфата Ц.  $Zr(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$  имеет ромбич. кристаллич. решетку;  $\Delta H_{обр}^0$  –3647 кДж/моль; раств. в воде (146 г в 100 г воды), хуже – в  $H_2SO_4$ . При нагр. до 100 °С переходит в моногидрат  $Zr(SO_4)_2 \cdot H_2O$  ( $\alpha$ -модификация моноклинной сингонии,  $\Delta H_{обр}^0$  –2746 кДж/моль;  $\beta$  и  $\gamma$  – триклинной), до 380 °С – в  $Zr_2(SO_4)_2$  ( $\gamma$ -модификация ромбич. сингонии,  $\Delta H_{обр}^0$  –2425 кДж/моль). Известны гидроксисульфаты  $Zr_2(OH)_2(SO_4)_3 \cdot 4H_2O$ ,  $Zr(OH)_2SO_4$  и др., сульфатоцирконаты щелочных металлов и аммония  $M_4Zr(SO_4)_4 \cdot nH_2O$ . Сульфаты Ц. применяют как дубители кож.

Из конц. р-ров  $HNO_3$  при т-рах ниже 15 °С выделяют нитрат Ц. состава  $Zr(NO_3)_4 \cdot 5H_2O$ , а при невысоких концентрациях  $HNO_3$  – состава  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 2H_2O$  ( $\Delta H_{обр}^0$  –1812 кДж/моль). Из р-ров выделены также  $ZrO(NO_3)_2 \cdot nH_2O$ , где  $n = 3, 3,5$  и  $6$ ,  $Zr_2O_3(NO_3)_2$ ,  $Zr_4O_7(NO_3)_2$  и гидроксоцитраты, напр.  $Zr(OH)_2(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ . Все они при нагр. разлагаются, хорошо раств. в воде, метаноле и этаноле. Безводный нитрат получают по р-ции  $ZrCl_4 + 4N_2O_5 \rightarrow Zr(NO_3)_4 + 4NO_2Cl$ , он разлагается при нагр. до 140 °С, но в виде аддукта с  $N_2O_5$  перегоняется в вакууме.

Из р-ров солей  $Zr(IV)$  осаждаются фосфаты, очень плохо р-римые в воде, но р-римые в конц.  $H_2SO_4$  и  $H_2C_2O_4$ . Пирофосфат Ц. выделяется в виде гидрата  $ZrP_2O_7 \cdot 5H_2O$ , к-рый обезвоживается при 700–1000 °С и превращается в  $Zr_2P_2O_9$  при 1500–1600 °С. При разл. значениях рН осаждаются также гидратированные  $Zr(HPO_4)_2$ ,  $Zr_3P_4O_{16}$ ,  $Zr_5P_6O_{25}$ ,  $Zr_5P_8O_{30}$ , к-рые при 1000–1400 °С также переходят в  $ZrP_2O_7$  или его смеси с  $ZrO_2$ . Фосфаты Ц. применяют как коагулянты, носители радиоактивного Р. Существуют фосфатоцирконаты щелочных металлов, образующиеся в водной среде или в расплавах.

С и л и к а т Ц.  $ZrSiO_4$  (прир. минерал циркон) кристаллизуется в тетрагон. решетке (пространств. группа  $I4/amd$ ); плотн. 4,7 г/см<sup>3</sup>; разлагается при 1680 °С;  $C_p^0$  98,3 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{обр}^0$  –2033 кДж/моль;  $S_{298}^0$  841 Дж/(моль·К); не раств. в воде. Прир. циркон м. б. бесцветным, янтарным (гиацинт), голубым, зеленым и черным. Отдельные разновидности применяют как драгоценные камни, однако большую часть добываемого циркона используют как огнеупорный материал, компонент керамики, стекла, глазурей, эмалей, а также как сырье для произ-ва металлич. Ц. и его соединений.

Ц. не образует карбонатов, выделены только оксо- и гидрожсокарбонаты. Известны также *цирконийорганические соединения*.

**Получение.** Цирконовые руды обогащают гравитационными методами, магн. и электр. сепарацией до содержания  $ZrO_2$  не менее 60 или 65% по массе; концентраты часто подвергают предварит. хим. обогащению для удаления Fe. Осн. способы получения Ц. из концентратов – фторидный, хлоридный и щелочной (известковый, содовый). Фторидный способ включает спекание цирконовых концентратов с  $K_2SiF_6$  при 600–700 °С ( $ZrSiO_4 + K_2SiF_6 \rightarrow K_2ZrF_6 + 2SiO_2$ ), выщелачивание  $K_2ZrF_6$  вместе с  $K_2HfF_6$  горячей подкисленной водой, разделение  $K_2ZrF_6$  и  $K_2HfF_6$  на неск. стадиях перекристаллизации и послед. электролитич. восстановления в расплаве  $K_2ZrF_6$  – NaCl – KCl.

При хлоридном методе хлорируют либо концентраты в присут. кокса при 900–1000 °С, либо карбиды (карбонитриды), полученные из концентратов, при 400–900 °С, затем проводят десублимацию  $ZrCl_4$  и его восстановление Mg с получением губчатого Ц. При необходимости произ-ва чистого (без Hf) Ц. первичный  $ZrCl_4$  гидролизуют водой, очищают в р-рах методом щелочной экстракции, полученный  $ZrO_2$  вновь хлорируют и затем получают губку.

Щелочной метод включает спекание с NaOH (600–650 °С),  $Na_2CO_3$  (900–1100 °С) или со смесью  $CaCO_3$  и  $CaCl_2$  (1000–1300 °С), послед. кислотное выщелачивание  $Na_2ZrO_3$  или  $CaZrO_3$ , гидролиз очищенных р-ров  $ZrOCl_2$  или  $H_2ZrO(SO_4)_2$  и прокаливание осадков до  $ZrO_2$ , к-рый затем превращают в хлорид или  $K_2ZrF_6$ .

Описанные способы имеют много разновидностей. Так, для произ-ва чистого (без Hf) Ц. выщелачивание известкового спека ведут  $HNO_3$ , после чего проводят экстракционную очистку с помощью трибутилфосфата. В нек-рых произ-вах используют экстракцию метилдиэтилкетонем из органических р-ров или аминами из сульфатных р-ров. Из очищенных нитратных р-ров Ц. осаждают в виде  $ZrF_4 \cdot H_2O$ , к-рый прокаливают в токе HF и подвергают кальциетермич. восстановлению с получением слитков пластичного Ц.

Экономичный способ произ-ва  $ZrO_2$  – термич. разложение  $ZrSiO_4$  в плазме с послед. выщелачиванием  $SiO_2$  р-рами NaOH.

Наиб. чистый Zr (т. наз. иодидный Ц.) получают термич. разложением  $ZrI_4$  (см. *Химическое осаждение из газовой фазы*).

Компактный Ц. получают прессованием и послед. переплавлением губки, катодной группы или прутка иодидного Ц. в вакуумных электродуговых или электроннолучевых печах. Рафинирование Ц. ведут иодидным методом (см. *Химические транспортные реакции*), реже – электролитически.

**Определение.** Аналит. химия Ц. ограничена соед.  $Zr(IV)$ . Качественно Ц. обнаруживают по красно-коричневому осадку при добавлении р-ра *n*-диметиламиноазофениларсоновой к-ты в 1–2 н. HCl в присут.  $H_2O_2$ . Руфигаллол (гексагидроксиантрахинон) в р-ре HCl дает в присут. Ц. пурпурно-фиолетовую окраску (в присут. Hf – слабо-розовую). Количеств. методы: гравиметрический (прокаливание до  $ZrO_2$  после осаждения миндальной к-той или до  $ZrP_2O_7$  после осаждения ионами  $PO_4^{3-}$ ); волюмометрический (комплекснометрич. титрование трилоном Б в соляной к-те, определяются 50–90%-ные концентрации Ц. в пробе); спектрофотометрический (с добавками ализарина красного S при длине волны 550 мкм, пирокатехинового фиолетового при 650 мкм или др.); рентгенофлюоресцентный (0,1–50% Ц.), спектральный (0,3–2,5% Ц.); атомно-абсорбционный (0,1–3% Ц.); по эмиссионным спектрам (следовые кол-ва); радиометрический и др.

**Применение.** Металлич. Ц. и его сплавы – конструкционные материалы ядерных реакторов (оболочки твэлов, сборки, трубки, трубные решетки и т.п.), хим. аппаратов. Высокая коррозионная стойкость и совместимость с биол. тканями позволяют использовать Ц. для изготовления искусств. суставов и протезов. Сплав Ц. с Nb применяют для изготовления колпачков натриевых ламп высокого давления, обмоток сверхпроводниковых магнитов.

Мировое произ-во Ц. составляет 800–900 тыс. т в год (1988), большая часть приходится на  $ZrO_2$ ,  $ZrSiO_4$  и др. соед. и лишь неск. процентов – на металл и сплавы. Осн. производители концентратов Ц. – Австралия, ЮАР, Россия, Украина, США.

ПДК в воздухе рабочей зоны для  $Zr$ ,  $ZrO_2$ ,  $ZrSiO_4$ ,  $ZrC$  6 мг/м<sup>3</sup>, для  $ZrN$  4 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 3), для фтороцирконатов(IV) 1 мг/м<sup>3</sup> (класс опасности 2). ЛД<sub>50</sub> (мг/кг, перорально) для  $K_2ZrF_6$  2500 (крысы), 97,5 (мыши);  $ZrOCl_2$  990 (крысы);  $Na_2ZrO_3$  2290 (крысы);  $ZrCl_4$  1688 (крысы), 400 (мыши). Осн. источники поступления Ц. в окружающую среду – пылевые и дымовые выбросы топливно-энергетич. предприятий, работающих на угле и нефти, угольная пыль.

В 1789 М. Клапрот выделил  $ZrO_2$ , в 1824 Й. Берцелиус получил загрязненный порошкообразный металл, в 1925 А. ван Аркель – чистый компактный металл.

Лит.: Зотова З.А., Современное состояние технологии переработки циркониевых концентратов за рубежом, М., 1976; Займовский А.С., Някулина А.В., Решетников Н.Г., Циркониевые сплавы в атомной энергетике, М., 1981; Колодыркин Я.М. [и др.], «Хим. пром-сть», 1986, № 3, с. 161–63; Вятязь П.А. [и др.], «Порошковая металлургия», 1989, № 12, с. 45–50; Clark R.J.H., Bradley D.C., Thornton P., The chemistry of titanium, zirconium and hafnium, Oxf.– [a. o.], 1975; Ferrando W.A., «Adv. materials and manufacturing processes», 1988, v. 3, № 2, p. 195–231.

Э. Г. Раков.

**ЦИРКОНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**, содержат связь  $Zr-C$ . Цирконий в Ц. с. может находиться в степенях окисления 0, +2, +3, +4. Большинство комплексов относится к гетеропентадентному типу. Наиб. изучены комплексы с 1–3 циклопентадиенильными лигандами. Известны немногочисленные Ц. с. с  $\eta^3$ -аллильными,  $\eta^4$ -бутадиеновыми,  $\eta^6$ -ареновыми и  $\eta^8$ -циклооктатетраеновыми лигандами, кластерные соед. типа  $[Zr_3(\eta^6-C_6(CH_3)_6)_3Cl]^{n+}$  ( $n=0-3$ ), а также комплексы типа  $ZrR_4$ , где  $R=CH_3$ ,  $CH_2Ph$ ,  $CH_2C(CH_3)_3$  и  $CH_2Si(CH_3)_3$ .

Получены многочисленные циркониевые комплексы с заместителями в  $\eta^5-C_5H_5$ -лигандах, а также Ц. с. с  $\eta^5$ -инденильными и  $\eta^5$ -флуоренильными лигандами.

Во всех Ц. с. связи  $Zr-C$  поляризованы, вследствие чего соед. легко разрушаются под действием к-т и др. соед. с подвижным атомом Н. Большинство Ц. с. на воздухе неустойчиво и превращается в окисидные производные  $Zr$ .

Из Ц. с. наиб. многочисленны соед. типа  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2X_n]$  ( $X=Na$ , чаще всего  $Cl$ ;  $n=1$  или 2). В  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2Cl_2]$  атомы  $Cl$  легко замещаются под действием нуклеоф. реагентов. Это – осн. метод получения Ц. с. с  $\sigma$ -связанными лигандами типа  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2R_2]$ ,  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2(R)X]$  и гидридов цирконона  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2H_2]$ ,  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2(H)X]$ . Последние легко реагируют с орг. соед., содержащими кратные связи

углерод–углерод и углерод–элемент (р-ции гидроцирконирования).

При действии доноров электронов  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2X_2]$  превращаются в  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2X]$ , к-рые легко образуют аддукты с нейтральными молекулами, в частности с  $N_2$ .

Синтезируют цирконийдигалогениды  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2X_2]$  взаимодей. циклопентадиенида  $Na$  и  $ZrCl_4$ ; моно- и трисциклопентадиенильные Ц. с. получают таким же способом или из цирконоцидигалогенида.

Попытки получить собственно цирконоцен  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2]$  в зависимости от условий приводят либо к образованию аддуктов  $[Zr(\eta^5-C_5H_5)_2L_n]$ , где  $L=CO$ ,  $PR_3$ ,  $\eta^4$ -диен, либо к образованию сложно построенных олигомеров с мостиковыми  $C_5H_5$ - и  $H$ -лигандами.

Лит.: Comprehensive organometallic chemistry, v. 3, Oxf.– [a. o.], 1982.

Д. А. Леменицкий.

**ЦИРКОНИЯ ГАЛОГЕНИДЫ**. Дигалогениды  $ZrX_2$  – черные кристаллы (табл.). Тригалогениды  $ZrX_3$  – голубовато-серые, темно-синие или черные кристаллы, к-рые могут существовать в сравнительно широких областях гомогенности, диспропорционируют или разлагаются при нагрев., легко окисляются на воздухе, не раств. в воде; получают их восстановлением соответствующих тетрагалогенидов. Тетрагалогениды  $ZrX_4$  – бесцв. кристаллы, гидролизуются водой ( $ZrF_4$  – медленно). Галогеноцирконаты(IV) – бесцв. кристаллы.

Тетрафторид  $ZrF_4$ :  $\Delta H_{пл}$  64,4 кДж/моль,  $\Delta H_{гор}$  215,9 кДж/моль (1179 К); ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (Па) = 15,6818 – 12430/T (681–913 К); умеренно раств. в воде (15 г/л), лучше – в разб. к-тах; образует моно- и тригидрат, фтороциркониевые к-ты (фтороцирконаты гидроксония), напр.  $HZrF_5 \cdot nH_2O$ ,  $H_2ZrF_6 \cdot nH_2O$ ,  $(H_3O)_2ZrF_6$ , многочисленные фтороцирконаты, напр.  $NH_4ZrF_5$ ,  $K_2ZrF_6$ ,  $(NH_4)_3ZrF_7$ ,  $Ba_2ZrF_8$ ,  $K_2NiZr_2F_{12}$ ,  $Na_5ZrF_{17}$ . Получают из водных р-ров солей  $Zr(IV)$  действием фтористоводородной к-ты с послед. сушкой осадка в атмосфере HF, взаимодей.  $ZrO_2$  с  $F_2$  или HF при 400–500 °С, термич. разложением  $(NH_4)_2ZrF_6$  или  $(NH_4)_3ZrF_7$  при 350–450 °С. Применяют  $ZrF_4$  как промезут. в-во при металлотермич. произ-ве  $Zr$ , компонент фтороцирконатных стекол для волоконных световодов ИК диапазона, лазеров и хим. сенсоров.

Гексафтороцирконат(IV) калия  $K_2ZrF_6$  умеренно раств. в воде; получают осаждением из р-ров  $ZrF_4$  или  $(NH_4)_2ZrF_6$  действием солей  $K$ , в пром-сти – взаимодей. рудных циркониевых концентратов с  $K_2SiF_6$  при 600–700 °С; промезут. в-во для электролитич. произ-ва  $Zr$ . Гептафтороцирконат(IV) аммония  $(NH_4)_3ZrF_7$  разлагается при 300–400 °С с последоват. образованием  $(NH_4)_2ZrF_6$ ,  $NH_4ZrF_5$

#### ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЛОГЕНИДОВ ЦИРКОНИЯ

В-во	Сингония	Параметры кристаллической решетки				Т. пл., °С	Т. кип., °С	Плотн., г/см <sup>3</sup>	$S_p^0$ , Дж/(моль·К)	$\Delta H_{обр}^0$ , кДж/моль	$S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)
		a, нм	b, нм	c, нм	угол, град						
$ZrF_2$	Ромбич.	0,409	0,491	0,656	—	902	Разл.	—	65,9	—	84
$ZrF_3$	Кубич.	—	—	—	—	Разл.	—	4,26	83,7	—	105
$ZrF_4$	Моноклинная	0,957	0,993	0,773	94,47	690*	—	4,55	103,6	-1911	104
	Тетрагон.	0,7896	—	0,7724	—	910	906**	4,61	—	—	—
$ZrF_4 \cdot H_2O$	Тетрагон.	0,7724	—	1,1678	—	Разл.	—	3,53	—	-2207	—
$(H_3O)_2ZrF_6$	Моноклинная	0,6715	0,7187	1,2626	11,83	Разл.	—	—	—	—	—
$K_2ZrF_6$	Ромбич.	0,661	0,141	0,697	—	240*	—	3,58	—	—	—
$K_3ZrF_7$	Кубич.	0,899	—	—	—	920	—	3,12	—	—	—
$(NH_4)_2ZrF_6$	Ромбич.	—	—	—	—	138*	Разл.	—	234	-2897	260
$(NH_4)_3ZrF_7$	Кубич.	0,942	—	—	—	Разл.	—	2,21	300	-3365	337
$ZrCl_2$	—	—	—	—	—	722	Разл.	—	74	-404	110
$ZrCl_3$	Гексагон.	—	—	—	—	—	770**	—	98	-701	138
$ZrCl_4$	Моноклинная	0,6361	0,7407	0,6256	109,3	437	333,6**	2,80	120	-979,8	—
$ZrOCl_2$	Ромбич.	0,9687	1,0589	0,9143	—	—	—	—	—	-1083	—
$ZrBr_3$	Гексагон.	—	—	—	—	Разл.	—	—	99,6	-636	184
$ZrBr_4$	Кубич.	1,095	—	—	—	450	355**	3,98	125	-760,6	225
$ZrI_3$	Гексагон.	—	—	—	—	Разл.	—	—	104	-395	209
$ZrI_4$	Кубич.	1,179	—	—	—	500	418**	4,85	123	-482	257

\*Т-ра полиморфного перехода. \*\*Т-ра возгонки.

$ZrF_4$ ; хорошо раств. в воде; получают взаимод.  $ZrO_2$  с  $NH_4HF_2$  при 150–200 °С; применяют для произ-ва особо чистого  $ZrF_4$  и получения др. фтороцирконатов. Оксифториды  $ZrOF_2$ ,  $Zr_3OF_{10}$ ,  $Zr_3O_2F_8$ ,  $Zr_4OF_{14}$ ,  $Zr_2OF_6$ ,  $Zr_7O_9F_{10}$  и др. — бесцв. кристаллы; получают взаимод.  $ZrF_4$  с  $ZrO_2$ , как промежут. продукты пиролизирования  $ZrF_4$  или фторирования  $ZrO_2$ .

Трихлорид  $ZrCl_3$  при нагр. диспропорционирует с выделением  $ZrCl_2$  и последоват. образованием  $ZrCl_{2,8}$  (200 °С),  $ZrCl_{1,6}$  (300 °С),  $ZrCl$  (450 °С) и  $Zr$  (600 °С, вакуум). Тетрахлорид  $ZrCl_4$ ;  $\Delta H_{пл}$  49 кДж/моль,  $\Delta H_{возг}$  103 кДж/моль;  $t_{пл}$  503,5 °С,  $p_{крит}$  5,7 МПа; ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (Па) = 13,8 – 5700/T для твердого и  $\lg p$  (Па) = 11,4 – 3500/T для жидкого  $ZrCl_4$ ; раств. в этаноле, этиловом эфире, образует аддукты с к-тами Льюиса (напр.,  $ZrCl_4 \cdot PCl_5$ ,  $ZrCl_4 \cdot 2CH_3CN$  и др.), хлороцирконаты с хлоридными металлами ( $K_2ZrCl_6$ ,  $BaZrCl_6$  и др.). Получают  $ZrCl_4$  взаимод.  $Zr$  с  $Cl_2$  или  $HCl$  выше 300 °С,  $ZrO_2$  с  $CCl_4$  или  $COCl_2$  выше 300 °С, смеси  $ZrO_2$  и  $C$  с  $Cl_2$  выше 600 °С, карбида  $Zr$  с  $Cl_2$  выше 400 °С; используют как промежут. продукт в произ-ве  $Zr$ , исходное в-во для магнетермич. восстановления. катализатор орг. р-ций (напр., Фриделя–Крафтса). Гексахлороцирконат калия  $K_2ZrCl_6$ , т. пл. 799 °С, т-ра оксиморфного перехода 622 °С,  $\Delta H_{обр}^0$  –1932 кДж/моль. Оксиды, напр.  $ZrOCl_2$ ,  $Zr_2O_3Cl_2$ , — бесцв. кристаллы при нагр. выше 70 °С в водном р-ре гидролизуются; промежут. продукты хлорирования  $ZrO_2$  или гидролиза  $ZrCl_4$ , образуются также при растворении соед.  $Zr$  в соляной к-те. Октагидрат  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$  хорошо раств. в воде (67% при 25 °С) и гораздо хуже в соляной к-те, его применяют для получения небольших партий особо чистых соед.  $Zr$  перекристаллизацией.

Тетраиодид  $ZrI_4$ ;  $\Delta H_{возг}^0$  119 кДж/моль; ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (Па) = 22,99 – 7,680/T – 2,164  $\lg T$  – 1,344 · 10<sup>3</sup>/T (298–704 К), в парах выше 1200 °С разлагается до  $Zr$ ; раств. в этаноле, бензоле; получают взаимод.  $Zr$  (реже  $ZrO_2$ ) с  $I_2$  при 300–500 °С; промежут. продукт при иодидном рафинировании  $Zr$ .

Э. Г. Раков.

**ЦИРКОНИЯ ДИОКСИД**  $ZrO_2$ , бесцв. кристаллы; до 1172 °С существует моноклинная модификация ( $a = 0,5169$  нм,  $b = 0,5232$  нм,  $c = 0,5341$  нм,  $\beta = 80,75^\circ$ , пространств. группа  $P2_1$ , плотн. 5,85 г/см<sup>3</sup>), в интервале 1172–2347 °С – тетрагон. ( $a = 0,5085$  нм,  $c = 0,5166$  нм, плотн. 6,16 г/см<sup>3</sup>), выше 2347 °С – кубич. ( $a = 0,51$  нм, пространств. группа  $Fm\bar{3}m$ ),  $\Delta H_{возг}$  оксиморфных переходов соотв. 8,4 и 13 кДж/моль; кубич. фаза м.б. стабилизирована при низких т-рах созданием вакансий в анионной под решетке путем растворения  $ZrN$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Y_2O_3$  и др.; т. пл. 2710 °С, т. кип. ок. 4500 °С;  $C_p^0$  55,92 Дж/(моль · К);  $\Delta H_{пл}^0$  90 кДж/моль,  $\Delta H_{возг}^0$  780 кДж/моль (0 К),  $\Delta H_{обр}^0$  –1100,3 кДж/моль;  $S_{298}^0$  50,39 Дж/(моль · К); температурный коэф. линейного расширения моноклинной фазы  $7 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ , тетрагон. фазы  $1,28 \cdot 10^{-5} K^{-1}$ ; кубич. фаза имеет высокую электрич. проводимость (по ионам  $O^{2-}$ ).

Ц. д. не раств. в воде, раств. в горячих конц. р-рах  $H_2SO_4$ ,  $HF$ . Выше 300 °С взаимод. с  $CCl_4$ ,  $COCl_2$ , выше 400 °С – с  $NF_3$  и  $F_2$ , выше 600 °С в присут.  $C$  – с  $Cl_2$ , выше 1400 °С – с  $C$ . При нагр. реагирует с оксидами, гидроксидами и карбонатами одно- и двухвалентных металлов, образуя тв. р-ры или цирконаты (см. Цирконий). С  $ZrF_4$  дает многочисленные оксифториды.

Получают Ц. д. гидролизом  $ZrCl_4$ , взаимод.  $ZrSiO_4$  или продуктов его термич. разложения в плазме с р-ром  $NaOH$ .

Ц. д. (моноклинный) встречается в природе в виде минерала бадделеита. Ок. 10 тыс. т прир. Ц. д. в год добывается в ЮАР.

Ц. д. — компонент керамики (кубич. фаза, стабилизированная добавками  $Y_2O_3$  или др. оксидов), композитов, стекол, эмалей, абразивных порошков, высокотемпературных электродов (энергетич. установки, датчики концентраций  $O_2$  в жидких металлах). Его используют как подложки и диэлектрич. слои в электронных приборах, как противоотражат. покрытия оптич. приборов, защитные покрытия, износостой-

кие покрытия деталей приборов, огнеупорный материал для авиац. и ракетных двигателей, компонент многослойных покрытий лазерных зеркал и разделителей лучей, исходное сырье и промежут. продукт при получении  $Zr$  или его соединений. В виде монокристаллов – лазерный материал, имитатор бриллиантов (фианит).

Э. Г. Раков.

**ЦИРКОНИЯ КАРБИД**  $ZrC$ , серые кристаллы с кубич. кристаллич. решеткой типа  $NaCl$  ( $a = 0,468$ – $0,470$  нм, пространств. группа  $Fm\bar{3}m$ ); обладает широкой областью гомогенности ( $ZrC_{0,56}$ – $ZrC_{1,00}$ ); т. пл. ~ 3530 °С; плотн. 6,59 г/см<sup>3</sup>;  $\Delta H_{обр}^0$  –196,86 кДж/моль; температурный коэф. линейного расширения  $7 \cdot 10^{-6} K^{-1}$ ;  $\rho$   $5 \cdot 10^{-5}$  Ом · м; теплопроводность 0,116 Вт/(см · К); модуль упругости 475 ГПа, микротвердость ~ 24 ГПа,  $\sigma_{возг}$  ~ 540 МПа. Устойчив к действию соляной, серной, фосфорной к-т и щелочей, раств. в царской водке и смеси  $HNO_3$  и  $HF$ . Интенсивно окисляется на воздухе выше 930 °С. С  $N_2$  при высоких т-рах образует твердые р-ры – карбонитриды  $Zr$ .

Получают Ц. к. взаимод.  $Zr$  или его оксидов с углеродом, покрытия – хим. осаждением из газовой фазы (восстановление галогенидов  $Zr$  смесью  $H_2$  и углеводородов). Компактные изделия из  $ZrC$  м.б. получены методами порошковой металлургии. Ц. к. — компонент эвтектич., жаропрочных сплавов, керамики, покрытий на металлах.

Ю. В. Левинский.

**ЦИРКОНИЯ СПЛАВЫ**. Осн. легирующие элементы –  $Sn$ ,  $Cr$ ,  $Nb$ ,  $Cu$  и  $Mo$ , содержание к-рых не более 1,5–2,5%; в отдельных Ц. с. в небольших кол-вах присутствуют  $Fe$  и  $Ni$ , к-рые как примеси при выплавке циркония попадают из цирконовой губки. Ц. с. характеризуются высокой кратковременной прочностью (300–450 МПа, 300 °С), высоким сопротивлением ползучести (при 350 °С и  $\sigma_{раст}$  200 МПа скорость ползучести  $\leq 0,4 \cdot 10^{-4}$  %/ч), коррозионной стойкостью при 300–350 °С на воздухе, в  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  и водяном паре, орг. и жидкометаллич. ( $Na$ ,  $K$ ,  $Pb$  и др.) теплоносителях; по нек-рым теплофиз. св-вам (тепло- и теплопроводность, термич. коэф. линейного расширения и др.) превосходят аустенитные нержавеющие стали. Обладают высокой радиацион. стойкостью, низким поперечным сечением захвата тепловых нейтронов ( $\sim 0,18 \cdot 10^{-28} m^2$ ); совместимы (не взаимодействуют) с ядерным горючим ( $U$ , его сплавы с  $Mo$ ,  $Nb$  и  $Zr$ , а также  $UO_2$ ,  $UC$ ,  $U_3Si$  и др.).

Основа Ц. с. — твердый р-р легирующих элементов в  $\alpha$ -модификации  $Zr$  с гексагон. кристаллич. решеткой, устойчивой до 863 °С. Примеси, образующие твердые р-ры внедрения ( $N$ ,  $O$ ,  $C$  и  $H$ ), отрицательно влияют на технол. св-ва (обрабатываемость давлением), коррозионную стойкость и эксплуатац. св-ва Ц. с.; содержание их ограничивают жесткими пределами (напр., содержание  $N \leq 0,006$ – $0,008$  %). В отдельных Ц. с. допускают присутствие 0,1–0,15%  $O$ , к-рый можно считать легирующим элементом, упрочняющим  $\alpha$ - $Zr$ .

Среди Ц. с. наиб. известны циркалои (1,2–1,7%  $Sn$ , 0,05–0,15%  $Cr$ , 0,07–0,24%  $Fe$ , 0,007–0,08%  $Ni$ ), ожигит (0,25%  $Sn$ , по 0,1%  $Cr$ ,  $Fe$  и  $Ni$ ), а также сплавы  $Zr$  – 1%  $Nb$  и  $Zr$  – 2,5%  $Nb$ . Слитки Ц. с. выплавляют в вакуумных электродуговых и электроннолучевых печах; полуфабрикаты и изделия (трубы, прутки, листы, проволока) получают из слитков методами горячей и холодной деформации с промежут. отжигами.

Ц. с. типа циркалои используют в холоднодеформированном, частично или полностью рекристаллизованном состоянии. Отдельные Ц. с. [ $Zr$ – $Nb$  (2,5%),  $Zr$ – $Cr$  (1,2%) –  $Fe$  (0,1%) и др.] для повышения прочности и сопротивления ползучести подвергают закалке и отпуску.

В процессе работы Ц. с. взаимод. с  $H_2O$  и водяным паром, что приводит к их наводороживанию с образованием  $ZrH_2$ ; при этом повышается прочность сплавов и снижается пластичность (на 70–80%). Наиб. изменение мех. св-в наблюдается при увеличении концентрации  $H_2$  до ~ 0,08%.

Мех. св-ва Ц. с. изменяются также под действием нейтронного облучения; при этом происходит снижение пластичности на 35–40% и рост предела текучести при растяжении (остаточная деформация 0,2%) на 50–100%. Макс. значение пре-

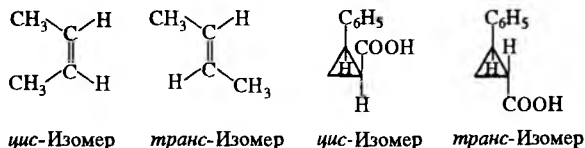


дела текучести, близкое к значениям кратковременной прочности, наблюдается при облучении потоком нейтронов плотностью  $10^{21}$  см<sup>-2</sup>. Нейтронное облучение увеличивает скорость ползучести и резко снижает ударную вязкость Ц. с., повышая их т-ру перехода из пластичного в хрупкое состояние, особенно при небольших концентрациях Н<sub>2</sub>. Так, при содержании в сплаве 0,002% Н облучение повышает т-ру перехода на 100–200 °С, а при 0,02% Н – на 50–200 °С; при этом критич. т-ра хрупкости может оказаться на уровне рабочих т-р Ц. с. в ядерных реакторах (300–350 °С).

Ц. с. – конструкц. материалы активной зоны ядерных реакторов; из них изготавливают оболочки твэлов (срок службы от 1,5 до 6 лет), детали тепловыделяющих сборок и технол. каналы (срок службы до ~30 лет) энергетич. ядерных реакторов на тепловых нейтронах с пароводяным теплоносителем. Ц. с. можно использовать в активной зоне ядерных реакторов на тепловых и быстрых нейтронах с жидкометаллич. или углекислотным теплоносителем, работающих при т-рах 500–550 °С, а также как матрицу для диспергирования соед. U в сердечниках дисперсионных твэлов.

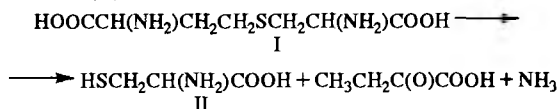
Лит.: Займовский А. С., Калашников В. В., Головин И. С., Тепловыделяющие элементы атомных реакторов, М., 1966; Ривкин Е. Ю., Родченков Б. С., Филатов В. М., Прочность сплавов циркония, М., 1974; Займовский А. С., Никулина А. В., Решетников Н. Г., Циркониевые сплавы в атомной энергетике, М., 1981. А. М. Захаров.

**ЦИС...**, **ТРАНС...** (лат. cis – по эту сторону; лат. trans – сквозь, через, за), приставки для обозначения расположения заместителей по одну сторону (*цис*) или разные стороны (*транс*) относительно линии, проходящей через два атома, связанных двойной связью, или плоскости, проходящей через атомы цикла.



См. также *Номенклатура стереохимическая*.

**ЦИСТАТИОНИН-γ-ЛИАЗА** (γ-цистатионаза), фермент класса лиаз, катализирующий у млекопитающих расщепление цистатионина (ф-ла I; образуется в организме из гомоцистеина и серина; см. также *S-Аденозилметионин*) с образованием L-цистеина (II) и 2-оксоасляной к-ты:



Ц. катализирует конечную стадию синтеза L-цистеина из L-метионина (кофактор фермента – пиридоксаль-5'-фосфат; см. *Витамин В6*), обладает широкой субстратной специфичностью (катализирует нек-рые др. р-ции γ-элиминирования и замещения).

Наиб. изучена Ц. из печени крысы. Этот фермент представляет собой тетрамер, состоящий из идентичных субъединиц с мол. м. 43 тыс. Ц. выделена в гомогенном состоянии, определена аминокислотная последовательность ее субъединиц. Реакционная способность субъединиц в молекуле Ц. по отношению к субстрату и ингибиторам (O-замещенные гидросиламины) различна.

Цистатион-γ-лиазная активность не проявляется у новорожденных. Макс. активность в печени наблюдается лишь по прошествии неск. недель после рождения. Отсутствие фермента в организме приводит к тяжелому заболеванию – цистатионинурии (заболевание, видимо, связано с возникновением точечных мутаций в молекуле ДНК, кодирующей Ц., что вызывает ухудшение сродства кофактора и апофермента).

Лит.: Габиров А. Г. [и др.], «Биохимия», 1989, т. 54, в. 5, с. 726–29; Braunstein A. E., Goryachenkova E. V., «Advanc. Enzymol.», 1984, v. 56, p. 1–89; Erickson P. [a. o.], «Biochem. J.», 1990, v. 269, p. 335–40.

А. Г. Габиров.

**ЦИСТЕИН** (2-амино-3-меркаптопропионовая к-та, β-меркаптоаланин, Cys, C) HSCH<sub>2</sub>CH(NH<sub>2</sub>)COOH, мол. м. 121,16. L-Ц.– бесцв. кристаллы, т. пл. гидрохлорида 178 °С (с разл.); [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> –16,5° (концентрация 1 г в 100 мл воды); легко раств. в воде; при 25 °С рK<sub>a</sub> 1,71 (COOH), 8,33 (NH<sub>2</sub>), 10,78 (SH); рI 5,07.

В щелочной среде Ц. неустойчив и разлагается на H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub> и пировиноградную к-ту. Ц. легко окисляется на воздухе, образуя *цистин*, дает комплексы с ионами металлов. При окислении Ц. может также образовываться цистеиновая к-та HO<sub>2</sub>SCH<sub>2</sub>CH(NH<sub>2</sub>)COOH, декарбоксилирование Ц. приводит к цистамину HSCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>. Ц. легко ацилируется и алкилируется по группе SH, но S-ацильные производные неустойчивы, особенно в щелочной среде, и претерпевают S,N-ацильную перегруппировку. В синтезе пептидов, содержащих Ц., для защиты его меркаптогруппы применяют ацетамидометильную, *трет*-бутильную, *трет*-бутилтионильную группы, а также разл. замещенные бензильной группы.

Ц. дает характерные р-ции на меркаптогруппу (с нитропруссидом Na и др.), с водным FeCl<sub>3</sub> образует соед., окрашивающие р-р в голубой цвет; с *Эллмана реактивом* образует соед., обладающее при pH 8 сильным УФ поглощением (λ 412 нм). Количественно Ц. определяют колориметрич. методом или потенциометрич. титрованием с помощью AgNO<sub>3</sub> или HgCl<sub>2</sub>.

Ц.– кодируемая заменимая α-аминокислота. Ц. входит в состав белков и нек-рых пептидов (напр., *глутатиона*). Особенно много Ц. в *кератинах*. Биосинтез Ц. в растениях и микроорганизмах осуществляется путем замены OH на SH в серине. В организме животных образуется из *метионина*, распадающегося до цистаминина. Характерная особенность Ц.– его способность подвергаться в составе молекулы белка самопроизвольному окислению с образованием остатков цистина. Ц. участвует в биосинтезе цистина, глутатиона, таурина и кофермента А.

Ц. может быть получен восстановлением цистина, взаимодей. фталимидомалонового эфира с хлорметил(бензил)сульфидом (с послед. гидролизом и восстановлением) и др.

В спектре ПМР в D<sub>2</sub>O хим. сдвиги (в м. д.) 4,344 (α-Н), 3,18 и 3,125 (β-Н).

Ц. впервые выделен в виде цистина К. Мёрнером в 1899 из рога. Мировое произ-во L-Ц. ок. 350 т в год (1989).

В. В. Баев.

**ЦИСТИН** (3,3'-дитио-бис-2-аминопропионовая к-та, диглутамин, Cys<sub>2</sub>) HOOCCH(NH<sub>2</sub>)CH<sub>2</sub>SSCH<sub>2</sub>CH(NH<sub>2</sub>)COOH, мол. м. 240,24. L-Ц.– бесцв. кристаллы; [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> –223,4° (1 г в 100 мл 1 н. HCl); раств. в воде; при 35° рK<sub>a</sub> 1,0 и 2,1 (COOH), 8,02 и 8,71 (NH<sub>2</sub>). Для D-Ц. [α]<sub>D</sub><sup>20</sup> +223° (1 г в 100 мл 1 н. HCl).

Образуется при окислении *цистеина* кислородом воздуха в щелочных р-рах. Синтез пептидов, содержащих Ц., осуществляют окислением групп SH цистеина.

L-Ц.– заменимая неcodируемая α-аминокислота, не включается в пептидную цепь при ее биосинтезе, а образуется в результате ферментативного окисления остатков двух молекул цистеина (в т. ч. из разных полипептидных цепей).

Ц. играет важную роль в формировании пространств. структур ряда белков и пептидов, напр. инсулина, соматостатина и иммуноглобулинов.

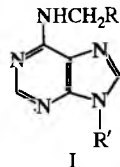
Данные спектра ПМР у Ц. такие же, как у цистеина. Ц. впервые выделен К. Мёрнером в 1899 из рога. Мировое произ-во L-Ц. ок. 40 т в год (1982).

В. В. Баев.

**ЦИТИДИН**, см. *Нуклеозиды*.

**ЦИТОЗИН**, см. *Пиримидиновые основания*.

**ЦИТОКИНИНЫ**, прир. регуляторы роста растений, в малых концентрациях (10<sup>-5</sup>–10<sup>-9</sup> М) стимулируют деление, рост и дифференцировку растит. клеток. Ц. активируют также синтез РНК и белков, усиливают транспирацию, задерживают процессы старения растений и повышают их устойчивость к неблагоприятным условиям внеш. среды. По хим. строению – производные 6-аминопурина (аденина) общей ф-лы I. Наиб. распространен в природе зеатин (I; R = CH=C(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>OH,



I

$R' = H$ , *транс*-изомер). Кроме того, в растениях встречаются *цис*-зеатин, дигидрозеатин [I;  $R = CH_2CH(CH_3)CH_2OH$ ,  $R' = H$ ], а также [I;  $R = CH = C(CH_3)_2$ ,  $CH_2C(OH)(CH_3)CH_2OH$ ,  $CH_2(OH)C(OH)(CH_3)CH_2OH$ , 2-НОС<sub>8</sub>H<sub>4</sub>,  $R' = H$ ]. Первое в-во с цитокининовой активностью – кинетин (I;  $R = 2$ -фурил,  $R' = H$ ) – выделено из молока сельды.

В растениях Ц. образуются в корнях при распаде транспортных РНК, а также путем биосинтеза из 5'-аденозинмонофосфата и изопентенилрибозифосфата (последний получается из мевалоновой к-ты); при дальнейшем ферментативном отщеплении фосфатной и рибозидной групп получается изопентениладенин, окисляющийся в зеатин. В виде транспортных форм – соответствующих нуклеозидов (I;  $R$  – остаток рибозы) и нуклеотидов (I;  $R$  – остаток рибозофосфата) Ц. передвигаются по ксилеме в надземные части растений.

В тканях растений Ц. довольно быстро распадаются с отщеплением боковой цепи и далее с разрывом пуринового кольца; более устойчивы (но менее активны) их транспортные формы, а также запасные формы – конъюгаты, к-рые Ц. образуют с глюкозой, аланином и нек-рыми белками, присоединяя их к атомам N кольца или атомам O боковой цепи.

Известны синтетич. в-ва, по биол. действию напоминающие Ц. Нек-рые из них, напр. 6-бензиламинопуридин (бензиладенин), близки по хим. строению прир. Ц.; другие относятся к классу фенилмочевин общей ф-лы  $C_6H_5NHCONHR$  (II; где R = незамещ. или замещ. фенил либо 4-пиримидил).

Цитокининовой активностью обладает также известный дефолиант тиадиазурон (II;  $R = 1,2,3$ -тиадиазол-5-ил), действие к-рого обусловлено тем, что избыточная концентрация Ц. (гиперцитокинизм) стимулирует образование эндогенного этилена, вызывающего опадение листьев. С явлением гиперцитокинизма связано, по-видимому, действие нек-рых гербицидов, в частности из группы сульфенилмочевин (см. *Гербициды*).

Лит.: Кулаева О. Н., Цитокинины, их структура и функция, М., 1973; Регуляторы роста растений, под ред. Г. С. Муромцева, М., 1979, с. 86–117; Полевой В. В., Фитогормоны, Л., 1982; Основы химической регуляции роста и продуктивности растений, М., 1987, с. 80–133; Chemistry of plant hormones, ed. by N. Takahashi, Boca Raton (Florida), 1986, p. 153–200.

Г. С. Шейндлерман.

**ЦИТОХИМИЯ**, изучает распределение и содержание внутри клетки хим. соед., динамику их превращений в процессах жизнедеятельности (в т. ч. при патологии). Ц. возникла в 1-й пол. 19 в.; значительно усовершенствована и широко используется с сер. 20 в. для диагностич. целей, в медицине, биохимии и др.

Осн. методы Ц.: 1) микрохимия – выделение определенных клеточных структур (напр., митохондрий или рибосом) путем дифференциального центрифугирования и осуществление хим. анализа их состава. 2) Микроспектрофотометрия – определение в-в с помощью микроскопа-спектрофотометра непосредственно в клетке по характерному спектру поглощения (напр., нуклеиновых к-т по поглощению пуринами и пиримидинами УФ излучения). 3) Микроинтерферометрия – оценка массы клетки по сдвигу фазы поляризованного света. После экстракции определенного в-ва можно измерить его содержание в клетке. Микроспектральные и интерферометрич. методы позволяют проводить хим. анализ живых клеток. 4) Цитофотометрия окрашенных клеток – качеств. и(или) количеств. определение в-ва в клетке путем фотометрии окрашенного продукта, к-рый образуется при взаимодействии в-ва с красителем или др. в-вом. Измерения осуществляют, используя микроскоп, монохроматор, фотоумножитель и регистрирующее устройство. Для количеств. исследований применяют также анализаторы изображений. Один из точных методов цитофотометрии – р-ция Фельгена [взаимод. альдегидных групп, возникших в результате кислотного гидролиза ДНК, с фуксинсернистой к-той (реактив Шиффа) с образованием красно-малинового комплекса, к-рый специфически характеризует распределение ДНК и ее кол-во в ядре]. Активные красители (процонины) образуют ковалентные связи с разными реакционноспособными группами белков или углеводов, окрашивая клеточные структуры. В результате разл. р-ций выявляются ферменты, определяются их локализация и актив-

ность. 5) Флуоресцентная микроскопия и цитофлуорометрия. Осуществляют р-цию в-ва с флуоресцирующим маркером (см., напр., *Липидные зонды*) и затем по интенсивности флуоресценции определяют кол-во этого в-ва. 6) Авторадиография – определение локализации определенного метаболита, процесса и его интенсивности в клеточных структурах благодаря введению в организм или в среду клеточной культуры метаболитов, меченных радионуклидами, и приготовления цитоавтографа (препарата из клеток и фотоэмульсии, к-рую проявляют после экспозиции). 7) Иммуоцитохимия – выявление расположения определенного антигена внутри клетки путем получения комплексов между антителами, конъюгированными с красителями, и анализируемыми антигенами.

В большинстве методов Ц. может использоваться также электронный микроскоп.

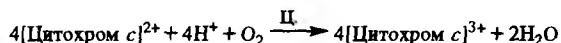
Раздел Ц.– гистохимия. Теми же методами, что в Ц., оценивается распределение и содержание в-в в разных участках ткани или в органе (напр., в разл. частях печени, в сосудах и т. д.).

Благодаря развитию методов Ц. впервые были сформулированы идеи о ведущей роли нуклеиновых к-т в синтезе белка, в развитии организмов и наследственности (Б. В. Кедровский, Т. Касперсон, 30-е гг. 20 в.). В 40-х гг. методами Ц. было доказано постоянство содержания ДНК в хромосомном наборе (К. и Р. Вендрели) и на этой основе определена общепол. значимость полиплоидных клеток (несут неск. гомологичных наборов хромосом) и выяснена важная роль клеточной полиплоидии (кратное увеличение числа наборов хромосом) в росте и развитии животных и растений. При использовании радиоактивных предшественников синтеза ДНК, гл. обр. <sup>3</sup>H-тимидина (К. Леблон, Л. Н. Жинкин, 60-е гг.), определены важные закономерности обновления клеточных популяций и регенерации тканей. При применении <sup>3</sup>H-предшественников РНК и белков изучены закономерности перемещений макромолекул внутри клетки. Благодаря значит. усовершенствованию флуоресцентной микроскопии (В. М. Брумберг, М. Н. Мейсель, 60-е гг.) определены изменения структуры хроматина, характеризующие его активность. При изучении кинетики образования клеточных белков цитохим. и биохим. методами в 60–70-х гг. открыт ритм синтеза белка. Определены др. метаболит. ритмы такой же окологосовой периодичности (концентрации АТФ и др. соед. с макроэргич. связями, полиаминов, нек-рых ионов, изменение рН внутри клеток и активности мн. ферментов). В физиол. исследованиях найдены такие же ритмы дыхания организмов, частоты сердечных сокращений, активности мозга, поведения животных. В работах 80-х гг. при гибридизации ДНК клеточного ядра с клонированной ДНК определенного гена установлено положение этого гена в хромосоме.

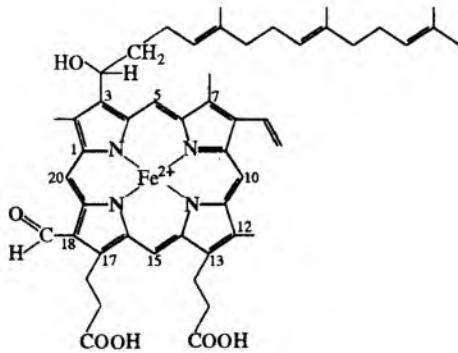
Цитохим. методы используют в медицине, в частности, для диагностики и прогноза лечения злокачеств. опухолей.

Лит.: Пирс Э., Гистохимия, пер. с англ., М., 1962; Бродский В. Я., Трофьяк клетки, М., 1966; Введение в количественную цитохимию, пер. с англ., М., 1969; Зеленин А. В., Взаимодействие аминопроизводных акридина с клеткой, М., 1971; Роджерс Э., Авторадиография, пер. с англ., М., 1972; Агроскин Л. С., Папаян Г. В., Цитофотометрия, Л., 1977; Иванов В. Б., Активные красители в биологии, М., 1982; Бродский В. Я., Нечасова Н. В., Ритмы синтеза белка, М., 1988. В. Я. Бродский.

**ЦИТОХРОМ с-ОКСИДАЗА** (цитохромоксидаза, Ц.), фермент класса оксидоредуктаз; катализирует конечный этап переноса электронов на кислород в процессе *окислительного фосфорилирования*:



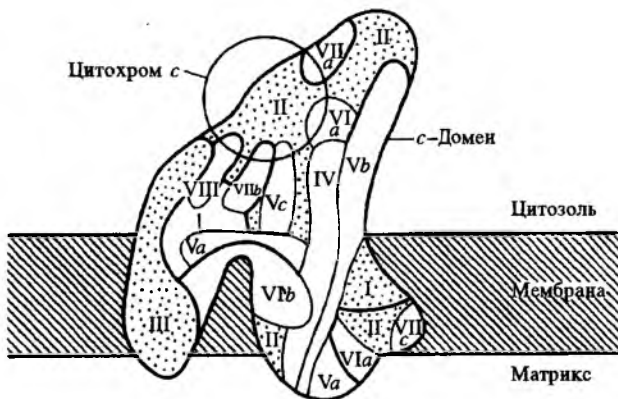
Окисление цитохрома с сопровождается появлением мембранного протонного потенциала  $\Delta\psi H^+$ , к-рый используется клеткой для обеспечения всех видов работ, выполняемых биомембранами, и в первую очередь для синтеза АТФ. Фермент широко распространен как среди эукариот, так и среди прокариот. У эукариот фермент расположен во внутр. мембране митохондрий, у прокариот – в цитоплазматич. мембране. Ц.– сложный белок, состоящий из неск. полипептидных



цепей, связанных с 4 окислит.-восстановит. центрами, 2 ионами  $\text{Cu}^{2+}$  и 2 гемами  $a$  (см. ф-лу).

Мол. масса фермента (напр., Ц. из сердца быка) составляет от 180 до 200 тыс. Ц. обычно существует в димерной форме и прочно ассоциирована с молекулами фосфолипидов мембран и ПАВ, использованных при ее выделении. Ц. имеет характерный спектр поглощения;  $\lambda_{\text{макс}}$ , нм ( $\epsilon \cdot 10^{-3}$ ): восстановленная форма 443 (107), 603 (23,2); окисленная форма — 421 (82), 598 (11).

Железо гемов может находиться в окисленном или восстановленном состоянии и образует координац. связи с одним либо двумя аминокислотными остатками белковой цепи. В зависимости от белкового окружения гемы различаются по св-вам: один (гем  $a_3$ ), высокоспиновый, после восстановления реагирует с  $\text{O}_2$  или  $\text{CO}$ ,  $\text{CN}$ . Другой (гем  $a$ ), низкоспиновый, в такие р-ции не вступает. Ионы меди в Ц. также неравноценны. Один из них,  $\text{Cu}_A$ , дает сигнал в спектре ЭПР и взаимодей. с гемом  $a$ , другой,  $\text{Cu}_B$ , не дает сигналов, взаимодей. с гемом  $a_3$ . Число полипептидных цепей в ферменте зависит от эволюционной ступени, занимаемой организмом — источником Ц. Фермент прокариот включает 2–3 белковые цепи, эукариоты содержат Ц. из 5 (соя, батат) или 7–8 субъединиц (дрожжи). У млекопитающих число субъединиц фермента возрастает до 12–13. Все полипептиды в Ц. различны по структуре и имеют мол. м. от 5 до 57 тыс. Три наиб. крупные субъединицы (I–III; рис.). Ц. эукариот кодируются в митохондриальном геноме и синтезируются на митохондриальных рибосомах. Эти субъединицы играют главную роль в выполнении биол. ф-ций Ц. Они связаны со всеми окислит.-восстановит. центрами и имеют участки узнавания цитохрома  $c$ . Остальные субъединицы Ц. кодируются в ядерном геноме и синтезируются в цитоплазме. Ф-ции этих полипептидов, вероятно, связаны с регуляцией активности Ц. и могут отражать также тканевую специфичность фермента. Первичная структура полипептидов наиб. изученных ферментов (бык, крыса, *Saccharomyces cerevisiae*) полностью известна.



Модель структурной и функциональной организации полипептидов в цитохром-оксидазе из печени крысы. Римскими цифрами и буквами обозначены отдельные субъединицы фермента.

Ц. — мембранный фермент.  $c$ -Домен фермента выступает из плоскости мембраны с цитоплазматич. стороны на 0,50–0,55 нм; с матричной стороны выступают на 0,15–0,25 нм два домена, к-рые состоят из спирализованных участков полипептидных цепей и включают 8–12 и 5–8 спиралей, соотв.

Цитохром  $c$  взаимодей. с Ц., связываясь с субъединицей II. Печенка, по к-рой электроны передаются к кислороду, м. б. представлена схемой: Цитохром  $c \rightarrow \text{Cu}_A \rightarrow \text{Гем } a \rightarrow \text{Гем } a_3\text{-Cu}_B + \text{O}_2$ . Перенос электрона сопровождается трансмембранным переносом двух протонов из матрикса в цитозольное пространство и появлением  $\Delta\mu\text{H}^+$ . Такой механизм позволяет отнести Ц. к мембранным протонным насосам.

Для выделения Ц. из митохондрий или субмитохондриальных частиц используют ПАВ, чаще всего холат или дезоксихолат натрия. Обычно чистоту Ц. выражают через отношение содержания гема  $a$  к кол-ву белка. Для препаратов фермента, выделенных разл. способами, этот показатель составляет 8–14 нмоль/мг. Определить точное значение этой величины пока невозможно из-за отсутствия надежных данных о числе субъединиц, действительно необходимых для функционирования фермента.

Важная характеристика Ц. — ферментативная активность, к-рая определяется спектрофотометрически (по уменьшению поглощения ферроцитохрома  $c$ ) либо полярографически (по изменению концентрации  $\text{O}_2$  в среде); она может достигать 400 моль цитохрома  $c$  на моль Ц. в секунду. Активность фермента сильно зависит от кол-ва липидов в препарате. При тщательном удалении липидов ферментативная активность резко снижается, но после добавления липидов частично восстанавливается.

Ц. необходима для обеспечения жизнедеятельности всех эукариотич. и нек-рых прокариотич. клеток. Нарушение биосинтеза Ц. в клетках человека приводит к их гибели. Структурные и функциональные изменения фермента являются причиной серьезных заболеваний.

Лит.: Филатов И.А. [и др.], «Биоорг. химия», 1988, т. 14, № 6, с. 725–45; Wikström M., Krab K., Saraste M., Cytochrome oxidase. A synthesis, L., 1981.

М.А. Кулиш.

**ЦИТОХРОМЫ**, сложные белки (гемопротеиды), содержащие в качестве простетич. группы гем. Служат переносчиками электронов в процессах внутриклеточного дыхания, окислит. фосфорилирования, фотосинтеза, ферментативного гидроксилирования и в др. биол. окислит.-восстановит. р-циях. Ц. найдены у всех животных, растений и микроорганизмов. Известно неск. десятков индивидуальных Ц., многие из к-рых выделены в гомогенном состоянии. Определены первичные структуры и пространственная организация многих Ц. Наиб. хорошо изучены св-ва цитохрома  $c$ . В зависимости от природы гема Ц. делят на 4 группы, обозначаемые буквами  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$ . У Ц.  $a$  гем имеет строение протопорфирина (см. **Порфирины**) и содержит формильный заместитель; Ц.  $b$  содержит протогем (ферропротопорфирин), нековалентно связанный с полипептидной цепью; у Ц.  $c$  боковые заместители протопорфирина ковалентно связаны с полипептидной цепью; у Ц.  $d$  гем представлен дигидропорфирином (хлорином). Атом Fe, входящий в состав гемов Ц. и подвергающийся окислению и восстановлению, координирован 4 связями с атомами N порфириновых колец и 2 — с лигандами, принадлежащими полипептидным цепям (остатки гистидина, цистеина). Нек-рые Ц. содержат неск. одинаковых или разных гемов.

Все Ц. ярко окрашены и имеют характерные спектры поглощения света в видимой области, меняющиеся при их окислении или восстановлении. В типичном спектре имеются три основные полосы поглощения ( $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -полосы в порядке убывания длин волн), по изменению к-рых обычно судят о степени восстановленности Ц.

Донорами электронов для Ц. обычно служат флавины, гидрохиноны, железо-серные белки или другие Ц.; акцепторами — другие Ц. или кислород (цитохромоксидазы). Нек-рые Ц. (цитохромоксидаза, цитохром P-450) прочно связаны с мембранами митохондрий, микросом (липопротеидные ком-

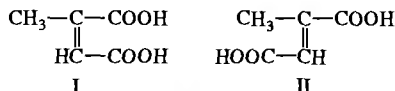
плексы) и не раств. в воде, другие (напр., цитохром с) раств. в ней.

Ц. реагируют с лигандами, конкурирующими с естественным координат. окружением атома Fe гемов (СО, анионы азиды, цианида и др.). Связывание этих лигандов приводит к изменению спектральных св-в и инактивации Ц.

Лит.: Диксон М., Уэбб Э., Ферменты, пер. с англ., т. 2, М., 1982, с. 692-713; Keilin D., The history of cell respiration and cytochrome, Camb., 1966.

А. Д. Виноградов.

**ЦИТРАКОНОВАЯ И МЕЗАКОНОВАЯ КИСЛОТЫ** (метилмалеиновая и метилфумаровая к-ты), *цис*- и *транс*-пропилен-1,2-дикарбоновые к-ты, ф-лы I и II соотв., мол. м. 130,10; бесцв. кристаллы, раств. в этаноле и диэтиловом эфире. Для цитраконовой к-ты т. пл. 91 °С,  $K_1 3,8 \cdot 10^{-3}$  (вода, 25 °С); она раств. в воде, не раств. в бензоле,  $CS_2$ , лигирине. Для мезаконовой к-ты т. пл. 240,5 °С,  $K_1 8,5 \cdot 10^{-4}$  (вода, 25 °С); она умеренно раств. в воде, плохо – в  $CHCl_3$ ,  $CS_2$ , лигирине.



Цитраконовая к-та при нагр. с NaOH изомеризуется в мезаконовую к-ту, при перегонке легко теряет воду, превращаясь в цитраконовый ангидрид (т. пл. 7-8 °С, т. кип. 213-214 °С,  $d_4^{15} 1,25$ ). Мезаконовый ангидрид из мезаконовой к-ты получить не удается. Обе к-ты образуют производные по обеим карбоксильным группам. Важнейшие производные соед. I и II: диметилвые эфиры, т. кип. 210-211 и 205,5-206 °С соотв., диэтиловые эфиры 231 и 229 °С, дихлорангидриды, 95 °С/18 мм рт. ст. и 64-65 °С/14 мм рт. ст.

Получают цитраконовую к-ту осторожным нагреванием лимонной к-ты, мезаконовую – пиролизом лимонной к-ты, (последняя р-ция идет через промежуточное образование мезаконового ангидрида).

Применяют Ц. и м.к. в произ-ве сополимеров, напр. с акриламидом, фталевым ангидридом и гликолями.

**ЦИТРАЛЬ** (3,7-диметил-2,6-октадиеналь)  $(CH_3)_2C=CHCH_2CH_2C(CH_3)=CHCHO$ , мол. м. 152,24; существует в виде смеси *E*- и *Z*-изомеров (соотв. гераниаль и нераль). В прир. Ц. преобладает гераниаль (до 90%). Ц. – бесцв. или светло-желтая вязкая жидкость с сильным запахом лимона; т. кип. 228-229 °С, 117-119 °С/20 мм рт. ст.;  $d_4^{20} 0,888-0,895$ ;  $n_D^{20} 1,486-1,489$ ; давление пара 5,05 Па (20 °С); раств. в этаноле и диэтиловом эфире, не раств. в воде.

Для гераниаля т. кип. 229 °С,  $d_4^{20} 0,8898$ ,  $n_D^{20} 1,4896$ ; производные: семикарбазон, т. пл. 164 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 134-135 °С; для нералья т. кип. 102-104 °С/12 мм рт. ст.,  $d_4^{20} 0,8888$ ,  $n_D^{20} 1,4869$ ; производные: семикарбазон, т. пл. 171 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 125-125,5 °С.

Ц. содержится в лимонграсовом масле (до 85%), в масле кубебы (до 75%), лимонном, эвкалиптовом и мн. других эфирных маслах. В нек-рых эфирных маслах присутствует еще один изомер Ц. – изоцитраль  $(CH_3)_2C=CHCH_2CH=CH(CH_2)_2CHO$ , т. кип. 95-97 °С/12 мм рт. ст.;  $d_4^{15} 0,890$ ,  $n_D^{20} 1,4838$ .

Ц. – реакционноспособное соед., на воздухе легко окисляется; при действии минер. к-т превращается в *n*-цимол; гидролитич. расщепление приводит к 6-метил-5-гептен-2-ону и ацетальдегиду; при гидрировании образуется **цитронеллаль**, при восстановлении альдегидной группы – **цитронеллол**; с сульфитом и гидросульфитом Na дает смесь продуктов присоединения по альдегидной группе и по двойной связи.

Ц. выделяют из эфирных масел (наиб. удобный способ – обработка р-ром сульфита или гидросульфита Na) или получают окислением кориандрового масла; взаимодей. геранилхлорида (получают из изопренилхлорида и изопрена) с уротропином; перегруппировкой дегидролиналоола в присут. полиорганосилоксановых эфиров ортованадиевой к-ты  $HO[(Ph_2SiO)_n]_3VO$  либо его ацетата в присут. Ag.

Ц. – душистое в-во в парфюмерной и ароматизатор в пищ. пром-сти, его используют в качестве антисептич. и противовоспалит. средства, как сырье для получения витамина А и мн. душистых в-в, напр. ионов, гераниола, цитронеллола и др. Входит в состав глазного лекарства, снижает кровяное давление.

Т. всп. 99,5 °С, т. самовоспл. 224 °С, КПВ 0,46-0,69% (по объему), температурные пределы воспламенения 88-95 °С.

Л. А. Хейфиц.

**ЦИТРАТЫ**, соли и эфиры **лимонной кислоты**.

**ЦИТРОНЕЛЛИАЛЬ** (3,7-диметил-6-октеналь)  $(CH_3)_2C=CHCH_2CH_2CH(CH_3)CH_2CHO$ , мол. м. 154,25; бесцв. вязкая жидкость с запахом лимона; т. кип. 205-208 °С;  $d_4^{20} 0,847-0,855$ ;  $n_D^{20} 1,4485-1,4520$ ;  $[\alpha]_D^{20} \pm 13$ ; давление пара 22,6 Па (20 °С); раств. в этаноле, плохо – в воде; производные: семикарбазон, т. пл. 82,5-84 °С, 2,4-динитрофенилгидразон, т. пл. 78 °С. Содержится в цитронелловом (до 45%), эвкалиптовом (до 85%), лимонном и мн. других эфирных маслах (св. 50). Ц. – реакционноспособное соед., на свету быстро окисляется с образованием сложной смеси продуктов, при действии щелочей осмоляется, в присут. минер. к-т циклизуется с образованием изопулегола и др. моноциклич. терпеновых соед., с сульфитом и гидросульфитом Na образует продукты присоединения по карбонильной группе и по двойной связи. Выделяют Ц. из эфирных масел через бисульфитное соед. или получают гидрированием цитрала. Ц. – душистое в-во в парфюмерной и ароматизатор в пищ. пром-сти, сырье для получения душистых в-в, напр. изопулегола, ментола, цитронеллола и др.

Т. всп. 81 °С, т. самовоспл. 230 °С, КПВ 0,93-2,2% (по объему), температурные пределы воспламенения 77-94 °С. ЛД<sub>50</sub> > 5 г/кг (крысы, перорально), > 2,5 г/кг (кролики, подкожно).

Л. А. Хейфиц.

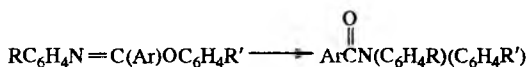
**ЦИТРОНЕЛЛОЛ** (3,7-диметил-6-октен-1-ол)  $(CH_3)_2C=CHCH_2CH_2CH(CH_3)CH_2OH$ , мол. м. 156,26; бесцв. вязкая жидкость с запахом розы; т. кип. 224-225 °С;  $d_4^{20} 0,849-0,863$ ;  $n_D^{20} 1,454-1,463$ ;  $[\alpha]_D^{20} \pm 5-6$ ; давление пара 1,2 Па (20 °С); раств. в пропиленгликоле и маслах, р-римость в 70%-ном этаноле 1:2, не раств. в глицерине и плохо в воде. Содержится в цитронелловом, гераниевом (до 40%), розовом (до 50%) и др. эфирных маслах. В прир. Ц. может присутствовать изомерный 3,7-диметил-7-октен-1-ол; такую смесь иногда наз. родинолом. Наиб. ценность представляют эфирные масла, содержащие (-)-Ц., запах к-рого нежнее, чем у (+)-Ц. Выделяют Ц. из эфирных масел или получают восстановлением цитрала, цитронелляля, гераниола. Для получения (-)-Ц. используют пиролиз (+)-*цис*-пинана с послед. превращением образующегося 3,7-диметил-1,6-октадиена в условиях р-ции Циглера (взаимод. с триизобутилалюминием или диизобутилалюминийгидридом с послед. гидролизом) в (-)-Ц. Применяют Ц. при составлении мн. цветочных и парфюмерных композиций, пищ. эссенций и как сырье для получения душистых в-в.

Т. всп. 96 °С, т. самовоспл. 249 °С, КПВ 0,95-2,7% (по объему), температурные пределы воспламенения 99-121 °С. ЛД<sub>50</sub> 3,45 г/кг (крысы, перорально), 2,65 г/кг (кролики, подкожно).

Л. А. Хейфиц.

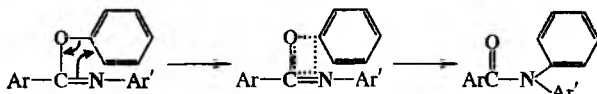
# Ч

**ЧЕПМЕНА РЕАКЦИЯ** (перегруппировка Чепмена), термич. изомеризация ароматич. иминоэфиров в *N,N*-диариламида ароматич. карбоновых к-т:

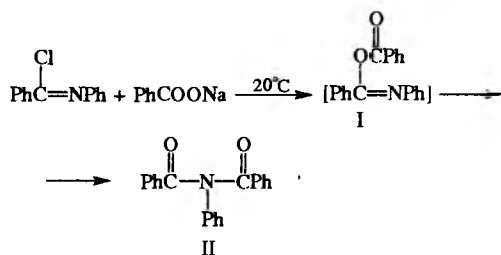


R и R' - Hal, Alk, NO<sub>2</sub>, COOR'' и др. Обычно иминоэфир нагревают 1-2 ч при 200-300 °С и продукт выделяют кристаллизацией; выходы достигают 70-90%. Наиб. выходы получают при кипячении в тетраглицере (диметиловый эфир тетраэтиленгликоля). *N,N*-диариламида легко омыляются щелочами в соответствующие дифениламинны.

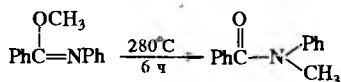
Р-ция облегчается, когда R в арилоксигруппе исходного иминоэфира - электроноакцепторный заместитель, и затрудняется в случае электронодонорного R. Заместители R' влияют противоположным образом. Такое влияние заместителей, а также внутримол. характер Ч. п. хорошо описывает механизм, по к-рому миграция арильной группы от O к N происходит в четырехчленном переходном состоянии в результате нуклеоф. атаки мигрирующей арильной группы атомом азота:



В соответствии с этим механизмом *O*-ацилиминоэфиры (ф-ла I) изомеризуются настолько легко, что в большинстве случаев выделить их не удастся - в р-ции сразу образуются продукты перегруппировки (имиды II):



*O*-Метилиминоэфиры также вступают в Ч. п. с образованием соответствующего амида, напр.:



Ч. п. - важный метод синтеза замещенных дифениламино и азотсодержащих гетероциклов. Р-ция открыта в 1915, подробно изучалась А. Чепменом с 1925.

См. также *Бекмана перегруппировка*.

Лит.: Schulenberg J.W., Archer S., в сб.: Organic reactions, 1965, в. 14, р. 1; Curtin D.Y., Miller L.L., «Tetrahedron Lett.», 1965, № 23, р. 1869.

**ЧЕРНЕНИЕ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ.** см. *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*.

**ЧЕРНЫЕ ПЛЕНКИ**, тонкие межфазные прослойки толщиной менее длины световой волны видимой части спектра. Образуются, напр., при утончении свободных (двусторонних) пленок р-ров ПАВ. Бесцв. вначале пленка приобретает радужную окраску, когда ее толщина становится соизмеримой с длиной волны видимого света (400-760 нм). Затем, если пленка продолжает утончаться без разрыва, на ней появляются неокрашенные пятна - в отраженном свете они выглядят черными, к-рые распространяются на всю пов-сть пленки. В общем случае Ч. п. представляют собой трехслойное образование: два ориентир. монослоя сольватир. молекул ПАВ, разделенных прослойкой р-рителя. Однако последняя может отсутствовать и тогда Ч. п. имеет бислойное (бимолекулярное) строение, аналогичное строению липидных мембран в клеточных структурах живых организмов. Такие Ч. п. называют ньютонскими (или перреновскими), их толщина 3-5 нм. Симметричные Ч. п. (разделяющие отдельные части одной фазы) термодинамически метастабильны. Но практически их устойчивость не ограничена во времени, поскольку для разрушения (прорыва) пленки необходимо преодолеть потенциальный энергетич. барьер. Исследование структуры и механизма стабилизации Ч. п. имеет важное значение для развития представлений о строении и функциях биол. мембран, а также теории устойчивости пен, эмульсий и других дисперсных систем с жидкой дисперсионной средой. См. также *Тонкие пленки*.

Лит.: Кругляков П.М., Ексерова Д.Р., Пена и пенные пленки, М., 1990.

Л. А. Шич.

**ЧЕТЫРЕХХЛОРИСТЫЙ УГЛЕРОД** (тетрахлорметан, фреон 10, кладон 10) CCl<sub>4</sub>, мол. м. 153,83; бесцв. жидкость с резким сладковатым запахом, т. пл. -22,96 °С, т. кип. 76,7 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,5950, плотн. паров по воздуху 5,29; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,4603; энергия связи C-Cl 284,5 кДж/моль, длина связи 0,176 нм; η (мПа·с) жидкости 2,560 (-40 °С), 0,969 (20 °С), 0,585 (60 °С); η пара 9,6 (20 °С), 11,5 (100 °С), 21,0 (400 °С); γ (мН/м) 40,9 (-60 °С), 26,95 (20 °С), 17,26 (100 °С), 2,0 (220 °С); t<sub>кр</sub> 283,1 °С, p<sub>кр</sub> 4,545 МПа, d<sub>кр</sub> 0,558 г/см<sup>3</sup>; давление пара (кПа) 1,33 (-20,6 °С), 11,94 (20 °С), 186,4 (100 °С), 4053 (276 °С); C<sub>p</sub> [кДж/(кг·К)] жидкости 0,724 (-60 °С), 0,862 (20 °С), 0,963 (100 °С), пара 0,519 (0 °С), 0,586 (100 °С), 0,649 (500 °С); ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> (кДж/кг) 209,8 (20 °С), 17,92 (100 °С), 83,7 (260 °С); ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 16,41 кДж/кг; ΔH<sub>гор</sub><sup>0</sup> -365,51 кДж/моль; ΔH<sub>оф</sub><sup>0</sup> -106,76 кДж/моль; S<sub>298</sub><sup>0</sup> 309,95 Дж/(моль·К); коэф. теплопроводности [Вт/(м·К)] жидкости 0,1046 (20 °С), 0,090 (100 °С), пара 0,00895 (100 °С), 0,01498 (300 °С); ε жидкости 2,234 (20 °С), пара 1,0007 (100 °С). Хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде (% по массе) 0,097 (0 °С), 0,089 (20 °С), 0,014 (60 °С), р-римость воды в Ч. у. 0,005 (0 °С), 0,008 (20 °С), 0,024 (50 °С); образует азеотропную смесь с водой (т. кип. 66 °С, 95,9% Ч. у.).

Ч. у. химически инертен. Он устойчив к действию воздуха, света, конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. При нагр. с водой до 250 °С при ее недостатке гидролизует до фосгена, при избытке - до хлора. Фосген образуется также при р-ции CCl<sub>4</sub> с олеумом. Нагревание выше 500 °С приводит к тетрахлорэтилену и гексахлортану либо к их смеси с выделением своб. хлора. Ч. у. восстанавливается Zn до CHCl<sub>3</sub>, металлами VIII гр. - до метана. Окисляется в присут. железа при т-ре выше 300 °С до фосгена и хлора. При взаимодей. Ч. у. с AlBr<sub>3</sub> при 100 °С образуется тетрабромметан, с HF в присут. SbCl<sub>5</sub> при 250-300 °С и 0,5-0,7 МПа - фторхлорметан. В присут. AlCl<sub>3</sub> вступает в р-цию Фриделя - Крафта с ароматич. соед. В свободно-радикальных р-циях, в т. ч. р-циях теломеризации, CCl<sub>4</sub> служит переносчиком галогена: CH<sub>3</sub>· + CCl<sub>4</sub> → CH<sub>3</sub>Cl + CCl<sub>3</sub>·; 2CCl<sub>3</sub>· → C<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>; CCl<sub>4</sub> + nCH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub> → CCl<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>Cl.

Получают Ч. у. совместно с тетрахлорэтиленом исчерпывающим хлорированием в объеме при 600 °С углеводородов C<sub>1</sub>-C<sub>3</sub> или их хлорпроизводных либо хлорированных углеводородов пропан-пропиленового ряда при 520-550 °С в присут. песка. Можно использовать также исчерпывающее хлориро-

вание смеси хлорид углеродов (отходы произ-ва винилхлорида) при 600 °С и 20 МПа; Ч. у. после отделения под давлением от HCl и Cl<sub>2</sub> выделяют путем ректификации с послед. нейтрализацией. Чистота продукта не ниже 99,98%. Ч. у. может быть получен из метана в кипящем слое активир. угля или хлорированием сероуглерода.

Ч. у. — сырье для произ-ва хладонов, р-ритель, огнетушащее средство.

Ч. у. — негорюч, взрыво- и пожаробезопасен. Ядовит при вдыхании паров, попадании внутрь через желудочно-кишечный тракт или всасывании через кожные покровы и слизистые оболочки. ПДК паров в воздухе рабочей зоны 20 мг/м<sup>3</sup>, в атм. воздухе макс. разовая доза 2 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов — бытового назначения — 0,3 мг/л. Ч. у., как и ряд др. хладонов, разрушает озоновый слой (см. Хладоны) и отнесен к запрещенным продуктам в соответствии с дополнениями к Монреальскому протоколу (1987).

Произ-во Ч. у. в США 345 тыс. т в год (1988); 120 тыс. т в год (1990).

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, М., 1978, с. 35-44. Ю. А. Трезер.

**ЧИСТЯЩИЕ СРЕДСТВА**, хим. препараты, предназначенные для чистки и мытья металлич., эмалированных, деревянных и др. пов-стей. При воздействии Ч. с. на поверхностный слой материала происходит сложный комплекс физ.-хим. процессов, в т. ч. смачивание очищаемой пов-сти, диспергирование и сорбция частиц загрязнений, предотвращение их обратного осаждения на обрабатываемую пов-сть.

Различают собственно Ч. с. и препараты, выделяемые в спец. группы: нек-рые ср-ва для очистки полов и мебели (см. Полироли), удаления пятен с текстильных изделий и твердых пов-стей (см. Пятновыводители), вспомогаг. средства для стирки (см. Моющие средства, Синтетические моющие средства), нек-рые дезинфицирующие средства, автоочистители — препараты для очистки деталей автомобилей (см. Автокосметика), ср-ва для удаления накипи (см. Антинакипины) и др.

Ч. с. применяют в виде порошков, жидкостей, паст, суспензий, эмульсий; ряд препаратов выпускают на гибких подложках, в аэрозольных и беспропеллентных упаковках (см. Бытовая химия).

По наличию абразивных компонентов Ч. с. подразделяют на абразивные и безабразивные. В абразивных ср-вах кол-во абразива может превышать 95% по массе. Различают абразивы природные (тонкомолотые кварцевый песок, пемза, мел и т. д.) и искусственные (напр., порошки электрокорундов, саморазсыпающиеся шлаки электропечей). В состав порошкообразных препаратов, кроме абразива, могут входить ПАВ, метасиликат и триполифосфат натрия, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, отдушки и др. Абразивные пасты и суспензии часто содержат также глицерин и этиленгликоль (смягчают кожу рук, предохраняют препарат от высыхания). Применяют абразивные ср-ва обычно для мех. обработки (шлифование, полирование) металлич., стеклянных и др. пов-стей с использованием спец. инструмента, напр. шлифовальных или полировальных кругов, брусков, шкурков.

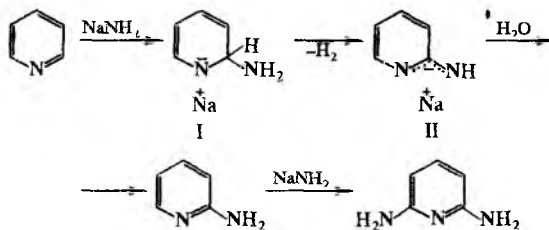
Порошкообразные безабразивные ср-ва включают триполифосфат натрия, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, дезинфектанты (напр., калиевая соль дихлоризоциануровой к-ты) и др. Жидкие ср-ва могут содержать ПАВ, мочевины, орг. р-рители и др.

Выпускаются также абразивные препараты на гибких подложках (тканый или нетканый материал с пропиткой моюще-чистящей композицией), обладающие рядом достоинств: не пылят, как порошки, не теряют пластичности, как пасты, могут использоваться многократно.

Лит.: Чалмерс Л., Химические средства в быту и промышленности, пер. с англ., Л., 1969; Справочник товароведов неспроводелственных товаров, 2 изд., т. 3, М., 1984; Юдин А. М., Сучков В. Н., Коростелни Ю. А., Химия для нас, 4 изд., М., 1988. А. М. Юдин.

**ЧИЧИБАБИНА РЕАКЦИЯ**, аминирование пиридина и подобных ароматич. азагетероциклов (хинолин, изохинолин, бензимидазол и т. п.) амидом натрия; в случае пиридина при этом образуется 2-аминопиридин с незначит. примесью

4-аминопиридина (при повышенной т-ре и избытке NaNH<sub>2</sub> возможно получение 2,6-диаминопиридина):

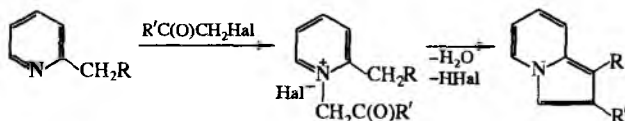


Известно два способа проведения Ч. р.: в апротонных р-рителях (толуол, ксилол, *n*-цимол, вазелиновое масло и др.) и в жидком NH<sub>3</sub>. В первом случае р-ция протекает в гетерогенной среде, в связи с чем требуется высокая т-ра (обычно выше 100 °С). В жидком NH<sub>3</sub> процесс проходит в гомогенных условиях и при низкой т-ре (ниже -33 °С); вместо NaNH<sub>2</sub> в этом случае предпочтительнее использовать KNH<sub>2</sub>, к-рый в жидком NH<sub>3</sub> раств. значительно лучше. Выходы р-ции составляют 30-90%.

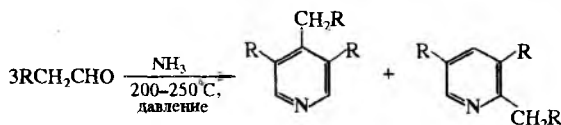
Формально Ч. р. — нуклеоф. замещение гидрид-иона на NH<sub>2</sub>, поэтому для ее протекания необходимо, чтобы в молекуле субстрата содержался высоко электронодефицитный кольцевой атом С, к-рый и атакует амид-ион. На первой стадии образуется анионный σ-комплекс (Ф-ла I), к-рый далее ароматизируется с образованием Na-соли амина (II); свободный амин выделяется при прибавлении в реакц. смесь воды или NH<sub>4</sub>Cl. При высокотемпературном способе проведения р-ции гидрид-ион отщепляется от σ-комплекса самопроизвольно в виде H<sub>2</sub> (второй атом Н поступает в молекулу H<sub>2</sub> в виде протона из аминогруппы). По объему выделившегося H<sub>2</sub> удобно контролировать ход аминирования. Однако при проведении р-ции в жидком NH<sub>3</sub> гидрид-ион самопроизвольно отщепиться не может. В этом случае для ароматизации σ-комплекса необходимо добавлять в реакц. смесь окислитель (обычно KMnO<sub>4</sub>). Напр., окислит. аминирование сим-тетразина дает 3-аминотетразин с высоким выходом. Окислит. аминирование незаменимо для тех азинов и азолов, к-рые разрушаются NaNH<sub>2</sub> при высокой т-ре.

Ч. р. впервые описана А. Е. Чичибабиным и О. А. Зейде в 1914. Позднее были предложены ее модификации — алкиламинирование гетероциклов с помощью натрийалкиламинов, гидразинирование гидразидом натрия, гидроксилирование нагреванием с безводной порошкообразной щелочью, известны примеры внутримол. алкиламинирования по Чичибабину.

Чичибабиным были открыты еще две р-ции, к-рые иногда также наз. его именем: 1) синтез производных индолизина действием α-галогенкарбонильных соед. на 2-алкилпиридины (р-ция пригодна также для анелирования пиррольного кольца и к др. α-алкилазидам и азолам):



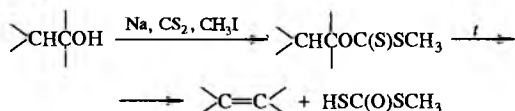
2) Синтез производных пиридина путем термич. циклоконденсации альдегидов с аммиаком:



Лит.: Пожарский А. Ф., Симонов А. М., Аминирование гетероциклов по Чичибабину, Ростов н/Д, 1971; Пожарский А. Ф. (и др.), «Успехи химии», 1978, т. 47, в. 11, с. 1933-65; Плас Х. ван дер, «Химия гетероциклических соединений», 1987, № 8, с. 1011-27; McGill C. K., Rapp A., в сб.: Advances in heterocyclic chemistry, ed. by A. R. Katritzky, v. 44, N. Y., 1988, p. 1-79. А. Ф. Пожарский.



**ЧУГАЕВА РЕАКЦИЯ** (ксантогеновая р-ция), превращение спиртов в олефины путем пиролиза S-метилксантогенатов, получаемых из этих спиртов:

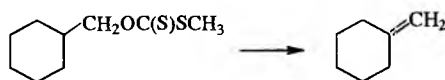


Для получения S-метилксантогената алкоголят исходного спирта нагревают со смесью  $\text{CS}_2$  и  $\text{CH}_3\text{I}$ . Образовавшийся S-метилксантогенат выделяют (кристаллизацией или др. методами) и нагревают ( $100\text{--}250^\circ\text{C}$ ) в течение неск. часов. Наиб. легко (уже в момент образования) происходит разложение S-метилксантогенатов третичных спиртов и неск. труднее — вторичных. Применение Ч. р. к первичным спиртам ограничено.

Конечные продукты выделяют ректификацией, с помощью ГЖХ и др. Многостадийность процесса и разл. степень устойчивости исходных, промежут. и конечных продуктов р-ции обуславливают широкое варьирование выходов целевых продуктов (в большинстве случаев от 10 до 70%).

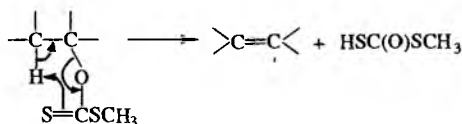
В Ч. р. вступают практически все спирты, содержащие  $\beta$ -H-атом. Иногда вместо S-метилксантогенатов получают высшие S-алкил- или S-бензилксантогенаты. Спирты с разветвленными углеводородными радикалами нередко дают смеси изомерных олефинов [напр., из 3-гексанола образуются: *цис*-3-гексен (13%), *транс*-2-гексен (29%) и *цис*-2-гексен (13%)]; спирты, не содержащие  $\beta$ -H-атом, дают обычно дитиокарбонаты; из гликолей образуются циклич. тионкарбонаты или ацетилены. При пиролизе S-метилксантогенатов, полученных из циклич. спиртов, иногда наблюдается разрыв связи C—C кольца.

Представляет интерес использование Ч. р. для получения соед. с экзотич. кратной связью, напр.:



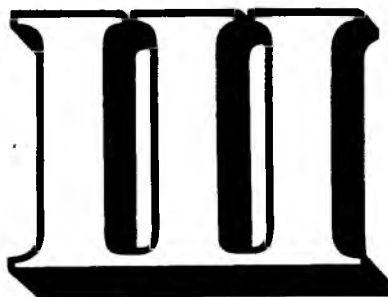
По сравнению с прямой дегидратацией спиртов или с расщеплением простых и сложных эфиров в Ч. р. реже наблюдается изомеризация углеродного скелета; существенно также, что разложение ксантогенатов протекает при умеренной т-ре в слабощелочной среде.

Считается, что разложение S-метилксантогенатов представляет собой процесс *цис*-элиминирования, протекающий с образованием циклич. переходного состояния с участием атома S группы C=S:



Ч. р. используют в препаративных (напр., в химии терпенов и стероидов) и аналит. целях. Р-ция открыта Л. А. Чугаевым в 1899.

Лит.: Нэс Г., в сб.: *Органические реакции*, пер. с англ., сб. 12, М., 1965, с. 71–173; Chandé M., Pranjpe S., «*Indian J. Chem.*», 1973, № 11, p. 1206–07. Г. И. Дрозд.



**ШАМПУНИ** (от англ. shampoo — мыльная душистая жидкость), хим. препараты, предназначенные гл. обр. для удаления загрязнений с пов-сти кожи и волос человека; разновидность *синтетических моющих средств*. Выпускные формы Ш.— порошки, жидкости (большинство препаратов можно применять в воде любой жесткости, в т. ч. в морской), гели, кремы, аэрозольные и беспроPELLентные упаковки (см. *Бытовая химия*).

По назначению различают Ш.: для нормальных, сухих и жирных волос, а также универсальные для любых типов волос; для питания кожи головы и придания волосам эластичности и блеска; для улучшения структуры и расчесывания волос, их укрепления и профилактики перхоти. Имеются также красящие и отбелочные Ш., с помощью к-рых не только моют волосы, но и подкрашивают их в соответствующий цвет и устраняют, напр., неприятный желтоватый оттенок седых волос.

Основу Ш. составляют анионные, неионогенные и амфотерные ПАВ (напр., сульфэтоксилаты, N-ацил- $\alpha$ -аминокислоты, триэтаноламмониевые соли алкилсульфатов). Важную роль выполняют т. наз. пережиривающие (способствуют удалению кожного жира и продуктов его окисления, напр. ланолин) и биологически активные в-ва (витамины, прир. эфирные масла, экстракты и настои растений, в т. ч. экстракты календулы, ромашки, элеутерококка, женьшеня и др.), душистые в-ва. На основе ПАВ мягкого действия и соответствующих добавок выпускают Ш. для детей, не раздражающие слизистую оболочку глаз. Состав Ш. оптимален, если при высокой моющей способности они не обезжиривают кожу, не являются аллергенами и нетоксичны. Запахи Ш. несут многофункциональную нагрузку: маскируют запахи сырья, оказывают эстетич. и психологич. воздействие.

Особые, довольно распространенные группы Ш. составляют нек-рые пеномоющие препараты, а также автошампуни — ср-ва для удаления загрязнений с покрытий и деталей автомобилей, мотоциклов, катеров и др., содержащие композиции ПАВ (напр., на основе алкилтриметиламмонийхлорида), антикоррозионные и иные добавки. Меньшее применение нашли зоошампуни — ср-ва для мытья домашних животных (собак, кошек).

В связи с возможным загрязнением при пользовании Ш. окружающей среды одним из важнейших показателей этих ср-в (особенно автошампуней) является биоразлагаемость входящих в их рецептуры ПАВ.

Лит.: Юдин А. М., Сучков В. Н., Коростелин Ю. А., *Химия для вас*, 4 изд., М., 1988. А. М. Юдин.

**ШАРДИНГЕРА ДЕКСТРИНЫ**, см. *Олигосахариды*.

**ШЕЛЛЯК**, см. *Смолы природные*.

**ШЕНИГЕРА МЕТОД**, разложение микроколичеств орг. в-ва в колбе, наполненной кислородом; используется в элементном анализе.

Навеску анализируемого в-ва (обычно 2–10 мг) завертывают в кусочек беззольной фильтровальной бумаги, вырезанной в виде флажка таким образом, чтобы после его свертывания остался удлиненный конец. Закрепляют пробу в держателе, изготовленном из платиновой спирали или сетки и вмонтированном в пробку колбы. В колбу наливают р-р, поглощаю-

ший продукты сжожения, и наполняют ее кислородом. Поджигают удлиненный конец пакета с пробой и быстро вставляют пробку в колбу. Обычно используют толстостенные колбы Эрленмейера из боросиликатного стекла емкостью до 1 л (при навеске до 1 г). Высококипящие жидкости накапывают на фильтровальную бумагу, при анализе летучих жидкостей применяют контейнеры из желатина, целлюлозы, полиэтилена.

Кроме обычного поджигания бумаги на открытом пламени можно использовать электр. или оптич. способы поджига, к-рые более безопасны.

Состав поглотит. р-ра зависит от определяемого элемента. Для полного поглощения продуктов сжожения достаточно 20-30 мин, при энергичном встряхивании колбы поглощение проходит более эффективно. Конечное определение элементов в поглотит. р-ре проводят любым подходящим аналит. методом.

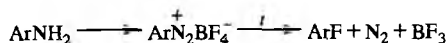
Ш. м. используют при определении галогенов, S, P, Hg, Ge, Ni, Co, As и др. элементов в орг. соединениях.

При сжожении элементоорг. соед. в зоне горения образуются не только газообразные, но и твердые продукты окисления, что затрудняет анализ. При сжожении проб, стойких к окислению, в т.ч. фторорг. соед., используют добавки легкоокисляющихся в-в (NaNO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>, сахароза, парафин, бензойная к-та и др.), к-рые смешивают с образцом, или, если они представляют собой р-р, пропитывают ими фильтровальную бумагу. Сжожение фторорг. в-в проводят в колбах из кварца, полиэтилена, полипропилена или спец. стекла для предотвращения взаимод. фторсодержащих продуктов сжожения с материалом колбы.

Метод предложен В. Шеннигером в 1955.

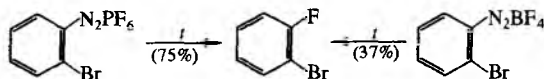
Лит.: Бок Р, Методы разложения в аналитической химии, пер. с англ., М., 1984, с. 156-69; Методы количественного органического элементного микроанализа, М., 1987, с. 149-54; Schöniger W., «Mikrochim. Acta», 1955, № 1, S. 123-29. Н. К. Куцева.

**ШИМАНА РЕАКЦИЯ**, получение фторароматич. и фторгетероароматич. соед. разложением соответствующих борофторидов аридиазония:



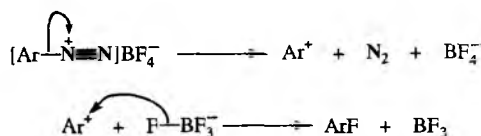
Обычно ароматич. (гетероароматич.) амин диазотируют HNO<sub>2</sub> в солянокислом р-ре, затем добавляют HBF<sub>4</sub> или ее соли, осаждают нерастворимый борофторид диазония и последний разлагают нагреванием. Для диазотирования можно использовать NaNO<sub>2</sub> в безводной фтористоводородной к-те.

Для получения арилфторидов применяют также гексафторфосфаты, гексафторантимонаты и гексафторсиликаты аридиазония; при этом выход конечного продукта повышается из-за стабильности и легкости выделения этих солей, напр.:



При Ш. р. часто происходит значит. осмоление; могут наблюдаться побочные р-ции: омыление алкоксикарбонильных групп (выделяющимся BF<sub>3</sub>), замена диазогруппы на OH либо H.

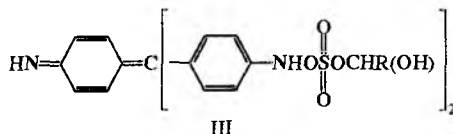
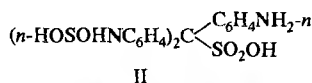
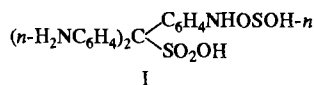
Механизм Ш. р., возможно, включает промежут. образование арил-катиона:



Ш. р. — один из основных методов синтеза моно- и дифторзамещенных ароматич. и гетероароматич. соед.

Р-ция открыта Г. Балъцем и Г. Шиманом в 1927.

**ШИФФА РЕАКТИВ**, водный р-р фуксинсернистой к-ты (ф-лы I или II). Служит для качественного обнаружения альдегидов. При взаимод. Ш. р. с альдегидом RCHO образуется пурпурно-фиолетовый краситель (ф-ла III).



Р-ция очень чувствительна (напр., можно определить 1 мкг формальдегида). В то же время ароматич. гидроксильдегиды, глиоксаль, многие непредельные альдегиды не дают окрашивание. Нек-рые кетоны (напр., ацетон), непредельные соед., неорг. и орг. основания, ряд солей, способных к гидролизу, и все соед., окисляющие сернистую к-ту, приводят к образованию розовой окраски. Поэтому появление светло-розовой окраски нельзя считать положит. пробой на альдегид.

Ш. р. получают пропусканием SO<sub>2</sub> в 0,025%-ный водный р-р фуксина до обесцвечивания. При определении альдегидных групп необходимо предварит. довести кислотность до pH 3 путем добавления в Ш. р. к-ты или буферной смеси. Обычно проводят контрольный опыт. При нагр. р-р фуксинсернистой к-ты может краснеть.

Р-ция, лежащая в основе использования Ш. р., открыта Г. Шиффом в 1864.

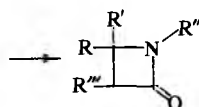
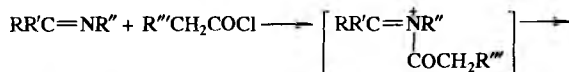
Лит.: Губеи-Вейль, Методы органической химии, пер. с нем., 4 изд., т. 2. Методы анализа, М., 1963, с. 431-32; Идентификация органических соединений, пер. с англ., М., 1983, с. 195-96; Мазор Л, Методы органического анализа, пер. с англ., М., 1986, с. 122-24. Н. К. Куцева.

**ШИФФОВЫ ОСНОВАНИЯ** (азометиновые соединения, основания Шиффа), соед. общей ф-лы RR'C=NR'', где R, R' = H, Alk, Ar; R'' = Alk, Ar. Соед., у к-рых R'' = Ar, наз. также анилами. Маслообразные или кристаллич. в-ва; не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях. Простейшие Ш. о. бесцветны, более сложные окрашены и относятся к классу азометиновых красителей. Слабые основания, pK<sub>a</sub> обычно на 2-3 единицы меньше, чем для исходного амина. ИК спектр имеет характеристич. полосу поглощения в области 1690-1640 см<sup>-1</sup> (группа C=N), для N-бензилиденанилинов — в области 1631-1613 см<sup>-1</sup>.

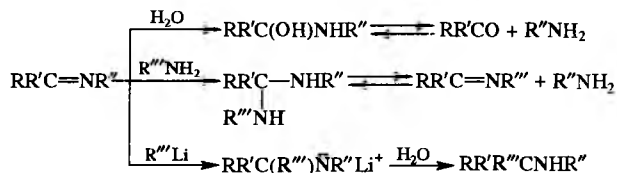
Характерные св-ва Ш. о. связаны с полярностью группы C=N, строение к-рой м. б. описано резонансом структур:



Электроф. реагенты реагируют с Ш. о. по атому N. С сильными к-тами и алкилгалогенидами образуются иминиевые соли (р-цию проводят в безводной среде из-за быстрого гидролиза последних); с хлорангидридами и ангидридами к-т — продукты присоединения, к-рые в присут. триэтиламина превращаются в азетидиноны, напр.:

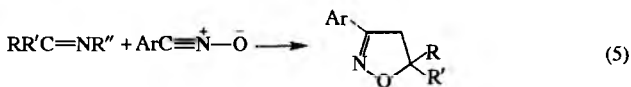
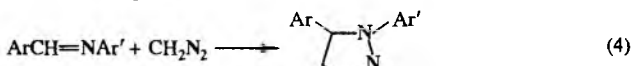
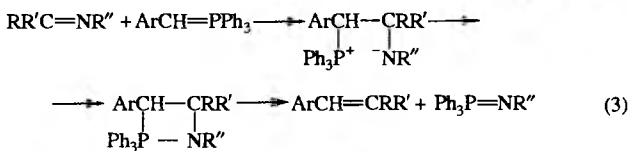
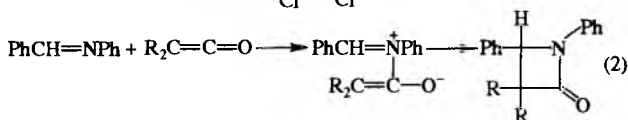
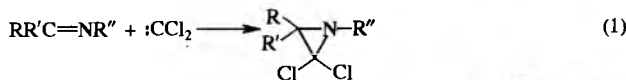


Р-ции с нуклеофилами протекают по атому углерода. В присут. разбавленных к-т Ш. о. гидролизуются до аминов и кетонов; в щелочной среде большинство устойчиво; присоединяют амины (продукты присоединения склонны к переаминированию); с реактивами Гриньяра и литийорг. соед. реагируют аналогично карбонильным соед.; при взаимодействии с HCN и триметилсилилцианидом в условиях Штреккера реакции образуются α-аминокислоты:

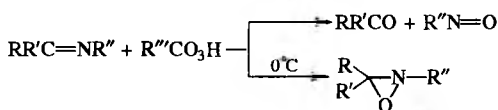


Подобно альдегидам и кетонам Ш. о. вступают в р-ции типа альдольной конденсации с соед., содержащими активную метиленовую группу; эти р-ции лежат в основе Манниха реакции, а также ряда р-ций, приводящих к образованию производных хинолина.

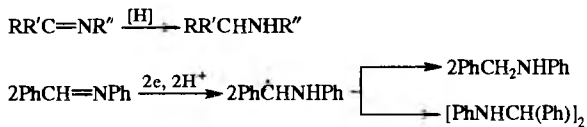
Для Ш. о. характерны р-ции циклоприсоединения с соед., содержащими кратные связи. Так, с карбенами образуются азиридины (р-ция 1), с кетенами – β-лактамы (2), с иламидами фосфора (р-ция протекает по типу р-ции Виттига) – алкены и иминофосфораны (3), с 1,3-диполярными соед. – пятичленные циклоаддукты (4, 5), напр.:



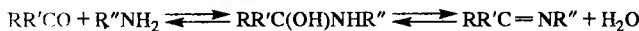
Окисление Ш. о. приводит к карбонильным соед., при низкой т-ре м. б. получены оксазиридины:



Восстанавливаются Ш. о. до соответствующих аминов, при электрохим. восстановлении могут образовываться диамины:

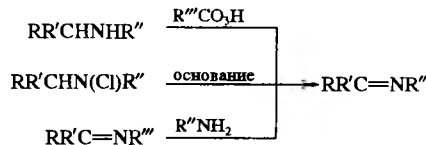


Обычно Ш. о. получают конденсацией первичных аминов с альдегидами и кетонами (оптим. значение pH = 4):



Ш. о., полученные из алифатич. альдегидов и кетонов (напр.,  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHO}$ ), неустойчивы и легко полимеризуются, полимеризация протекает по типу альдольной конденсации.

Ш. о. могут быть получены также окислением вторичных аминов, р-циями элиминирования из разл. субстратов, напр. N-хлораминов, р-цией переаминирования, напр.:

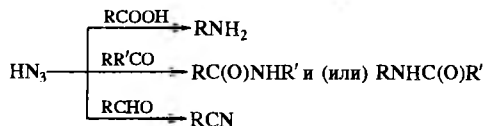


Применяют Ш. о. в орг. синтезе, гл. обр. для получения гетероцич. соед. и вторичных аминов; для защиты альдегидной группы, напр. при циклизации терпенов; в аналит. химии – для идентификации альдегидов и первичных аминов.

См. также Имины, Иминиевые соли.

Лит.: Вейгад К., Хильгетат Г., Методы эксперимента в органической химии, пер. с нем., М., 1968; Дженкс В., Катализ в химии и энзимологии, пер. с англ., М., 1972; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 476-547. Е. Ш. Казан.

**ШМИДТА РЕАКЦИЯ**, взаимод. карбонильных соед. с азотистоводородной к-той  $\text{HN}_3$  в присут. сильных к-т с образованием аминов (из карбоновых к-т), амидов (из кетонов) или нитрилов (из альдегидов):

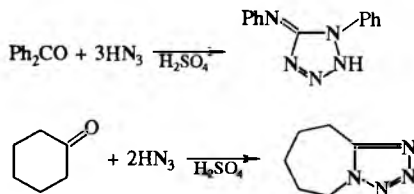


R, R' = Alk, Ar, гетерил

Обычно Ш. р. проводят в среде р-рителя (напр.,  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ), добавляя  $\text{NaN}_3$  или р-р  $\text{HN}_3$  к смеси карбонильного соед. с конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (вместо последней иногда используют  $\text{HCl}$ ,  $\text{CF}_3\text{COOH}$ , к-ты Льюиса и др.). Выходы колеблются в очень широких пределах, в случае гладко реагирующих карбоновых к-т и кетонов приближаясь к количественным.

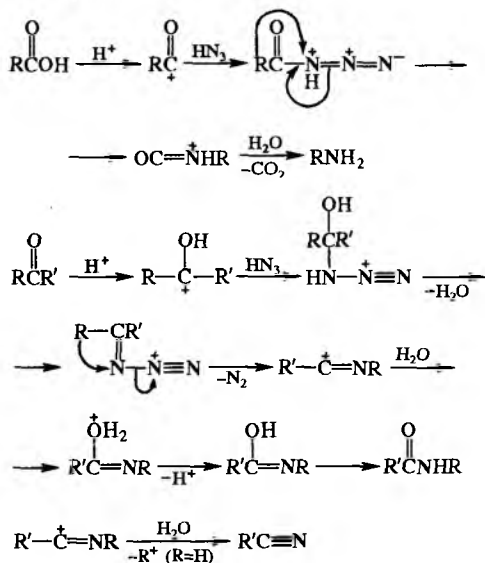
В Ш. р. более активны алифатич. и алициклич. соед., причем альдегиды и кетоны реагируют легче к-т (благодаря этому из кетокислот можно получать продукты р-ции только по кетогруппе). Циклич. кетоны в условиях Ш. р. дают лактамы, алкиларилкетоны – преимущественно N-ариламины. Многие α-замещенные карбоновые к-ты (напр., глицин, α-аланин, гиппуровая, фенилуксусная и др.) в Ш. р. не вступают.

Альдегиды и кетоны в условиях Ш. р. часто образуют в качестве побочных продуктов тетразолы; последние как основной продукт образуются при использовании избытка  $\text{HN}_3$ , напр.:



При проведении р-ции с α-галогенкарбоновыми к-тами в заметной степени идут процессы дегидрогалогенирования.

Считается, что Ш. р. протекает через стадию образования протонированного азида, в случае карбоновых к-т образование последнего предшествует стадия ацильного расщепления:



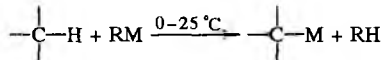
К модификациям Ш. р. относят взаимодей.  $\text{HN}_3$  с нек-рыми производными карбоновых к-т (напр., ангидриды, хлорангидриды, сложные эфиры дают с низкими выходами амины), хинонами (дают ароматич. амины, иногда азиды или азотсодержащие гетероциклы),  $\text{HCN}$ , цианидами, оксимами, амид-оксимами, лактамами, хлорангидридами гидроксамовых к-т, имидохлоридами и имидоэфирами (все дают с хорошими выходами тетразолы). Спирты и алифатич. ненасыщ. соед. дают с  $\text{HN}_3$  основания Шиффа.

Недостаток Ш. р. — необходимость (в большинстве случаев) ее осуществления в сильно кислой среде, что может способствовать протеканию побочных процессов. В то же время Ш. р. имеет преимущества в синтезе аминов перед р-цией Курциуса и перегруппировкой Гофмана (см. Гофмана реакция) благодаря простоте эксперимента и часто более высоким выходам конечных продуктов.

Ш. р. используют в препаративной практике, а также при исследовании структуры сложных орг. соед. Р-ция открыта К. Шмидтом в 1923.

Лит.: Вольф Г., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 3, М., 1951, с. 293–321; Органикум, пер. с нем., т. 2, М., 1979, с. 277–80; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 159–61. Г. И. Дрозд.

**ШОРЫГИНА РЕАКЦИЯ**, металлизирование орг. соед. алкильными производными щелочных металлов:



Реакц. способность  $\text{RM}$  убывает в ряду  $\text{Na} > \text{K} > \text{Li}$ ; на практике обычно используют  $\text{C}_6\text{H}_9\text{Li}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Li}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{Na}$ . Особенно легко в Ш. р. вступают ди- и трифенилметаны, инден, флуорен. Алкилбензолы металлизуются в боковую цепь; заместители  $\text{OR}'$ ,  $\text{SR}'$ ,  $\text{NR}'_2$  способствуют металлизированию в орто-положение; при повышении т-ры могут образовываться биметаллич. производные (второй атом  $\text{M}$  вступает в мета-положение). Гетероциклич. соед. (фуран, тиофен) металлизуются в положение 2.

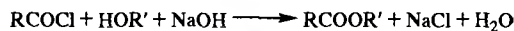
Р-цию обычно начинают при низких т-рах (от 0 до  $-65^\circ\text{C}$ ), затем т-ру постепенно доводят до  $20-100^\circ\text{C}$  и выдерживают продукты при перемешивании от 2–4 ч до неск. суток. В качестве р-рителя используют пентан, петролейный эфир, бензол и др. инертные углеводороды. Конечные продукты выделяют в виде карбоновых к-т (для этого реакц. массу насыщают предварительно  $\text{CO}_2$ ). Выходы достигают максимума (80–90%) при металлизировании алкилароматич. и гетероциклич. соед. и нек-рых олефинов. Основные побочные продукты — полиметаллич. производные и продукты р-ции Вюрца.

Считают, что механизм Ш. р. включает нуклеоф. атаку иона  $\text{R}^-$  или полярной группы  $\text{R}$  на замещаемый атом водорода.

Ш. р. — один из основных методов синтеза металлоорг. соед. щелочных металлов. Открыта П. П. Шорыгиным на примере натрийорг. соединений в 1910.

Лит.: Кочешков К. А., Талалаева Т. В., Синтетические методы в области металлоорганических соединений лития, натрия, калия, рубидия и цезия, М.—Л., 1949; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., М., 1987, т. 2, с. 448.

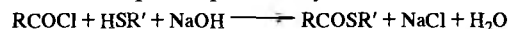
**ШОТТЕНА-БАУМАНА РЕАКЦИЯ**, ацилирование спиртов или аминов хлорангидридами карбоновых к-т в присут. водного р-ра щелочи или соды (акцепторов образующегося  $\text{HCl}$ ):



В качестве акцепторов  $\text{HCl}$  применяют также  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Ацилирующими агентами обычно являются трудногидролизуемые хлорангидриды ароматич. к-т (напр., бензоилхлорид), а также хлорангидриды высших алифатич. к-т ( $\text{C}_{10}-\text{C}_{18}$ ). При ацилировании спиртов выход сложных эфиров повышается с понижением т-ры р-ции за счет снижения гидролиза хлорангидрида и отчасти эфира. Чтобы избежать местных перегревов, хлорангидрид прибавляют небольшими порциями к р-ру спирта в водной щелочи при эффективном перемешивании. Поскольку реакц. среда должна оставаться слабощелочной до конца р-ции, хлорангидрид и щелочь берут с 20–25%-ным избытком. Эти же правила применимы и для ацилирования аминов. Выходы 60–95%.

Ацилирование легкогидролизующимися хлорангидридами ( $\text{SOCl}_2$ ,  $\text{AlkCOCl}$ ) проводят в инертных р-рителях (диэтиловый эфир, хлороформ, бензол) в присут. мелкоизмельченного порошка щелочи или соды.

Аналогично спиртам в р-цию вступают тиолы:

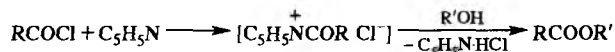


Ш.—Б. р. используют для лаб. и пром. получения разл. сложных эфиров и амидов, напр. бензанилида  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NHCOC}_6\text{H}_5$ , в пром. синтезе ПАВ.

Защиту аминогрупп в аминокислотах при синтезе пептидов также осуществляют в условиях Ш.—Б. р. Р-цию применяют в аналит. практике для идентификации хлорангидридов в виде их ангидридов и аминов в виде бензоильных производных.

Метод впервые применен К. Шоттеном в 1884 для ацилирования аминов и Э. Бауманом в 1886 для ацилирования спиртов.

Модификация Ш.—Б. р. — метод Айнхорна, в к-ром вместо щелочи используют пиридин, служащий одновременно р-рителем и акцептором  $\text{HCl}$ :



Метод находит широкое применение благодаря мягким условиям синтеза и высокой ацилирующей способности пиридиниевой соли. В ряде случаев вместо пиридина используют третичные амины, напр.  $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$  или  $(\text{CH}_3)_2\text{NC}_6\text{H}_5$ .

Лит.: Гринштейн Дж., Виниц М., Химия аминокислот и пептидов, пер. с англ., М., 1965; Вейгауд К., Хильгетаг Г., Методы экспериментов в органической химии, пер. с нем., М., 1969; Вацуро К. В., Мищенко Г. Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976; Солнтаг Н. О., «Chem. Revs.», 1953, v. 52, № 2, p. 238–399. С. К. Смирнов.

**ШПАТЛЁВКИ** (от нем. Spatel — лопаточка) (шпаклёвки), лакокрасочные материалы, предназначенные для выравнивания (шпатлевания) шероховатостей, заделок пазов, выбоин и др. дефектов пов-стей перед окрашиванием. Основа Ш.—синтетич. или прир. пленкообразователи; др. компоненты — наполнители, пигменты и р-рители. По природе пленкообразователя различают Ш.: лаковые (основа — термопластичные или терморезистивные синтетич. смолы и лаки; табл.), масляные (основа — растит. масла, олифы) и клеевые (прир. клеи); по природе р-рителя — водорастворимые (гл. обр. клеевые) и водонерастворимые. В зависимости от вида основы в состав Ш.

могут также входить пластификаторы, отвердители, ускорители полимеризации, диспергаторы, стабилизаторы, ПАВ и др. добавки. Отвердители вводят в Ш. непосредственно перед их нанесением на пов-сть.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЛАКОВЫХ ШПАТЛЕВОК

Шпатлевка	Режим сушки (отверждения)		Рекомендуемая толщина высушенного слоя, мкм	Обрабатываемые поверхности
	т-ра, °С	время, ч		
Алкидная (пентафталевая)	20 ± 2 80 ± 2	24 1	400	Загрунтованные металлич. и деревянные
Модифицированная алкидно-стирольная	20 ± 2	0,25	50	Загрунтованные металлич. и деревянные (исправление мелких дефектов)
Перхлорвиниловая	20 ± 2	2 - 3	150	Загрунтованные металлич. и деревянные; оштукатуренные фасады зданий
Кремнийорганическая*	210 ± 2	3	300	Стеклотекстолит
Полиэфирная	20 ± 2	1	1,5 мм	Незагрунтованные металлич. и неметаллич.
Эпоксидная**	20 ± 2 70 ± 2	24 7	350	Загрунтованные и незагрунтованные металлич. и неметаллич.
Нитроцеллюлозная	20 ± 2	2,5 - 3	120 - 150	Загрунтованные металлич. и деревянные
Мочевинно-формальдегидная (карбамидо-формальдегидная)	100 ± 5	0,5	100	Незагрунтованные древесноволокнистые плиты

\*Наносят только пневмораспылением. \*\*Вводят отвердитель перед нанесением на пов-сть.

В качестве наполнителей в Ш. используют мел, тальк, каолин, барит, асбест и др., в качестве пигментов — цинковые, титановые и свинцовые белила, литопон, охра, сурик, сажу, оксиды Cr и Fe, орг. пигменты и др. (см. *Пигменты*). От грунтовок и красок Ш. отличаются большим содержанием сухого в-ва (до 80% по массе) и высоким соотношением кол-ва наполнителей и пигментов к пленкообразователю (обычно от 5:1 до 12:1).

Получают Ш. диспергированием (перетиром) наполнителей и пигментов в р-ре соответствующего пленкообразователя. Наносят Ш. на пов-сть обычно по грунтовым слоям (см. *Грунтовки*), т. к. из-за меньшего содержания пленкообразователя они обладают слабыми адгезионными св-вами. Нек-рые Ш., напр. на основе эпоксидных и алкидных смол или кремнийорг. лаков, обладают достаточно высокой адгезией к металлу и м. б. нанесены непосредственно на незагрунтованную пов-сть; их наз. грунт-шпатлевками.

Различают местное и сплошное шпатлевание. Ш. в виде паст наносят на пов-сть шпателем (деревянным, металлич., пластмассовым или резиновым). Часто готовую к употреблению Ш. разбавляют р-рителем и наносят наливом или распыляют при помощи краскораспылителя. Толщина покрытий, образующихся при нанесении Ш. (ок. 400 мкм), значительно больше, чем при нанесении лаков и красок, поэтому при работе часто применяют спец. трафаретное устройство, обеспечивающее определенную толщину покрытия. Превышение рекомендуемой толщины приводят к растрескиванию покрытий, что связано с усадкой Ш. при высыхании.

Ш. должны образовывать ровный слой, не содержащий посторонних включений, царапин и видимых дефектов, для чего их обычно наносят в неск. приемов с промежут. сушкой. Сушку или отверждение осуществляют при комнатной или повышенной т-ре, причем всегда первая стадия сушки — осторожное испарение р-рителя при комнатной т-ре. Перед нанесением окрасочных слоев шпатлевоочный слой подвергают сухому или мокрому шлифованию.

Применяют Ш. в машиностроении, стр-ве и быту.

Лит.: Рейбман А. И., Защитные лакокрасочные покрытия, 5 изд., Л., 1982; Лившиц М. Л., Пшнякаковский Б. И., Лакокрасочные материалы, М., 1982; Ермилов П. И., Индейкин Е. А., Толмачев И. А., Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы, Л., 1987.

Н. Б. Гурова.

**ШПИНЕЛИ** (от нем. Spinell, уменьшит. от лат. spina — шип, терновник; по форме кристаллов), минералы класса сложных оксидов общей ф-лы  $AM_2O_4$ , где А —  $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ; М —  $Al^{3+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $V^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ . Ш. — системы твердых р-ров с широким изоморфизмом катионов А и М; в пределах каждого изоморфного ряда смешимость минералов полная, между членами разл. рядов ограниченная. В зависимости от содержания преобладающего катиона М различают группы: алюмошпинели, ферришпинели, хромошпинели, титаношпинели, ванадишпинели (табл.).

## СВОЙСТВА ПРИРОДНЫХ ШПИНЕЛЕЙ

Минеральный вид	Формула	Параметр кристаллич. решетки, нм	Плотн., г/см <sup>3</sup>	$n_D$	Расположение катионов
Алюмошпинели					
Шпинель	$MgAl_2O_4$	0,8084	3,55	1,719	Н
Ганнит	$ZnAl_2O_4$	0,8107	4,62	1,805	Н
Галаксит	$(Mn, Fe)Al_2O_4$	0,8181	4,04	1,920	Н
Герцинит	$FeAl_2O_4$	0,8153	4,40	1,835	Н
Ферришпинели					
Магнезиоферрит	$MgFe_2O_4$	0,8391	4,52	2,38	ОБ
Франклинит	$(Zn, Mn)Fe_2O_4$	0,8420	4,34	2,36	Н
Якобит	$MnFe_2O_4$	0,8510	4,87	2,3	ОБ
Магнетит	$FeFe_2O_4$	0,8397	5,20	2,42	ОБ
Треворит	$NiFe_2O_4$	0,8430	5,20	2,3	ОБ
Хромошпинели					
Хромит	$FeCr_2O_4$	0,8381	5,09	2,16	Н
Магнохромит	$(Mg, Fe)Cr_2O_4$	0,8307	4,43	2,00	Н
Хромпикотит	$(Mg, Fe)(Cr, Al)_2O_4$	0,8232	4,13	1,892	Н
Титаношпинель					
Ульвешпинель	$Fe_2TiO_4$	0,8530	4,78	—	ОБ
Ванадошпинель					
Кульсонит	$FeV_2O_4$	0,8297	5,15	—	Н

Ш. кристаллизуются в кубич. сингонии, образуя гл. обр. октаэдрич. кристаллы. Элементарная ячейка включает 32 аниона O, к-рые образуют плотнейшую кубич. упаковку с 64 тетраэдрич. (катионы занимают 8) и 32 октаэдрич. (занимают 16) пустотами. По характеру распределения катионов в тетраэдрич. позициях выделяют Ш.: нормальные (Н; 8 тетраэдров занято катионами  $A^{2+}$ , 16 октаэдров — катионами  $M^{3+}$ ); обращенные (ОБ; 8 тетраэдров занято  $M^{3+}$ , 16 октаэдров —  $8A^{2+}$  и  $8M^{3+}$ , причем катионы  $A^{2+}$  и  $M^{3+}$  в октаэдрич. пустотах могут распределяться как статистически, так и упорядоченно); промежуточные.

Цвет Ш. определяется степенью окисления основных катионов и наличием примесей. По окраске и составу выделяют разновидности: благородная Ш. (балэ-рубин, или рубицелл) — рубиново- и огненно-красная до сиренево-розовой (хромифер  $Cr^{3+}$ ); сапфировая Ш. — голубая до синей (до 3,5% FeO); хлорошпинель — травяно- и оливково-зеленая ( $Fe^{3+}$ ); плеонаст, или цейлонит, — непрозрачная черно-зеленая до черной (до 15% FeO); цинксодержащая ганношпинель — голубовато-зеленая, темно-синяя, фиолетовая; пикотит — высокохромистая Ш., непрозрачная черно-зеленая до черной; примеси хромофоров обуславливают также оранжевую, красновато-бурую и коричневую окраски.

Все минералы отличаются высокой твердостью (5–8 по минералогич. шкале), термич. и хим. стойкостью. Большинство Ш. раств. в конц. к-тах и все раств. в р-рах  $KHSO_4$  и

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Ш.— гл. носители магн. св-в горных пород; нормальные Ш. имеют низкую электропроводность, обращенные — высокую. Плотн., параметры кристаллич. решетки и др. св-ва Ш. зависят от состава и распределения катионов.

Для Ш. характерны высокотемпературные условия образования; они устойчивы к выветриванию, образуют россыпи. В природе Ш. часто встречаются в виде аксессуарных минералов (входят в состав горных пород в кол-вах менее 1% по массе). Крупные пром. скопления образуют только ферришпинели и хромшпинели — важные руды для получения Cr, выплавки Fe и попутного извлечения V; благородная Ш.— драгоценный камень (россыпи в Мьянме и Шри-Ланке). Многие минералы применяют также в качестве катализаторов хим.-технол. процессов (напр., в синтезе этиленоксида), в произ-вах керамики, огнеупоров, термостойких красок.

Известно большое число синтетич. Ш. (получают сплавлением или спесением соответствующих оксидов при 1400–1920 °С, а также нагреванием Al- и Mg-содержащих минералов, напр. мусковита), в к-рых, кроме катионов, характерных для прир. минералов, могут содержаться ионы Ca, Li, Cd, Cu, W, Ga, Ge, Ag, Sb, Nb, In. Как разновидность ферритов эти Ш. лежат в основе разнообразных магн. материалов и диэлектриков, используемых для изготовления элементов запоминающих устройств ЭВМ.

Лит.: Энциклопедия неорганических материалов, т. 2, К., 1977, с. 750–51; Горная энциклопедия, т. 5, М., 1991, с. 435. Л. Ф. Борсенко.

**ШПРИЦЕВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ**, см. *Полимерных материалов переработка*.

**ШРЁДЕРА УРАВНЕНИЕ**, см. *Растворимость*.

**ШРЁДИНГЕРА УРАВНЕНИЕ**, см. *Квантовая механика*.

**ШТАРКА ЭФФЕКТ**, изменение уровней энергии атомов и молекул во внешнем по отношению к рассматриваемой системе электрич. поле. Проявляется в сдвигах и расщеплении спектральных линий. Во внешнем однородном электрич. поле напряженности *E* к гамилтониану свободного атома или молекулы добавляется поправка  $-d \cdot E$ , где *d* — оператор дипольного момента системы. Если поправки к энергии и волновой ф-ции, обусловленные этим членом, малы, то их можно рассматривать методами *возмущений теории*. В таком случае сдвиг и расщепление уровней меняются либо линейно в зависимости от *E*, что определяется 1-м порядком теории возмущений, либо, когда поправка первого порядка обращается в нуль, — квадратично (2-й порядок теории возмущений).

Для атома водорода Ш. э. линейен, причем каждый уровень *s* с главным квантовым числом *n* расщепляется на  $2n - 1$  т. наз. штарковских подуровней. Для многоэлектронных атомов, где вырождение уровней с одним и тем же *n*, но разными орбитальными квантовыми числами *l* снято за счет межэлектронного взаимодействия, Ш. э. пропорционален квадрату напряженности *E*.

У молекул наиб. изучены проявления Ш. э. во *вращательных спектрах*. Для молекул типа симметричного волчка, имеющих постоянные дипольные моменты, Ш. э. линейен: изменение энергии пропорционально *E* и дипольному моменту молекулы *d*. Для линейных молекул и молекул типа асимметричного волчка Ш. э. квадратичен по напряженности поля и по дипольному моменту. Линейный Ш. э. при величинах напряженности 1000 В/см и дипольного момента 1Д ( $3,3 \cdot 10^{-30}$  Кл·м) приводит к расщеплениям, обычно не превосходящим 1000/л МГц, где *l* — вращат. квантовое число. Квадратичный Ш. э. зависит также от частоты перехода: при тех же величинах напряженности и дипольного момента и при частоте перехода 25 000 МГц смещение частот по сравнению с их положением в отсутствие поля составляет величины порядка 100/л<sup>2</sup> МГц.

Ш. э. в микроволновых спектрах является основой метода определения дипольных моментов молекул, отличающегося высокой точностью, в т. ч. для молекул с малыми дипольными моментами. Этот метод пригоден для установления не только величин, но и направлений дипольного момента асимметричных волчков, поскольку он позволяет определить составляющие дипольного момента по главным осям инерции молекулы.

Кроме расщепления линий в микроволновых спектрах переходы между штарковскими подуровнями можно наблюдать непосредственно в методе электрич. резонанса в мол. пучках. Для неполярных молекул Ш. э. возникает как следствие взаимодействия с индуцированными им дипольными моментами; он также квадратичен по напряженности поля. Этот эффект позволяет определять анизотропию *поляризуемости* молекул.

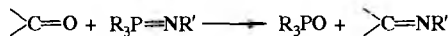
Влияние кристаллич. поля как поля точечных зарядов или диполей, окружающих центр. ион в координац. соед. или кристаллах, есть также проявление Ш. э., обусловленного неоднородным полем, создаваемым этим окружением. *Кристаллического поля теория*, описывающая эффекты расщепления *d*- или *f*-уровней центр. атома или иона, представляет собой теорию Ш. э. в электрич. полях, создаваемых лигандами.

Ш. э. проявляется и в переменных электрич. полях, в частности он используется для модуляции частот и усиления интенсивности переходов в микроволновой спектроскопии.

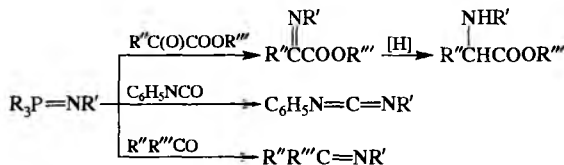
Эффект открыт И. Штарком в 1913.

Лит.: Таунс Ч., Шавлов А., Радиоспектроскопия, пер. с англ., М., 1959; Ельяшев вич М. А., Атомная и молекулярная спектроскопия, М., 1962. Н. Ф. Степанов.

**ШТАУДИНГЕРА РЕАКЦИИ**, 1) синтез иминов в-з-мод. карбонильных соед. с иминофосфоранами (иминирование);



В р-цию вступают альдегиды, кетоны, изоцианаты, кетены, CO<sub>2</sub> и др., напр.:



В качестве иминофосфоранов обычно используют соед. с R, R' = Alk, Ar. При в-з-мод. R<sub>3</sub>P = NNH<sub>2</sub> с кетонами образуются гидразоны; ароматич. альдегиды и иминофосфораны типа Ar<sub>3</sub>P = NAr<sub>3</sub> дают азины ArCH = NN = CHAr.

Наряду с иминотриорганилфосфоранами в р-цию вступают иминофосфораны общей ф-лы X<sub>3</sub>P = NR (X = OR, Hal) и фосфазины R<sub>3</sub>P = NN = CR<sub>2</sub>.

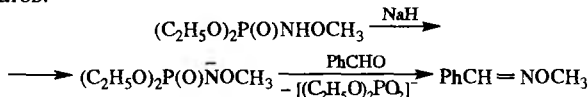
Наиб. легко в Ш. р. вступают карбонильные соед. с кумулир. двойными связями (изоцианаты, кетены); альдегиды и кетоны вступают в р-цию лишь в жестких условиях (напр., смесь бензофенона и PhN = PPh<sub>3</sub> выдерживают 40 ч при 150 °С).

Ш. р. обычно проводят в орг. р-рителе (напр., ТГФ, бензоле, диэтиловом эфире) или в его отсутствие. Смесь выдерживают при комнатной т-ре или нагревают в течение неск. часов или суток. Выходы обычно высокие.

Считают, что Ш. р. осуществляется с образованием на промежут. стадии бетаина R<sub>3</sub>P<sup>+</sup>NR'C(O)<sup>-</sup>R''R''' или четырехчленного циклич. аддукта ф-лы I. Такой механизм во многом аналогичен механизму *Виттига реакции*.

В условиях Ш. р. с иминофосфоранами реагируют также тиокарбонильные соед. (напр., тиокетоны, CS<sub>2</sub>, изотиоцианаты) и SO<sub>2</sub>.

В р-цию, подобную Ш. р., вступают анионы амидофосфатов:



Ш. р. используют в лаб. практике, в т. ч. для синтеза аминокислот [восстановлением RC(=NR')COOR]. Открыта Г. Штаудингером и И. Мейером в 1919.



Лит.: Фосфоросоединения, К., 1965, с. 204-07; Trippett S., «Quart. Rev.», 1963, v. 17, № 3, p. 406-40; Appel P., Siegemund G., «Z. anorg. allg. Chem.», 1968, Bd 363, S. 183-90.

2) Получение иминофосфоранов действием азидов на третиные фосфины:



R = Alk, Ar; R' = H, Alk, Ar, Ac, глюкозил и др.

Алифатич. азиды менее активны, чем ароматич. и ацилазиды; в целом скорость р-ции возрастает с увеличением электроотрицательности R'. В арилазидах электронодонорные заместители в пара-положении замедляют, а электроноакцепторные – ускоряют р-цию [напр., *n*-(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>N<sub>3</sub> реагирует с Ph<sub>3</sub>P в 23 раза медленнее, чем *n*-O<sub>2</sub>NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>N<sub>3</sub>]; триалкилфосфины и фосфины ф-лы Alk<sub>n</sub>PAg<sub>3-n</sub> (n = 1, 2) активнее реагируют с азидами, чем Ag<sub>3</sub>P. В р-ции фосфинов с CF<sub>3</sub>N<sub>3</sub> образующиеся иминофосфораны R<sub>3</sub>P=NCF<sub>3</sub> быстро превращаются в дифторфосфораны R<sub>3</sub>PF<sub>2</sub>.

Обычно р-цию проводят в орг. р-рителе (напр., диэтиловом эфире, бензоле) при 0–50 °С. Окончание р-ции фиксируют по прекращению выделения N<sub>2</sub>. Выходы высокие (во мн. случаях близки к количественному).

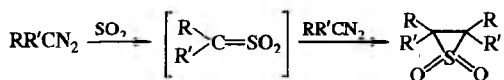
Установлено, что Ш. р. протекает с промежут. образованием продукта присоединения азиды к фосфину (в ряде случаев такие аддукты удается выделить). Причем вначале образуются продукты, имеющие строение R<sub>3</sub>P=NN=NR' или R<sub>3</sub>PN=N–NR'.

В р-цию, подобную Ш. р., с азидами вступают также фосфиты (RO)<sub>3</sub>P, фосфониты RP(OR)<sub>2</sub>, хлорфосфины R<sub>2</sub>PCl и нек-рые др. соед. трехкоординат. атома Р. Однако PH<sub>3</sub>, PCl<sub>3</sub>, PhPCl<sub>2</sub> в обычных условиях с органическими азидами не реагируют.

Р-цию используют в лаб. практике, открыта Г. Штаудингером и И. Мейером в 1919.

Лит.: Фосфоросоединения, К., 1965, с. 100, 177-79; Leffler J., Temple R., «J. Amer. Chem. Soc.», 1967, v. 89, p. 5235-46.

3) Получение эписульфонов (тираноксидов) действием SO<sub>2</sub> на алифатич. диазосоединения (наз. также р-цией Штаудингера–Пфеннингера):

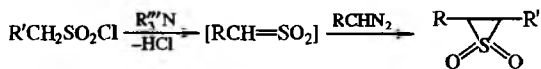


R=H, Alk, Ph; R'=H, CH<sub>3</sub>, Ph, *n*-BrC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, *n*-CH<sub>3</sub>OC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>

В р-ции образуется смесь *цис*- и *транс*-изомеров, причем кол-во *цис*-изомера увеличивается с ростом полярности р-рителя.

Р-цию проводят в среде диэтилового эфира, гексана или CS<sub>2</sub> при охлаждении (до –40 °С). Выходы составляют 25–80%. Осн. побочные продукты – кетазины или 1,3,4-тиадиазолидиндиоксиды; возможно также образование олефинов в результате отщепления SO<sub>2</sub> от эписульфона при повышенных т-рах.

Несимметричные эписульфоны получают взаимод. диазоалканов с сульфохлоридами в присут. оснований:



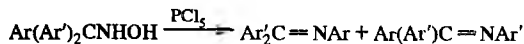
Считают, что в обеих р-циях на промежут. стадии образуется высокореакционноспособный сульфен  $\text{>C=SO}_2$ , к-рый связывается с диазоалканом с отщеплением N<sub>2</sub>.

Р-цию используют в лаб. практике, открыта Г. Штаудингером и Ф. Пфеннингером в 1916.

Лит.: Inhoffen H. [u. a.], «Annalen», 1966, № 694, S. 19-30; Fischer N., «Synthesis», 1970, № 8, p. 393-404. Г. И. Дрозд.

**ШТИГЛИЦА РЕАКЦИЯ** (перегруппировка Штиглица), превращение триарилметилгидроксиламинов в анилы (ими-

ны, у к-рых с атомом N связан Ar) под действием пентахлорида фосфора

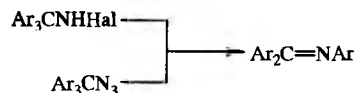


Гидроксиламины могут содержать в качестве заместителей в ароматич. ядре Alk, Alk<sub>2</sub>N, AlkO, Hal и NO<sub>2</sub>. Электронодонорные заместители облегчают Ш. р. Способность арила к миграции уменьшается в ряду: R<sub>2</sub>NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> > ROC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> > > RC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> > O<sub>2</sub>NC<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (заместители в пара-положении).

Обычно смесь гидроксиламина и PCl<sub>5</sub> в инертном орг. р-рителе (напр., эфире или бензоле) выдерживают 1–2 ч при комнатной т-ре и затем ок. 1 ч при кипячении. Выходы, как правило, высокие.

Механизм Ш. р. не изучен. Предполагают, что на начальной стадии образуется эфир Ar(Ar')<sub>2</sub>CNHOPCl<sub>4</sub>, к-рый в результате синхронных процессов миграции связей и выброса уходящей группы (возможно, HOPCl<sub>4</sub>) дает в итоге анилы, POCl<sub>3</sub> и HCl.

Аналогичную перегруппировку претерпевают тритил-N-галогенамины под действием оснований, а также тритилазиды при нагр. (механизм последней р-ции сходен с механизмом перегруппировки Курциуса; см. Курциуса реакция):

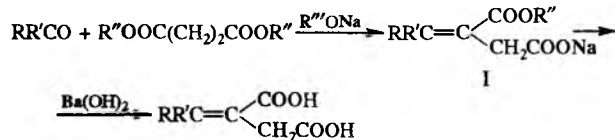


Иногда эти две р-ции также наз. Ш. р.

Ш. р. используют в препаративной практике, открыта И. Штиглицом в 1913.

Лит.: Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 163-64; Mayo P. (ed.), Molecular rearrangement, N. Y. – L., 1963, p. 479; Kovacic P. [a. o.], «Chem. Rev.», 1970, v. 70, № 6, p. 664. Г. И. Дрозд.

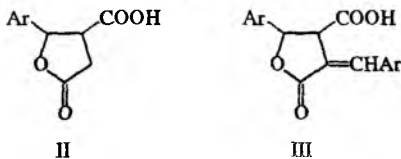
**ШТОбБЕ КОНДЕНСАЦИЯ**, взаимод. альдегидов или кетонов с эфирами янтарной к-ты (сукцинатами) в присут. оснований с образованием алкилиденянтарных к-т:



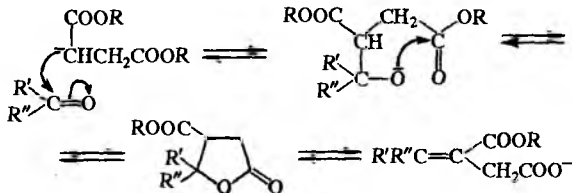
В р-цию вступают алифатич. и ароматич. альдегиды и кетоны, алициклич. кетоны, α,β-ненасыщ. альдегиды, дикетоны, кетозефиры. В качестве конденсир. ср-в обычно применяют C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa, *трет*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OK и NaH, реже – CH<sub>3</sub>ONa, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OK, Na, Ph<sub>3</sub>CNa.

Обычно смесь кетона или альдегида, диалкилсукцината и алкоголята Na в эфире выдерживают неск. суток при т-ре от –15 до 25 °С и кратковременно нагревают смесь до кипения (иногда с целью сокращения времени проведения р-ции и снижения выхода побочных продуктов, в качестве р-рителя используют спирт, напр. этиловый, и нагревание смеси начинают сразу после ее приготовления). Продукты р-ции гидролизуют, затем подкисляют и выделяют моноэфир алкилиденянтарной к-ты (ф-ла I). Для омыления второй эфирной группы моноэфир обрабатывают Ba(OH)<sub>2</sub> или NaOH. Выходы обычно составляют 40–90%; как правило, лучшие результаты удается достичь при использовании диметилсукцината и *трет*-бутилата Na в *трет*-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH.

Осн. побочные процессы – восстановление кетонов в спирты, Клайзена конденсация, Канничаро реакция, альдольная конденсация, образование (преимущественно в мягких условиях) диалкилиденянтарных (фульгеновых) к-т. Ароматич. альдегиды ArCHO иногда дают значит. кол-ва производных параконовой к-ты (ф-лы II и III). Кетоны, имеющие один и более атомов Н при α-атоме С обычно на первой стадии Ш. к. дают алкилиденянтарные эфиры R'CH=C(R)CH(COOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)CH<sub>2</sub>COOH.



Механизм р-ции включает взаимод. диалкилсукцината с анионом RO<sup>-</sup> с образованием соответствующего карбаниона. Последний атакует атом С карбонильной группы альдегида или кетона с образованием нового аниона, стабилизирующегося в результате образования циклич. структуры лактона (его можно выделить), к-рый подвергается гидролизу:



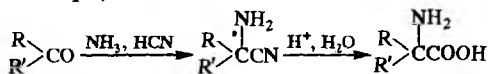
В конденсацию, аналогичную Ш.к., вступает также ди-*трет*-бутиловый эфир глутаровой к-ты. Соответствующие бензильденные производные образуются при конденсации PhCHO с эфирами β-бензоилпропионой, 1,2,3-пропантрикарбонной (трикарбаллиловой), β-(3,4-диметоксibenzoил)-пропионой (β-вератроилпропионой) и тиодигликолевой к-т.

Ш.к. используют в синтезе ненасыщ. и насыщ. (продукты гидрирования первых) замещенных производных янтарной к-ты (лактонов, инданонов, тетралонов, полициклич. ароматич. соед., родственных стероидам).

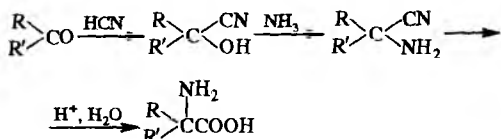
Р-ция открыта Г. Штроббе в 1893.

Лит.: Джонсон У., Доб Г., в сб. *Органические реакции*, пер. с англ., сб. 6, М., 1953, с. 7; Martelli J. [а. о.], «Tetrahedron», 1974, № 17, р. 3063. Г. И. Дрозд.

**ШТРЕККЕРА РЕАКЦИИ**, 1) получение α-аминокислот из альдегидов или кетонов действием NH<sub>3</sub> и HCN с послед. гидролизом образующихся α-аминитрилов (т. наз. синтез Штреккера):



В р-цию вступают алифатич., алициклич. и ароматич. альдегиды и кетоны. Если вместо NH<sub>3</sub> использовать первичные или вторичные амины, то образуются N-замещенные α-аминокислоты. Ш. р. осуществляют последоват. смешением исходных реагентов (к карбонильному соед. добавляют NH<sub>3</sub>, а затем HCN – классич. вариант Ш. р.), введением всех трех реагентов в р-цию одновременно или превращением карбонильного соед. на первой стадии в циангидрин; иногда последний вариант наз. модификацией Тимана;

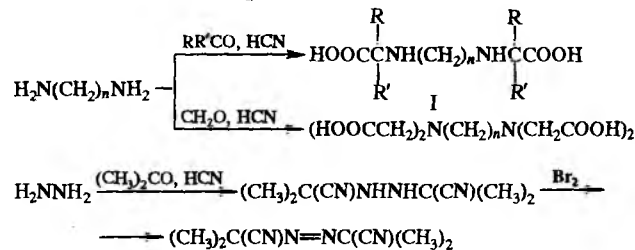


Вместо HCN используют также NaCN в фосфатном буферном р-ре, (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>SiCN в присут. катализаторов (AlCl<sub>3</sub>, ZnI<sub>2</sub>), смесь MCN (M = Na, K) с NH<sub>4</sub>Cl (*Зелинского-Стадникова реакция*).

Карбонильные соед. могут вводиться в Ш. р. в виде бисульфитного производного; в нек-рых случаях α-диалкиламинитрилы можно получать с высоким выходом действием HCN или водного р-ра NaCN на соли иминов.

Получение α-аминитрила обычно ведут при умеренной т-ре (20–50 °С) в р-рителе [в случае использования HCN или (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>SiCN – в диэтиловом эфире или бензоле; при применении др. цианидов – в воде]. Нагреванием с соляной к-той α-аминитрил превращается в α-аминокислоту. Выходы достигают 70–80%. Осн. побочные продукты – олигомеры.

Из алкилендиаминов в условиях Ш. р. образуются соед. ф-лы I или алкилендиаминотетрауксусные к-ты, из гидразина получают азосед., напр.:

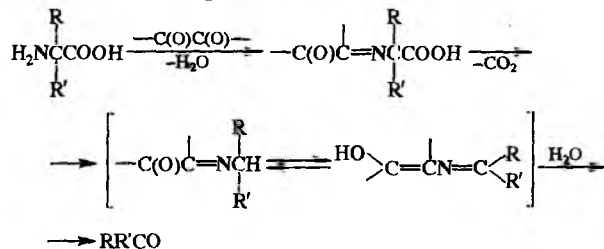


Предполагают, что в Ш. р. на промежут. стадии образуются азометины, присоединение к к-рым HCN приводит к α-аминитрилам.

Ш. р. используют в пром-сти и лаб. практике для получения метионина, аланина, валина и др. Р-ция открыта А. Штреккером в 1850.

Лит.: Марч Дж., *Органическая химия*, пер. с англ., т. 3, М., 1987, с. 410–11.

2) Превращение α-аминокислот в альдегиды или кетоны под действием α-дикарбонильных соед. (в т. ч. циклических):



Образующиеся альдегид или кетон содержат на один атом С меньше, чем исходная α-аминокислота.

Р-цию проводят в р-рителе (напр., в водном глицерине) при умеренном нагревании или без р-рителя при 180–220 °С. Выходы альдегидов или кетонов ок. 60%.

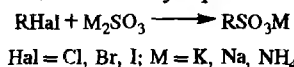
Осн. побочный процесс – олигоконденсация карбонильных и аминосоединений.

α-Аминокислоты м.б. также превращены в альдегиды или кетоны под действием окислителей (O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Ag<sub>2</sub>O, персульфатов, N-бромсукцинимиды, надкислоты и др.).

Ш. р. используют в лаб. практике, она открыта А. Штреккером в 1862.

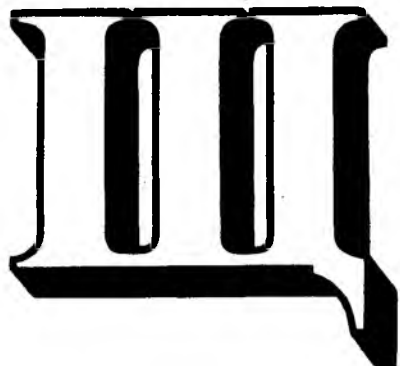
Лит.: *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 243–44.

3) Получение солей алифатич. сульфокислот взаимод. алкилгалогенидов с щелочными сульфитами



В р-цию вступают первичные и вторичные алкилгалогениды, галогензамещ. к-ты, спирты и кетоны; третичные алкилгалогениды дают в осн. олефины. Наиб. легко реагируют первичные алкилоиды и алкилбромиды. Р-цию проводят в р-рителе (напр., H<sub>2</sub>O, CH<sub>3</sub>OH) при нагр. Выходы первичных алкилсульфокислот 70–90%, вторичных – 20–25%. Осн. побочные продукты – олефины и продукты их дальнейших превращений. Р-ция открыта в 1868.

Лит.: Джильберт Э., *Сульфирование органических соединений*, пер. с англ., М., 1969, с. 129–36. Г. И. Дрозд.



**ЩАВЕЛЕВАЯ КИСЛОТА** (этандионая к-та)  $\text{HOOC}-\text{COOH}$ , мол. м. 90,04; бесцв. гигроскопичные кристаллы; существует в двух модификациях:  $\alpha$ -форма, решетка ромбич. бипирамидальная ( $a = 0,646$  нм,  $b = 0,779$  нм,  $c = 0,602$  нм,  $z = 4$ ; пространств. группа  $Pbca$ );  $\beta$ -форма, решетка моноклинная ( $a = 0,530$  нм,  $b = 0,609$  нм,  $c = 0,551$  нм;  $\beta = 115,5^\circ$ ;  $z = 2$ ; пространств. группа  $P2_1/c$ ); т. пл.  $189,5^\circ\text{C}$ ; возгоняется при  $125^\circ\text{C}$ ;  $\mu$   $0,1 \cdot 10^{-30}$  Кл·м (диоксан);  $S_p^0$  108,8 Дж/(моль·град);  $\Delta H_{\text{возг}}^0$  90,58 кДж/моль;  $\Delta H_{\text{гор}}^0$  -251,4 кДж/моль;  $\Delta H_{\text{ср}}^0$  -817,38 кДж/моль;  $K_1$   $5,36 \cdot 10^{-2}$ ,  $K_2$   $5,42 \cdot 10^{-5}$  (вода,  $25^\circ\text{C}$ ). Р-римость (г в 100 мл р-рителя): вода 6,6 ( $\Delta H$  растворения  $-9,58$  кДж/моль), этанол 33,7, диэтиловый эфир 16,9. Образует дигидрат, бесцв. моноклинные кристаллы (параметры решетки:  $a = 0,612$  нм,  $b = 0,361$  нм,  $c = 1,203$  нм;  $\beta = 106,2^\circ$ ;  $z = 2$ ; пространств. группа  $P2_1/n$ ), т. пл.  $101,5^\circ\text{C}$ ; плотн.  $1,653$  г/см<sup>3</sup>; р-римость (г в 100 мл р-рителя): вода 9,5 ( $15^\circ\text{C}$ ), 120 ( $90^\circ\text{C}$ ), этанол 23,7 ( $15^\circ\text{C}$ ), диэтиловый эфир 1,37 ( $20^\circ\text{C}$ ); не раств. в хлороформе, петролейном эфире и бензоле.

Щ. к. обладает хим. св-вами, характерными для карбоновых кислот, образуя два ряда производных. Соли и эфиры Щ. к. наз. оксалатами. Известны молекулярные соед. Щ. к. с кислотными оксалатами, напр. т. наз. кислотная соль  $\text{KHC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , и комплексные соед. оксалатов с переходными металлами, напр.  $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$ . Щ. к. образует кислые и средние эфиры, амиды, хлорангидрид, нитрил – циан (табл.).

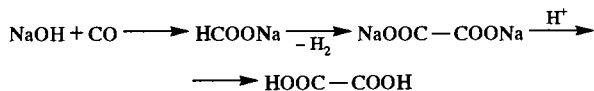
#### СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЩАВЕЛЕВОЙ КИСЛОТЫ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
Диметилоксалат ( $\text{COOCH}_3$ ) <sub>2</sub>	118,088	54	163,5	1,148 <sup>a</sup>	—
Диэтилоксалат ( $\text{COOC}_2\text{H}_5$ ) <sub>2</sub>	146,14	-40,6	185,4	1,0785	1,4104
Дибутилоксалат ( $\text{COOC}_4\text{H}_9$ ) <sub>2</sub>	202,24	-29,6	245,5	0,9873	1,424
Оксалилхлорид ( $\text{COCl}$ ) <sub>2</sub>	126,93	-12	64	1,43	1,434 <sup>b</sup>
Оксамид ( $\text{CONH}_2$ ) <sub>2</sub>	88,072	419	—	—	—
Циан (дипиан) ( $\text{CN}$ ) <sub>2</sub>	52,035	-27,83	-21,15	0,9577 <sup>a</sup>	—

<sup>a</sup>При  $54^\circ\text{C}$ , <sup>b</sup>при  $12,9^\circ\text{C}$ , \*при  $-26,89^\circ\text{C}$ .

Щ. к. содержится в щавеле в виде оксалата калия.

В пром-сти Щ. к. получают окислением углеводов, спиртов или гликолей смесью  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в присут.  $\text{V}_2\text{O}_5$ , либо окислением этилена или ацетиленов  $\text{HNO}_3$  в присут.  $\text{PdCl}_2$  или  $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$ , а также окислением пропилена жидкой  $\text{NO}_2$ . Перспективен способ получения Щ. к. из  $\text{CO}$  через формилат  $\text{Na}$ :



Щ. к. и ее соли применяют в текстильной и кожевенной пром-сти в качестве протравы, как компонент анодных ванн для осаждения пленок  $\text{Al}$ ,  $\text{Ti}$  и  $\text{Sn}$ , как реагент в аналит. и орг. химии, компонент составов для очистки металлов от ржавчины и оксидов, для осаждения РЗЭ. Оксамид – стабилизатор нитратов целлюлозы, циан – реагент в орг. синтезе, оксалилхлорид – хлорирующий (для замены  $\text{OH}$  на  $\text{Cl}$ ), хлоркарбонилирующий и сшивающий агент в орг. синтезе. Диалкилоксалаты, гл. обр. диэтилоксалат и дибутилоксалат, применяют в качестве р-рителей целлюлозы и нитроцеллюлозы, нек-рые эфиры Щ. к. и замещенных фенолов – в качестве хемилюминесцентных реагентов.

Щ. к. и ее соли токсичны, ПДК в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,2 мг/л.

Лит.: Фрейдлин Г.Н., Аллифатические дикарбоновые кислоты, М., 1978; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 16, N. Y., 1981, p. 618–36.

С. К. Смирнов, О. А. Антонкина.

**ЩЕЛОЧИ**, растворимые в воде сильные основания, создающие в водном р-ре большую концентрацию ионов  $\text{OH}^-$ . Обычно к Щ. относят гидроксиды щелочных и щел.-зем. металлов. Бесцв. кристаллы. Гидроксиды щелочных металлов – едкие и ещелочи – хорошо раств. в воде (хуже –  $\text{LiOH}$ ), гидроксиды щел.-зем. металлов – плохо. Сила оснований и р-римость в воде в каждой группе периодич. системы возрастают сверху вниз с увеличением радиуса катиона. Едкие Щ. раств. также в этаноле и метаноле. Едкие Щ. (за исключением  $\text{LiOH}$ ) термически устойчивы до т-ры выше  $1000^\circ\text{C}$ , гидроксиды щел.-зем. металлов и  $\text{LiOH}$  разлагаются при более низких т-рах.

Щ. жадно поглощают из воздуха воду,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{NO}_2$ . Если не принимать мер предосторожности, они всегда будут содержать кристаллизационную воду, смесь карбоната, сульфата, сульфида, нитрата и нитрида. Для обезвоживания Щ. нагревают в атмосфере, свободной от  $\text{CO}_2$ , едкие Щ. освобождают от примеси карбоната перекристаллизацией из этанола. Водные р-ры едких Щ. разрушают стекло, расплавляют фарфор и платину. Плавят едкие Щ. в сосудах из серебра, никеля или железа, хранят в полиэтиленовых сосудах. Р-ры едких Щ. нельзя долго хранить в стеклянных сосудах с пришлифованными стеклянными пробками и кранами, к-рые прилипают к шлифу вследствие взаимод. Щ. со стеклом.

Получают: едкие Щ. – электролизом хлоридов щелочных металлов, обменными р-циями между солями щелочных металлов и гидроксидами щел.-зем. металлов; действием воды на оксиды щел.-зем. металлов. Определяют Щ. с помощью кислотно-основных индикаторов.

Твердые Щ. и их конц. р-ры разрушают живые ткани, особенно опасно попадание частиц твердой Щ. в глаза.

К Щ. иногда относят соли сильных оснований и слабых к-т, водные р-ры к-рых имеют щелочную р-цию, напр. гидросульфиды  $\text{NaSH}$  и  $\text{KSH}$ , карбонаты  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а также  $\text{TiOH}$ , аммиачную воду.

См. также Бария гидроксид, Калия гидроксид, Кальция гидроксид, Натрия гидроксид и др.

Лит.: Степин Б.Д., Цветков А.А., Неорганическая химия, М., 1994. С. И. Дракин.

**ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ:** кальций  $\text{Ca}$ , стронций  $\text{Sr}$ , барий  $\text{Ba}$ , радий  $\text{Ra}$ ; металлы. Название сохранилось со времен алхимиков, оксиды Щ. э. по хим. св-вам напоминают оксиды щелочных металлов и «землю» – оксид  $\text{Al}$ , входящий в состав глин. Щ. э. имеют серебристый металлический блеск, кристаллизуются в кубич. решетке, для  $\text{Ca}$ ,  $\text{Sr}$  и  $\text{Ba}$  характерен полиморфизм. На воздухе Щ. э. покрываются голубовато-серой пленкой, содержащей  $\text{MO}$ ,  $\text{MCO}_3$  и отчасти  $\text{MO}_2$  и  $\text{M}_3\text{N}_2$ , где  $\text{M}$  – Щ. э. Т-ры плавления  $\text{Ca}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ba}$  и  $\text{Ra}$  равны соотв.  $842 \pm 3$ ,  $768 \pm 3$ ,  $727 \pm 3$  и  $969^\circ\text{C}$ . Окисление Щ. э. на воздухе может сопровождаться воспламенением,  $\text{Ba}$  загорается уже при резке и раздавливании, поэтому Щ. э. хранят под слоем обезвоженного керосина. Все они ковкие, пластичны и путем давления и резания м. б. превращены в прут-

ки, листы, проволоку. Радий радиоактивен ( $T_{1/2}$  1600 лет); подвергаясь  $\alpha$ -распаду, он превращается в радон.

По реакц. способности Щ.э. близки к щелочным, их стандартные электродные потенциалы для полур-ции  $M^{2+} + 2e^- = M$  равны  $-2,864$  (Ca),  $-2,888$  (Sr),  $-2,905$  (Ba) и  $-2,916$  В (Ra). Поэтому все они – сильные восстановители, быстро реагируют с водой, превращаясь в  $M(OH)_2$  с выделением  $H_2$ , а с разб. к-тами дают соли и  $H_2$ . Медленно реагируют с конц.  $HNO_3$  и  $H_2SO_4$ , образуя нитраты с выделением  $NO_2$  и сульфаты с выделением  $SO_2$  и  $H_2$ .

Щ.э. раств. в жидком  $NH_3$ , образуя р-ры, обладающие металлич. проводимостью. При испарении из них  $NH_3$  при низких т-рах выделяются кристаллич. комплексы  $[M(NH_3)_6]^{0+}$  с металлич. блеском (похожи на бронзу), обладающие электронной проводимостью.

Щ.э. горят в  $O_2$ , давая оксиды  $MO$ , с  $H_2O_2$  образуют белые твердые пероксиды  $MO_2$ , а Ва превращается в пероксид уже на воздухе при нагр. до  $400^\circ C$ . Получены желтые кристаллич. надпероксиды  $M(O_2)_2$ . С галогенами Щ.э. дают бесцв. кристаллич. галогениды, с  $H_2$  при нагр. – бесцв., твердые, нелегучие гидриды  $MH_2$ . В среде  $N_2$  при  $250-450^\circ C$  превращаются в бесцв. тугоплавкие нитриды  $M_3N_2$ , при нагр. с В, С, Р – соотв. в черные кристаллич. бориды  $MB_6$ , бесцв. твердые ацетилениды  $MC_2$ , красно-бурые фосфиды  $M_3P_2$ . Стехиометрич. смеси Щ.э. с S при нагр. образуют бесцв. кристаллич. сульфиды  $MS$ . С газообразным  $NH_3$  при  $-10^\circ C$  или с жидким  $NH_3$  Щ.э. дают аммиакаты  $[M(NH_3)_6]$ , в среде  $CO_2$ , особенно выше  $100^\circ C$ , – смесь  $MO$  и  $MC_2$ . Щ.э. образуют сплавы со мн. металлами (Al, Cu, Cd, Mg, Pb и т. д.), с Hg – амальгамами.

Растворимые в воде соли Щ.э. – ацетаты, галогениды (кроме фторидов), нитраты, тетраоксохлораты(VII), сульфиды, тиоцианаты и цианиды; нерастворимые – карбонаты, сульфаты, фосфаты, хроматы. Легучие соли Щ.э. окрашивают пламя газовой горелки в оранжево-красный (Ca), карминово-красный (Sr), желтовато-зеленый (Ba) цвета.

Щ.э. получают восстановлением оксидов алюминием в вакууме выше  $1200^\circ C$ , Ca – также электролизом расплава  $CaCl_2$ .

Иногда к Щ.э. относят также Be и Mg.

Лит.: Степин Б. Д., Цветков А. А., Неорганическая химия, М., 1994.

Б. Д. Степин.

**ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ:** литий Li, натрий Na, калий K, рубидий Rb, цезий Cs, франций Fr. Щ. м., кроме Cs, имеют серебристый металлич. блеск, Cs – золотисто-желтую окраску. Все Щ. м. очень мягки, легко режутся (кроме Li), Rb, Cs и Fr при обычной т-ре почти пастообразны. Наиб. твердый из них Li мягче талька (твердость талька принята за единицу по шкале Мооса). Щ. м. кристаллизуются в кубич. объемноцентрир. решетке с пространств. группой  $Im\bar{3}m$ ,  $z = 2$ . Т-ры плавления Щ. м. уменьшаются от Li к Cs:  $180,54^\circ C$  (Li),  $97,86^\circ C$  (Na),  $63,51^\circ C$  (K),  $39,32^\circ C$  (Rb),  $28,44^\circ C$  (Cs). Щ. м. очень легкие, самый легкий среди всех известных металлов – Li, он плавает в керосине, а Na и K легче воды.

Сильно электроположит. характер и высокая хим. активность Щ. м. обусловлены небольшой затратой энергии на отрыв от атомов этих металлов одного s-электрона. Первые потенциалы ионизации (эВ): 5,39178 (Li), 5,13915 (Na), 4,34070 (K), 4,17719 (Rb), 3,89397 (Cs). Щ. м. – сильные восстановители. Значения их стандартных электродных потенциалов (В) для полур-ции  $M^+ + e^- = M$ :  $-3,045$  (Li),  $-2,711$  (Na),  $-2,924$  (K),  $-2,925$  (Rb),  $-2,923$  (Cs). Литий стоит первым в электрохим. ряду напряжений металлов.

Характерное св-во атомов Щ. м. – легкость возбуждения у них светового излучения. Оптич. спектры Щ. м. просты и содержат очень яркие линии (нм): 610,36 и 670,78 (Li), 589,59 и 588,99 (Na), 766,49 (K), 794,76 и 780,02 (Rb), 894,5 и 852,11 (Cs). Интенсивность линий 852,11, 780,02, 766,49 и 588,99 в атомных спектрах – наиб. среди всех элементов периодич. системы. Легучие соли Li окрашивают пламя газовой горелки в карминово-красный цвет, K – в розово-фиолетовый, а Na – в желтый, пары Rb окрашены в зеленовато-синий цвет, пары Cs – в сине-зеленый.

797

26\*

На воздухе все Щ. м. быстро покрываются темно-серым налетом, состоящим из оксидов, только у Li появляется зеленовато-черная пленка нитрида  $Li_3N$ . Склонность к окислению на воздухе возрастает от Li к Fr, причем Rb, Cs и Fr окисляются уже с воспламенением. Поэтому Щ. м. хранят под слоем обезвоженного парафинового или вазелинового масла. С водой Щ. м. реагируют бурно с образованием щелочей (откуда название) и выделением  $H_2$ , при этом Rb и Cs взаимод. даже со льдом при  $-100^\circ C$ . С метанолом и этанолом Щ. м. дают алкогольаты и  $H_2$ .

Кислород окисляет все Щ. м., но если Li превращается только в  $Li_2O$ , то остальные Щ. м. – в смеси, в основном  $M_2O_2$  и  $MO_2$ , при этом Rb и Cs вспыхивают. С  $N_2$  реагирует в обычных условиях только Li, превращающийся в нитрид, для остальных Щ. м. нитриды неизвестны. Щ. м. растворяются в жидком аммиаке, некоторых алкиламинах и полиэфирах с образованием синих растворов, обладающих электронной проводимостью (см. *Сольватированный электрон*). При хранении синие аммиачные растворы обесцвечиваются в результате медленно протекающей реакции:  $2M + 2NH_3 \rightarrow 2MNH_2 + H_2$ . Растворы Щ. м. в жидком аммиаке взаимодействуют с ацетиленом с образованием ацетиленидов  $M_2C_2$ . При нагревании K, Rb и Cs с графитом получают  $C_8M_x$ ,  $C_{24}M_x$ ,  $C_{36}M_x$  и другие нестехиометрические соединения в виде медно-красных порошков, самовоспламеняющихся на воздухе и разлагающихся водой с выделением  $H_2$ . Щ. м. энергично взаимод. с галогенами с образованием галогенидов. При нагревании с S Щ. м. дают сульфиды, с  $H_2$  – гидриды, с P – фосфиды. Большинство солей Щ. м. хорошо растворимо в воде, малорастворимы – фторид, фосфат и карбонат лития, а также  $MClO_4$ ,  $MMnO_4$ ,  $MReO_4$ , где  $M = Rb$  и  $Cs$ .

Основной метод получения Щ. м. – термическое восстановление хлоридов и бромидов магнием, кальцием, кремнием и другими восстановителями в вакууме при  $600-800^\circ C$ . Выделенные металлы очищают от примесей ректификацией или вакуумной дистилляцией.

Лит.: Плющев В. Е., Степин Б. Д., Химия и технология лития, рубидия и цезия, М., 1970; Натрий, М., 1986; Степин Б. Д., Цветков А. А., Неорганическая химия, М., 1994.

Б. Д. Степин.

798



**ЭБОНИТЫ** (твердые резины), продукты вулканизации ненасыщенных каучуков большими кол-вами серы (30–50% от массы каучука). Получают Э. гл. обр. из изопреновых (натуральных и синтетич.), бутадиеновых, бутадиен-стирольных, бутадиен-нитрильных каучуков, а также регенератов резин и латексов; иногда для улучшения св-в вводят добавки насыщенных каучуков (напр., бутилкаучука) или др. полимеров (полиэтилен, полиизобутилен, феноло-формальдегидные смолы). Смеси для получения Э. содержат наполнители (угольная и эбонитовая пыль, графит, каолин, тальк, мел, кремнезем) в кол-ве 150 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука, ускорители вулканизации (гуанидины, альдегидамины, тиурамы, сульфенамиды, иногда селен), активаторы вулканизации (ZnO, MgO), пластификаторы (льняное масло, натуральный воск, нефтяной битум), ПАВ.

Плотн. Э. 1,15–1,68 г/см<sup>3</sup>; проявляют высокоэластич. св-ва выше 55 °С; превосходят обычные резины по мех. прочности (модуль Юнга 2–3 ГПа,  $\sigma_{\text{раст}}$  50–70 МПа) и диэлектрич. св-вам ( $\rho_0$  10<sup>14</sup>–10<sup>15</sup> Ом·см). Э. негигроскопичны, газонепроницаемы, легко поддаются мех. обработке, обладают высокой адгезией к металлу. Стойки к алифатич. углеводородам (при т-рах до 100 °С), растит. и животным жирам, р-рам щелочей, солей, неокисляющих к-т, разрушаются в окислителях, ароматич. и хлорированных углеводородах. Осн. недостаток – хрупкость, особенно при пониженных т-рах; под действием прямого солнечного света в результате фотоокисления на их пов-сти образуется H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, что приводит к изменению поверхностного электрич. сопротивления.

Эбонитовые смеси получают на обычном оборудовании резинового произ-ва – вальцах или в резиносмесителях. Высоконаполненные смеси приготавливают только в резиносмесителях в 2 стадии: на первой каучук перемешивают со всеми ингредиентами, кроме серы, на второй в охлажденную смесь вводят серу. В случае вулканизации при низких т-рах используют 2 смеси, в одну из к-рых вводят серу, в другую – ускоритель вулканизации; совмещают смеси непосредственно перед формованием полуфабрикатов (на каландрах или в экструдерах) и вулканизацией изделий. Т-ру вулканизации (до 190 °С) повышают ступенчато, процесс проводят в течение десятков часов.

Э. применяют для изготовления деталей электрич. приборов, аккумуляторных баков и др. емкостей для агрессивных сред (в произ-ве нек-рых изделий заменяются пластмассами, напр. полистиролом), а также для гуммирования хим. аппаратуры.

Лит.: Гофманн В., Вулканизация и вулканизирующие агенты, пер. с нем., Л., 1968; Кошелев Ф.Ф., Корнев А.Е., Буканов А.М., Общая технология резин, 4 изд., М., 1978, с. 486–91.

**ЭБУЛИОСКОПИЯ**, физ.-хим. метод исследования жидких р-ров нелетучих в-в, основанный на измерении повышения т-ры кипения р-ра по сравнению с т-рой кипения чистого р-рителя. Для разб. р-ров это повышение определяется из соотношения:

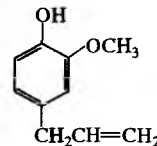
$$\Delta T = nRT_0^2 / 1000\lambda_{\text{исп}} = nE,$$

где  $n$  – число молей растворенного в-ва;  $R$  – газовая постоянная;  $T_0$  и  $\lambda_{\text{исп}}$  – соотв. т-ра кипения и уд. теплота испарения чистого р-рителя. Величина  $E = RT_0^2 / 1000\lambda_{\text{исп}}$  наз. эбулиоско-

пич. постоянной. Для р-ров электролитов  $\Delta T = inE$ , где  $i = 1 + (v - 1)\alpha$ ;  $\alpha$  – степень диссоциации;  $v$  – число ионов, на к-рые распадается молекула электролита.

Э. используют для определения мол. массы растворенного в-ва, степени диссоциации слабых электролитов. Э. требует очень точных определений  $\Delta T$ , к-рые осложняются склонностью р-ров к перегреву, изменением концентрации в результате испарения р-рителя и др. Вследствие этого Э. получила меньшее распространение, чем криоскопия.

**ЭВГЕНОЛ** (4-аллил-2-метоксифенол), мол. м. 164,2; бесцв., желтеющая на воздухе жидкость с сильным запахом гвоздики (запах менее приятен, чем у *изовгенола*), т. пл. 10,3 °С, т. кип. 252,7 °С;  $d_4^{20}$  1,0664;  $n_D^{20}$  1,5410; давление пара 1,17 Па (20 °С); раств. в пропиленгликоле и эфирных маслах, р-римость в 50%-ном этаноле 1:5 (или 1:6) при 20 °С, не раств. в воде. Производные: бензоат, т. пл. 70,5 °С; 2,4-динитробензоат, т. пл. 130,8 °С; фенилуретан, т. пл. 97 °С. Э. – главная составная часть ряда эфирных масел: гвоздичного (до 85%), эвгенольного базилика (70–80%), коллории (70–80%); в меньших кол-вах содержится в цитронелловом, иланг-иланговом, аирном, сассафрасовом и нек-рых других. С водными р-рами щелочей Э. образует водорастворимые соли (эвгенолаты), что используют для выделения Э. из эфирных масел, с поташом дает твердое соед., при окислении образует ванилин, при нагр. с щелочами, Pt на угле или с нек-рыми др. кат. изомеризуется в изовгенол. Э. выделяют из эфирных масел либо получают алкилированием гваякола аллиловым спиртом или аллилхлоридом. Э. используют при составлении парфюм. композиций, как отдушки для табака, в синтезе изовгенола.

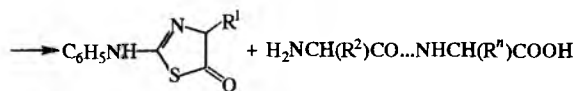


Т. всп. 110 °С, т. самовоспл. 346 °С, КПВ 0,74–2,61% (по объему), температурные пределы воспламенения 110–144 °С, пороговая концентрация запаха 2,38·10<sup>-8</sup> г/л; ЛД<sub>50</sub> 2,68 г/кг (крысы, перорально).

Л. А. Хейфиц.

**ЭВТЕКТИКА**, см. *Диаграмма состояния*.

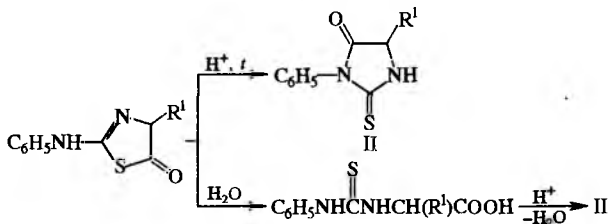
**ЭДМАНА ДЕГРАДАЦИЯ**, определение первичной структуры белков и пептидов путем последоват. (ступенчатого) расщепления их пептидных связей (начиная с N-конца молекулы) действием фенилизотиоцианата:



I

Р-цию осуществляют при pH 9 и т-ре 40 °С. В результате образуется производное 2-анилино-5-тиазолинона (ф-ла I) и белок (пептид), укороченный на один остаток аминокислоты.

Относительно неустойчивое производное 2-анилино-5-тиазолинона непригодно для идентификации аминокислоты. Оно м. б. превращено в изомерный 1-фенилимидазолин (тиогидантоин; II) при нагр. в кислой среде или путем гидролиза (с размыканием цикла и послед. циклизацией):



Соед. II экстрагируется и м.б. идентифицировано с помощью бумажной, тонкослойной или газожидкостной хроматографии. Количественно это соед. можно определить спектрофотометрически при 265–270 нм. Оставшийся белок (пептид) выделяется и подготавливается к следующему циклу деградации.

Значение Э. д. возросло в связи с возможностью осуществлять все стадии р-ции в спец. приборе – секвенаторе (от англ. sequence – последовательность; см. также Белки) в автоматич. режиме. Для этого белок (пептид) в виде тонкой пленки распределяют на внутр. пов-сти стенки вращающегося сосуда. Все необходимые реагенты поступают на его дно. Образующееся на каждой стадии производное 2-анилино-5-тиазолинона собирается отдельно с помощью коллектора фракций для послед. идентификации. Для определения состава аминокислотных остатков в белке (пептиде) достаточно менее 1 мг продукта.

Созданный в 1966 П. Эдманом с использованием этих принципов прибор и применение масс-спектрометра в сочетании с ЭВМ позволяют полностью автоматизировать процесс определения первичной структуры макромолекул.

Среди модификаций Э. д. широкое применение нашел метод с использованием дансилхлорида (ДНС; 1-диметиламинонафталин-5-сульфохлорид) – т. наз. метод ДНС-Эдмана. Он основан на р-ции ДНС с непротонированной α-аминогруппой N-концевой аминокислоты белка (пептида) с образованием дансил-белка (пептида), к-рый на следующей стадии гидролизует с освобождением α-ДНС-аминокислот (последние обладают интенсивной флуоресценцией, λ<sub>возб</sub> 365 нм). Модификация предложена В. Греем и Б. Хартли в 1963 и также реализована в автоматич. приборах, в т. ч. твердофазных секвенаторах, в к-рых белок ковалентно связан с полимерным носителем.

Р-ция предложена П. Эдманом в 1950.

Лит.: Общая органическая химия, пер. с англ., т. 10, М., 1986, с. 266–67; Овчинников Ю. А., Биоорганическая химия, М., 1987, с. 57–67; Edman P., «Acta Chem. Scand.», 1950, v. 4, № 2, p. 277–82; Folkers K. [a. o.], «Angew. Chem. Internat. Edn.», 1973, v. 12, № 4, p. 255. В. В. Баев.

**ЭЖЕНАЛЬ** (2,2,5,9-тетраметил-4,8-декадиеналь) (СН<sub>3</sub>)<sub>2</sub>С=СН(СН<sub>2</sub>)<sub>2</sub>С(СН<sub>3</sub>)=СНСН<sub>2</sub>С(СН<sub>3</sub>)<sub>2</sub>СНО, мол. м. 208,32; существует в виде смеси цис- и транс-изомеров; бесцв. или слегка желтоватая жидкость с интенсивным запахом цветов и свежей зелени; т. кип. 86–91 °С/2 мм рт. ст.; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 0,8727; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,463–1,468; давление пара 0,13 Па (20 °С); раств. в этаноле, не раств. в воде. Получают взаимод. линалоола с изомасляным альдегидом в толуоле в присут. сульфосалициловой к-ты. Применяют при составлении парфюм. композиций.

Л. А. Хейфиц.

**ЭЙКОЗАНОИДЫ**, группа биологически активных соед., образующихся в организмах животных и растений в результате превращений эйкозаполиеновых к-т (неразветвленные карбоновые к-ты С<sub>20</sub> с двумя и более метиленразделенными двойными связями). К Э. относятся *простагландины*, родственные им соед. (простаноиды, тромбоксаны и др.) и *лейкотриены*. См. также *Липоксигеназы*, *Незаменимые жирные кислоты*.

Лит.: Теппермен Дж., Теппермен Х., Физиология обмена веществ и эндокринной системы. Вводный курс, пер. с англ., М., 1989; CRC book Eicosanoids. Prostaglandins and related lipids, ed. A. L. Willis, Boca Raton (Florida), 1987; New Trends in lipid mediators research. Leukotrienes and Prostanoids in Health and Disease, eds. U. Zor, Z. Naor, A. Dahan, Karger, 1989.

**ЭЙНШТЕЙНИЙ** (Einsteinium) Es, искусств. радиоактивный хим. элемент III гр. периодич. системы, ат. н. 99; относится к *актиноидам*. Стабильных изотопов не имеет. Известно 14 радиоактивных нуклидов с мас. ч. 243–256. Наиб. долгоживущие нуклиды <sup>252</sup>Es (T<sub>1/2</sub> 471,7 сут, α-распад (78%), электронный захват (22%)) и <sup>254</sup>Es (T<sub>1/2</sub> 275,7 сут, α-излучатель). Вероятная конфигурация внеш. электронных оболочек атома 5f<sup>11</sup>6s<sup>2</sup>6p<sup>6</sup>7s<sup>2</sup>; степень окисления +2 и +3 (наиб. устойчивая); атомный радиус 0,203 нм, ионный – Es<sup>3+</sup> 0,0925 нм.

**Свойства**. Э. – металл с кубич. гранецентр. решеткой, a – 0,575 нм; т. пл. 860 °С; ΔH<sub>возг</sub><sup>0</sup> 133 кДж/моль; теплопроводность при 300 К 10 Вт/(м·К). Характеристика нек-рых

соед. Es(III) приведена в табл.; по спектрам поглощения идентифицированы EsX<sub>2</sub>, где X = Cl, Br, I.

ХАРАКТЕРИСТИКА СОЕДИНЕНИЙ ЭЙНШТЕЙНИЯ

Соединение	Сингония	Параметры решетки			
		a, нм	b, нм	c, нм	угол, град
Es <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Моноклинная	1,41	0,359	0,880	100
Es <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Гексагон.	0,37	—	0,60	—
EsCl <sub>3</sub>	Гексагон.	0,740	—	0,407	—
EsOCl	Тетрагон.	0,3948	—	0,6702	—
EsBr <sub>3</sub>	Моноклинная	0,727	1,259	0,681	110,8
EsI <sub>3</sub>	Гексагон.	0,753	—	2,084	—

В водных р-рах стандартные окислит. потенциалы для Es(III)/Es(II) 1,3 В, для Es(IV)/Es(III) 4,6 В (расчетная величина); ΔH<sub>ср</sub><sup>0</sup> иона Es<sup>3+</sup> для бесконечно разб. водного р-ра – 573,00 кДж/моль. По хим. св-вам Э. во многом подобен др. трехвалентным актиноидам. Он соосаждается с фторидами и гидроксидами РЗЭ; экстрагируется трибутилфосфатом и теноилтрифторацетоном [2-(1,3-диоксо-4,4,4-трифторбутил)тиофен] из слабощелоч р-ров; образует анионные комплексы в водных р-рах LiCl, HCl и NH<sub>4</sub>SCN, к-рые сорбируются на анионитах.

**Получение**. Нуклиды Э. получают при облучении U, Bk или Cf на циклотроне ускоренными ионами соотв. N, He и D. Нуклиды <sup>253</sup>Es и <sup>254</sup>Es образуются в ядерных реакторах при длит. облучении тяжелых нуклидов Pu, Cm или Cf. В США производят ок. 2 мг <sup>253</sup>Es в год. Для выделения Э. используют сорбционные и экстракционные методы. Металлич. Э. получают восстановлением EsF<sub>3</sub> парами Li. Нуклиды <sup>253</sup>Es и <sup>254</sup>Es используют для синтеза трансфермиевых элементов.

Впервые Э. был выделен из продуктов термоядерного взрыва в 1952 учеными из Беркли, Аргонской и Лос-Аламосской лабораторий США. Нуклид <sup>253</sup>Es образовался в результате мгновенного захвата нейтронов ураном с послед. β<sup>-</sup>-распадами; <sup>238</sup>U + 15n → <sup>253</sup>U  $\xrightarrow{\beta^-}$  <sup>253</sup>Es. Назван по имени А. Эйнштейна.

Лит.: Hulet E., «Radiochimica Acta», 1983, v. 32, № 1, p. 7–23; Chemistry of actinide elements, 2 ed., v. 2, L. – N. Y., 1986. См. также лит. при статье *Актиноиды*. Б. Ф. Масоедов.

**ЭКВАТОРИАЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ**, см. *Аксиальное и экваториальное положения*.

**ЭКВИВАЛЕНТ ХИМИЧЕСКИЙ**, условная частица, в целом число раз меньшая (или равная) соответствующей ей формульной единицы – атома, молекулы, иона, радикала и др. В одной формульной единице в-ва В может содержаться z(B) Э. х. этого в-ва. Число z(B) (э к в и в а л е н т н о е ч и с л о) показывает, сколько Э. х. содержится в одной формульной единице; всегда z(B) ≥ 1. Значения z(B) зависят от хим. р-ции, в к-рой данное в-во участвует.

В обменных р-циях значения z(B) определяются стехиометрией р-ции. Напр., для р-ции Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + 12KOH → 2K<sub>3</sub>[Al(OH)<sub>6</sub>] + 3K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> на одну формульную единицу Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> затрачивается 12 формульных единиц KOH. Следовательно, значение z[Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>] = 12, а z(KOH) = 1. Значение Э. х. для Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> равно 1/12 формульной единицы Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, а Э. х. KOH равен формульной единице KOH. В окислит.-восстановит. р-циях значение z(B) определяют по числу электронов, к-рые принимает одна формульная единица окислителя или отдает одна формульная единица восстановителя. Напр., в полуреакции MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> + 8H<sup>+</sup> + 5e<sup>-</sup> → Mn<sup>2+</sup> + 4H<sub>2</sub>O значение z(MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>) = 5, а значение Э. х. для анионов MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> равно 1/5 формульной единицы MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>.

Кол-во в-ва Э. х. в-ва В N<sub>эк</sub>(B) – величина, пропорциональная числу Э. х. этого в-ва N<sub>эк</sub>(B):

$$n_{\text{эк}}(B) = N_{\text{эк}}(B)/N_A,$$



где  $N_A$  – постоянная Авогадро. Единица измерения кол-ва в-ва Э. х. – моль. Так как в одной формульной единице в-ва В может содержаться  $z(B)$  Э. х. этого в-ва, то

$$N_{\text{эк}}(B) = z(B) \cdot N_{\text{фе}},$$

где  $N_{\text{фе}}$  – число формульных единиц в-ва В. Следовательно:

$$n_{\text{эк}}(B) = z(B) \cdot n_B,$$

где  $n_B$  – кол-во в-ва В.

Молярная масса Э. х. в-ва В –  $M_{\text{эк}}(B)$  – это масса в-ва В ( $m_B$ ), деленная на кол-во в-ва Э. х.:

$$M_{\text{эк}}(B) = m_B/n_{\text{эк}}(B)$$

Значение  $M_{\text{эк}}(B)$  можно найти, исходя из молярной массы в-ва В ( $M_B$ , г/моль):

$$M_{\text{эк}}(B) = M_B/z(B)$$

Молярная концентрация Э. х. растворенного в-ва В –  $c_{\text{эк}}(B)$  представляет собой отношение кол-ва в-ва Э. х.  $n_{\text{эк}}(B)$  к объему р-ра  $V_p$ :

$$c_{\text{эк}}(B) = n_{\text{эк}}(B)/V_p$$

Единица измерения  $c_{\text{эк}}(B)$  – моль/л, обозначение этой единицы – «н.» (нормальность – число Э. х. растворенного в-ва в 1 л р-ра). Запись 0,01 н. р-р  $\text{KMnO}_4$  означает сангинормальный р-р  $\text{KMnO}_4$ . Величина  $c_{\text{эк}}(B)$  в конкретной р-ции всегда в  $z(B)$  раз больше его молярной концентрации  $c_B$ :

$$c_{\text{эк}}(B) = z(B) \cdot c_B$$

Объем Э. х. газообразного в-ва В –  $V_{\text{эк}}(B)$  представляет собой отношение объема данного газа  $V_B$  к кол-ву в-ва Э. х. в-ва В:

$$V_{\text{эк}}(B) = V_B/n_{\text{эк}}(B)$$

Единица измерения  $V_{\text{эк}}(B)$  – л/моль. Поскольку для газов, принимаемых условно за идеальные,  $n_B = V_B/V_n$ , где  $V_n = 22,414$  л/моль, то

$$V_{\text{эк}}(B) = 22,414/z(B)$$

Т. обр.,  $V_{\text{эк}}(B)$  в конкретной хим. р-ции, протекающей в нормальных условиях, всегда в  $z(B)$  раз меньше объема 1 моля идеального газа.

Закон Э. х. гласит: элементы всегда соединяются между собой в определенных массовых кол-вах, соответствующих их Э. х., или: в р-циях всегда участвуют равные кол-ва в-ва Э. х. Поэтому для р-ции, в к-рой взаимод. в-ва А и В, будут справедливы равенства:

$$n_{\text{эк}}(A) = n_{\text{эк}}(B)$$

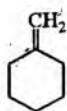
$$c_{\text{эк}}(A) \cdot V_p(A) = c_{\text{эк}}(B) \cdot V_p(B)$$

Раньше под Э. х. понимали кол-во в-ва, к-рое присоединяет или замещает 1 моль атомов водорода в ходе хим. р-ции. Однако это понятие относится не к самому Э. х., а к кол-ву в-ва Э. х. взятого в-ва В, как это видно из приведенных выше др. физ. величин, связанных с понятием Э. х. Ранее использовали также понятие «грамм-эквивалент», равный Э. х., выраженному в граммах.

Лит.: Степин Б. Д., *Применение Международной системы единиц физических величин в химии*, М., 1990; Степин Б. Д., Цветков А. А., *Неорганическая химия*, М., 1994. Б. Д. Степин.

**ЭКДИЗОНЫ**, см. *Стероидные гормоны*.

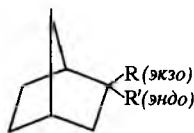
**ЭКЗО...**, **ЭНДО...** (греч. έξω – вне, снаружи; греч. έndon – внутри), приставки к назв. орг. соединений. 1) Приставка *экзо-* показывает, что замещающая группа находится вне цикла, напр. *экзо-метиленициклогексан* (ф-ла I), *эндо-* – внутри цикла, напр. *эндо-метиленициклогексан* (II); 2) в бициклич.



I



II



III

мостиковых соединениях *экзо-* указывает, что заместитель, находящийся в главной ветви, повернут в сторону мостика, *эндо-* – в противоположную сторону (III).

**ЭКСЕРГИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**, метод термодинамич. анализа пром. систем (в т. ч. хим.-технол. систем, ХТС), рассматриваемых во взаимод. с окружающей средой.

Связи, устанавливаемые при Э. а. между термодинамич. характеристиками и техн.-экономич. показателями анализируемой системы, дают возможность оценить эффективность ее работы, а также определить пути и способы совершенствования. Объективность получаемых при таком анализе оценок обусловлена прежде всего тем, что они основаны на расчете минимально необходимых материальных и энергетич. затрат на реализацию исследуемого технол. процесса. В большинстве др. методов для этих целей используют нек-рые операции сравнения (напр., изменения энтропии системы), по отношению к к-рым и оцениваются показатели изучаемого объекта; результаты подобного анализа, естественно, зависят от удачного выбора операций сравнения. Э. а. изобявляет исследователя от необходимости подбора указанных операций для действующих установок, а для новых (проектируемых) позволяет сразу выявить возможность их внедрения в произ-во путем сопоставления минимально требуемых затрат с имеющимися в наличии ресурсами. Э. а. успешно используют в отраслях хим.-лесного комплекса (напр., в произ-вах метанола,  $\text{HNO}_3$ ), металлургии, криогенной технике и др., причем все шире для повышения экономичности высокоэнергетич. процессов и произ-в.

**Некоторые основные понятия.** В основе Э. а. лежит понятие *эксергии* (от греч. ек- – приставка, означающая здесь высокую степень, и έργον – работа). Существует неск. ее формулировок. По одной из них (З. Рант, 1956) *эксергия* суть работоспособность – термин, применяемый для обозначения макс. работы, к-рую может совершить система при переходе из данного состояния в состояние равновесия со всеми компонентами окружающей среды, рассматриваемой как источник и приемник любых потоков энергоносителей (вода, пар, сырье, напр. нефть, хим. продукты) и энергии (электрическая, тепловая).

Поясним данное определение. Во-первых, макс. работу можно получить только в обратимом (равновесном) процессе, к-рый теоретически возможен при бесконечно малой движущей силе (напр., разности т-р, давлений, хим. потенциалов). Все реальные процессы происходят с возрастанием энтропии (см., напр., *Второе начало термодинамики*) при конечной разности т-р и, следовательно, необратимы. Поэтому полученная в них работа всегда будет меньше максимально возможной; для оценки этой работы ее надо сравнивать с максимально возможной в данном процессе, т. е. с *эксергией*. Во-вторых, макс. работа м. б. получена только при взаимод. системы с окружающей средой. Напр., для получения *эксергии* топлива его сжигают в определенном кол-ве  $\text{O}_2$ , взятом из окружающей среды; при использовании для горения чистого кислорода будет получено больше теплоты, но суммарная *эксергия* окажется меньше, т. к. для получения  $\text{O}_2$  из воздуха необходимо затратить нек-рую работу, а значит, *эксергию*. Аналогично при нагревании к.-л. тела теплоту нужно подводить только для повышения его т-ры выше т-ры окружающей среды, а до этой т-ры подогрев происходит за счет теплоты, отбираемой от среды.

В основе одной из иных формулировок *эксергии* (З. Рант, 1962) лежит (для случаев, когда начальная т-ра тела выше т-ры окружающей среды) допущение о том, что энергию тела можно представить суммой двух составляющих:  $\mathcal{E} = E + A$ . В соответствии с этим равенством *эксергия*  $E$  определяется как часть энергии, к-рая в данных условиях окружающей среды м. б. превращена в любую др. ее форму (см. ниже). Вторую составляющую  $A$ , наз. *анергией* (от греч. «а» – отрицат. частица и έργον – работа), ни в какую иную форму энергии, включая мех. работу, превратить нельзя; между *анергией* и *энтропией* существует связь: *анергия* – энергия полностью

неорганизов. движения молекул, энтропия – мера этого движения.

Наиб. наглядно эксергию (и анергию) можно представить графически. На рис. 1 изображен произвольный процесс 1–2, в  $\kappa$ -ром теплота сообщается нек-рому рабочему телу. Эксергия теплоты  $E$ , измеряется заштрихованной площадью. Неработоспособной части теплоты, т. е. анергии, отвечает площадь под линией  $T_0 = \text{const}$ , равная произведению  $T_0(S_1 - S_2)$ , где  $T_0$  – т-ра окружающей среды;  $S_1$  и  $S_2$  – энтропия системы в начале и конце процесса.

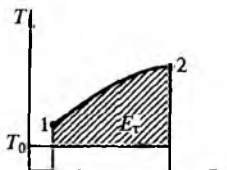


Рис. 1. Графическое изображение эксергии.

Эксергия измеряется в тех же единицах, что и энергия и работа, – в Дж, эксергия потока в-ва – в Вт, потока теплоты – в Дж/с. Таким образом, эксергия, характеризуя качество энергии пром. системы, т. е. способность бьть превращенной в полезную работу, является универсальной мерой энергетич. ресурсов.

Параметры окружающей среды не зависят от параметров рассматриваемой системы, обычно предполагаются постоянными и, согласно указанному определению эксергии, должны находиться в термодинамич. равновесии с параметрами системы. Однако, строго говоря, это условие невыполнимо, поскольку в среде всегда существуют градиенты т-р, давлений и хим. потенциалов (что в практич. расчетах можно не учитывать). Для полной характеристики среды достаточно знать не более трех параметров (как правило, т-ру, давление, хим. состав). До тех пор пока все параметры системы не сравняются с соответствующими параметрами среды, равновесие не будет достигнуто и система может производить определенную работу, т. е. обладает эксергией. При Э. а. работы пром. установок в качестве окружающей среды принимают атм. воздух. Из самого понятия «эксергия» следует, что эксергия окружающей среды равна нулю.

Виды и составляющие эксергии. Различают два пл. ее вида: эксергию таких форм энергии,  $\kappa$ -рые не определяются энтропией, и эксергию потоков в-ва и энергии, характеризующихся энтропией. К первым относятся мех., электрич., электромагн. и иные виды энергии; в данном случае эксергия равна энергии системы и никаких спец. расчетов для определения  $E$  не требуется. Ко вторым принадлежат формы энергии (напр., внутр. энергия в-ва, энергия хим. связей, теплового потока), для каждой из  $\kappa$ -рых эксергию вычисляют индивидуально в зависимости от наличия и вида ее материального носителя – разл. тел [эксергия в-ва (массы) в объеме либо потоке] или объектов, не связанных с массой в кол-вах, подлежащих учету (эксергия теплового потока). Эксергия потока в-ва включает термомех. и хим. составляющие, обусловленные различием термич. и мех. параметров в-ва и окружающей среды и соответствующих хим. состава и хим. потенциалов.

Расчет эксергии. Эксергия в-ва в замкнутом объеме с термодинамич. параметрами  $U, S, T, p$  и  $V$  определяется соотношением:

$$e_V = (U - U_0) - T_0(S - S_0) + p_0(V - V_0), \quad (1)$$

где  $e_V$  – удельная (на единицу массы) эксергия в-ва;  $U_0, S_0, T_0, p_0, V_0$  – внутр. энергия, энтропия, т-ра, давление и объем в-ва при полном равновесии анализируемой системы с окружающей средой. Ф-ла (1) выражает эксергию в-ва в замкнутом объеме в процессе, завершающемся выравниванием соответствующих параметров системы и среды. При расчетах эксергии рабочего тела (носителя эксергии) в замкнутой системе в двух разных состояниях ур-ние (1) приводится к виду:

$$\Delta e_V = \Delta U - T_0 \Delta S + p_0 \Delta V, \quad (2)$$

где  $\Delta U, \Delta S, \Delta V$  – изменения параметров в-ва при переходе из одного состояния в другое.

Необходимость определения эксергии в замкнутом объеме возникает чаще всего при расчетах периодич. процессов и установок периодич. действия, в  $\kappa$ -рых рабочее тело не

выходит за пределы данной системы. Однако на практике большинство хим.-технол. процессов непрерывны, стационарны и сопровождаются перемещениями материальных и энергетич. потоков. Поэтому такие задачи связаны с определением эксергии в-ва в потоке. Ее термомех. составляющую находят по ф-ле:

$$e_T = q - T_0(S - S_0), \quad (3)$$

$q$  – переносимый в-вом уд. тепловой поток;  $S$  – энтропия в-ва в потоке.

Для идеальных газов термомех. эксергия определяется выражением:

$$e_T = C_p(T - T_0) - T_0[C_p \ln(T/T_0) - R \ln(p/p_0)], \quad (4)$$

где  $C_p$  – уд. теплоемкость в-ва;  $p$  и  $T$  – давление и т-ра в-ва в потоке;  $R$  – газовая постоянная.

Хим. составляющую эксергии (хим. эксергию), связанную с термодинамич. параметрами хим. р-ции, рассчитывают, используя разл. полуэмпирич. соотношения. Так, для газов и жидкостей установлены соотношения между их хим. эксергией и высшей теплотой сгорания  $Q_{st}^{\text{ст}}$ ; напр., в процессах выпаривания, ректификации и сушки хим. эксергию топлива находят по ф-ле:

$$e_x = K Q_{st}^{\text{ст}}, \quad (5)$$

где коэф.  $K$  равен 0,975 (газы) и 0,95 (жидкости), если в молекуле в-ва содержится более одного атома  $C$ . Для др. в-в, напр. газов, можно принять след. значения  $K$ : 0,97 (генераторный газ), 0,98 (колошниковый газ), 1,0 (коксовый газ), 1,04 (прир. газ).

В случае твердых топлив с учетом влагосодержания  $W$  хим. эксергию можно с достаточной для практич. целей точностью принять равной их  $Q_{st}^{\text{ст}}$ , т. е.

$$e_x = (1 - W) Q_{st}^{\text{ст}} \quad (6)$$

Т-ра топлив обычно близка к т-ре окружающей среды, поэтому необходимость принимать во внимание в расчетах их термомех. эксергию не возникает; исключение составляет тяжелое жидкое топливо (мазут),  $\kappa$ -рое для снижения его вязкости, как правило, подогревают до 70–100 °С.

Эксергия теплового потока. Функционирование ХТС в той или иной степени обусловлено обменом энергией с окружающей средой. При передаче от одного тела к другому и к среде энергии в форме теплового потока (теплопроводность) вместе с ним сообщается и определенное кол-во эксергии. Если приемником теплоты служит окружающая среда с т-рой  $T_0$ , уд. эксергия теплового потока, имеющего т-ру  $T$ , составляет:

$$e = q(1 - T_0/T) \quad (7)$$

Величина  $(1 - T_0/T) = T_e$  наз. эксергетической температурой. При  $T < T_0$  направления потоков противоположны: тепловой движется от окружающей среды (отрицателен), эксергетический – всегда к среде (положителен).

Во мн. хим.-технол. системах, особенно высокотемпературных, существ. роль играет обмен энергией в форме излучения с др. объектами и средой. Эксергию излучения находят по ф-ле:

$$e_e = \epsilon k [3(3T^4 + T_0^4 - 4T_0T^3)], \quad (8)$$

где  $e_e$  – уд. эксергия, приходящаяся на единицу площади излучающей пов-сти;  $\epsilon$  и  $T$  – степень ее черноты и т-ра;  $T_0$  – т-ра окружающей среды;  $k$  – постоянная Больцмана.

Эксергия влажного воздуха. В практич. приложениях Э. а. важное значение имеет вычисление эксергии влажного воздуха, что обусловлено его применением в качестве рабочего тела во мн. процессах хим. технологии (напр., при сушке). В данном случае особенность определения эксергии состоит в том, что началом отсчета служит переменное состояние воздуха в окружающей среде. Для удобства расчетов влажный воздух принято условно рассматривать как смесь 1 кг абсолютно сухого воздуха и  $X$  кг водяных паров. Соотв. эксергия такой смеси  $e_{1+X}$  отнесенная к 1 кг абсолютно

сухого воздуха, будет равна сумме эксергий воздуха и паров и рассчитывается по ф-ле:

$$e_{1+x} = C_p(t-t_0) - T_0 \left[ C_p \ln \frac{T}{T_0} - R_g \ln \frac{p - \varphi p_{\text{нас}}(t)}{p_0 - \varphi_0 p_{\text{нас}}(t_0)} \right] + X [I_n - I_{n,0} - T_0 (S_n - S_{n,0})], \quad (9)$$

где  $C_p$  и  $R_g$  – теплоемкость и газовая постоянная сухого воздуха;  $t$  и  $t_0$ ,  $T$  и  $T_0$  – т-ры анализируемого потока и окружающей среды соотв. в °C и K;  $\varphi$  и  $\varphi_0$ ,  $p$  и  $p_0$  – относит. влажности воздуха и полные давления в потоке и среде;  $p_{\text{нас}}(t)$  и  $p_{\text{нас}}(t_0)$  – давления насыщенных водяных паров при т-рах потока и среды;  $I_n$  и  $S_n$ ,  $I_{n,0}$  и  $S_{n,0}$  – энтальпии и энтропии паров при параметрах потока и среды. Изменения состояния окружающей среды влияют на величину эксергии, поэтому, чтобы избежать ошибок в ее расчете, нужно учитывать не фиксированные, а реальные параметры среды.

Расчет по ф-ле (9) эксергии влажного воздуха при разл. параметрах требует значит. затрат времени. Для их сокращения часто применяют графоаналит. способ на основе спец. номограммы. Найденные по ней параметры подставляют в упрощенную ф-лу:

$$e_{1+x} = I - I_0 - (T_0 S - T_0 S_0) + \Delta X I_{n,0} - \Delta X T_0 S_{n,0}, \quad (10)$$

где  $\Delta X = X - X_0$  ( $X_0$  – влагосодержание среды). Расхождение в результатах расчета этим способом и по ф-ле (9) не превышает 3–5%.

**Эксергетический баланс.** С помощью основных соотношений [ф-лы (1)–(10)] для определения эксергетич. показателей эффективности работы ХТС составляют их эксергетич. балансы. Для любой реальной системы такой баланс представляет собой сопоставление всех эксергетич. потоков на входе ( $E'$ ) и выходе ( $E''$ ) из нее с учетом затрат эксергии на компенсацию внутр. и внеш. потерь в м. б. выражен в виде:

$$\Sigma E' = \Sigma E'' + \Sigma E^n, \quad (11)$$

где  $\Sigma E^n$  – потери эксергии в системе.

Внутр. потери обусловлены необратимостью протекающих в ХТС процессах (гидравлич. сопротивления, тепло- и массообмен и др.); внешние – потерями эксергии через тепловую изоляцию, с выходящими из системы потоками (напр., нагретая вода, отработанные газы). Если выполненные на основе эксергетич. баланса системы или ее отдельных элементов расчеты показывают отсутствие  $E^n$  в них, это свидетельствует об ошибках в определении параметров действующих ХТС либо о невозможности ее реализации для проектируемых произ-в. Эксергетич. потери находят по ф-ле Гюи – Стодоли:

$$\Sigma \Delta E^n = T_0 \Sigma \Delta S, \quad (12)$$

где  $\Delta S$  – изменение энтропии системы.

**Эксергетические диаграммы.** Весьма полезны и достаточно информативны для анализа эффективности функционирования ХТС эксергетич. диаграммы, или диаграммы Грассмана, на к-рых потоки эксергии в системе изображены в определенном масштабе по «ширине», пропорциональной их численным значениям. Диаграммы наглядно показывают потери эксергии в системе, места их появления и перераспределения между элементами данного объекта. На рис. 2 приведена такая диаграмма для ХТС с двумя входными материальными потоками, к-рым отвечают эксергии  $E'_1$  и  $E'_2$ . В результате взаимод. этих потоков на выходе из системы

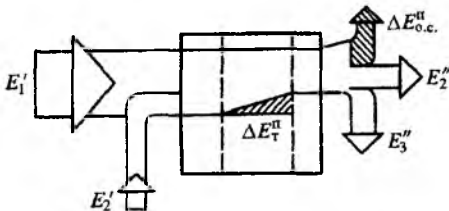


Рис. 2. Диаграмма Грассмана для ХТС с двумя входными материальными потоками.

получают целевые продукты с эксергиями  $E''_2$  и  $E''_3$  и побочный продукт с эксергией  $E''_1 = \Delta E^n_{\text{о.с.}}$ . Сумма  $E''_2 + E''_3$  меньше суммарной эксергии входных потоков на величину  $\Delta E^n_{\text{т}}$  (обусловлены необратимостью тепло- и массообмена в системе) и внеш. потерь  $\Delta E^n_{\text{о.с.}}$  в окружающую среду.

**Эксергетический кпд системы.** Диаграммы Грассмана и непосредственно эксергетич. баланс в форме ур-ния позволяют найти количеств. показатели эффективности работы анализируемой ХТС. Среди этих показателей наиб. распространен эксергетич. кпд  $\eta_e$ , определяемый соотношением:

$$\eta_e = \Sigma E_{\text{п.э.}} / \Sigma E_s = (\Sigma E_s - \Sigma \Delta E^n_{\text{о.с.}}) / \Sigma E_s, \quad (13)$$

где  $\Sigma E_{\text{п.э.}}$  – сумма потоков эксергии, отражающая полезный эффект от функционирования системы;  $\Sigma E_s$  – полные затраты эксергии на достижение заданного эффекта.

Для идеального, полностью обратимого процесса, в к-ром потери  $\Delta E^n_{\text{о.с.}}$  отсутствуют,  $\eta_e = 1$ ; если подведенная эксергия полностью теряется в процессе, то  $\eta_e = 0$ . В реальных процессах всегда соблюдается неравенство:  $0 < \eta_e < 1$ ; при этом чем выше численное значение  $\eta_e$ , тем термодинамически совершеннее система. Из ф-лы (13) следует также, что разность между эксергиями, обуславливающими полезный эффект и эксергетич. затраты, всегда равна суммарной потере эксергии от необратимости протекающих в системе процессов.

Т. обр., эксергетич. кпд носит обобщенный характер. Конкретное выражение для  $\eta_e$  зависит от назначения и особенностей анализируемого процесса и видов взаимод. потоков. Напр., с использованием понятия «транзитной» эксергии  $E^{\text{тп}}$  (количественно в системе не изменяется) ур-ние для  $\eta_e$  принимает форму:

$$\eta_e = \frac{\sum_i (E'_i - E^{\text{тп}}_i) + \sum_j (E''_{xj} - E^{\text{тп}}_{xj}) + \sum_l E''_{xl}}{\sum_i (E'_i - E^{\text{тп}}_i) + \sum_j (E''_{xj} - E^{\text{тп}}_{xj}) + \sum_f E''_{xf}}, \quad (14)$$

где ниж. индексы обозначают:  $i$  – все виды эксергии, кроме химической;  $x$  – хим. эксергия;  $j$  – компоненты в-ва, одновременно присутствующие во входном и выходном потоках;  $l$  – новые в-ва, образующиеся в системе;  $f$  – в-ва, полностью превращающиеся в др. в-ва.

Объем, качество и ценность информации, получаемой на основе эксергетич. баланса ХТС, проиллюстрируем двумя примерами из опыта использования Э. а. в хим. технологии.

**I. Анализ узла синтеза  $\text{NH}_3$  в технол. схеме его произ-ва** показал, что макс. потери эксергии происходят в колонне синтеза и уменьшить их можно: 1) на 15–18% без значит. изменения технол. процесса; 2) с принципиальным изменением режима синтеза  $\text{NH}_3$  (напр., повышением т-ры в одной из зон колонны), что позволило бы квалифицированнее использовать теплоту р-ции и выдавать на сторону пар более высоких параметров.

**II. Для оценки эффективности работы типовой пневматич. сушилки (трубы-сушилки) применительно к сушке конкретного продукта** наряду с обычным анализом на основе материального и теплового балансов установки (рис. 3) проведен ее

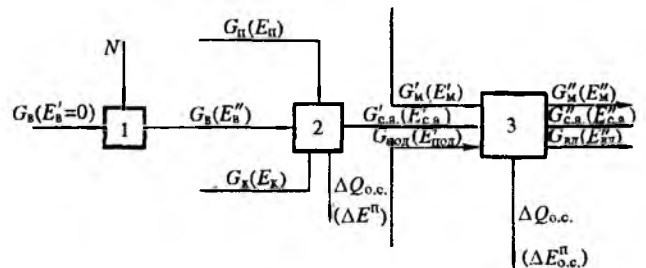


Рис. 3. Схема потоков в сушильной установке: 1 – вентилятор; 2 – калорифер; 3 – сушилка.

Э. а. В соответствии со схемой материальных (G), тепловых (Q) и эксергетич. (E) потоков был составлен эксергетич. баланс:

$$N + E_{\text{д}} + E'_{\text{м}} = E_{\text{к}} + E''_{\text{м}} + E'_{\text{с.а.}} + E_{\text{вл}} + \sum E_{\text{о.с.}}^{\text{п}}, \quad (15)$$

где  $N$  – мощность двигателя вентилятора;  $E_{\text{д}}$  – эксергия пара;  $E_{\text{к}}$  – эксергия образующегося в калорифере конденсата;  $E'_{\text{м}}$ ,  $E''_{\text{м}}$  – эксергия влажного материала на входе в установку и высушенного материала;  $E'_{\text{с.а.}}$  – эксергия сушильного агента на выходе из установки;  $E_{\text{вл}}$  – эксергия испаренной влаги;  $E_{\text{о.с.}}^{\text{п}}$  – суммарные потери эксергии в установке. Остальные обозначения эксергетич. потоков на схеме:  $E_{\text{в}}$  – эксергия воздуха, поступающего в вентилятор и калорифер;  $E'_{\text{с.а.}}$  – эксергия сушильного агента на входе в сушилку;  $E_{\text{под}}$  – эксергия подсосываемого наружного воздуха;  $E_{\text{о.с.}}^{\text{п}}$  – потери эксергии в окружающую среду с отработанным сушильным агентом.

Эксергии материальных потоков в составе эксергетич. баланса рассчитаны по представленным ранее ф-лам. Потери эксергии выражены суммой потерь в отдельных аппаратах и вычислены по ф-ле Пюи–Стодоли (определение возможно также по разности эксергий материальных и энергетич. потоков на входе и выходе из соответствующих аппаратов, если нет необходимости в детализации этих потерь). Результаты расчетов показали, что полезные затраты эксергии на испарение влаги из материала незначительны по сравнению с располагаемой эксергией греющего пара; основные потери эксергии выявлены в калорифере.

Сопоставлением эксергетич. баланса с тепловым балансом этой установки найдено, что в последнем уд. вес аналогичных статей расхода существенно отличается от полученных при эксергетич. расчете значений. Так, потери в окружающую среду в тепловом балансе составили 60,4%, а в эксергетическом – 15,9% (суммарные потери в калорифере и сушилке, из к-рых отработанный сушильный агент выбрасывается в атмосферу). Это объясняется низким энергетич. потенциалом уходящих газов, что, естественно, сказалось на численном значении их эксергии. Что касается таких статей расхода, как потери в калорифере, при смешении паров влаги с сушильным агентом, от гидравлич. сопротивления установки и от необратимости тепло- и массообмена, то они вообще не нашли отражения в тепловом балансе. Т. обр., в сопоставлении с ним эксергетич. баланс полнее и объективнее отразил все энергетич. затраты на реализацию сушильного процесса и позволил выявить «узкие» места в нем. В данном случае повышение эффективности работы установки в первую очередь было связано с совершенствованием функционирования калорифера (изменены конструкция и параметры работы, в частности, снижено давление греющего пара).

**Структурные коэффициенты.** При Э. а. ХТС существенна связь их общих показателей с характеристиками отдельных элементов (аппаратов). Мету влияния отдельного элемента на эффективность работы системы в целом принято оценивать с помощью т. наз. структурного коэф.  $\Delta_{\text{стр}}$ . Он представляет собой отношение изменения к.-л. эксергетич. параметра всей системы (кпд, потери, входные и выходные потоки) к его изменению в одном из элементов; при этом все остальные параметры системы считаются неизменными.

Оптим. оценки функционирования ХТС получены при вычислении  $\Delta_{\text{стр}}$  через эксергетич. кпд. Расчетные соотношения для этого коэф. зависят от структурных связей в системе, т. е. от наличия последовательно, параллельно или смешанно соединенных между собой ее элементов. Анализ показывает, что в ХТС с последоват. соединением аппаратов одинаковые изменения  $\eta$ , к.-л. элемента в равной степени отражаются на величине данного коэф. для всей системы независимо от места расположения в ней аппарата. В то же время изменение потерь эксергии зависит от размещения элемента: чем дальше от входа в систему он находится, тем сильнее влияние указанных потерь на работу системы. Поэтому необходимо обращать особое внимание на уменьшение эксергетич. потерь на заключит. стадиях процесса, протекающего в ХТС с таким соединением элементов.

В системах с параллельным соединением элементов изменение потерь эксергии в любом аппарате вызывает эквивалентные изменения потерь во всей ХТС. Э. а. с помощью структурных коэф. реальных пром. систем требует их преобразование в схемы, состоящие из параллельно соединенных участков, в к-рых аппараты связаны последовательно.

**Оптимизация работы ХТС на основе Э. а.** осуществляется с помощью целевых ф-ций (см. *Оптимизация*); обычно применяют  $\eta_e$ , приведенные денежные затраты на единицу эксергии продукта, сумму уд. затрат эксергии. На практике широко используют вторую из перечисленных ф-ций. В общем виде показатель, служащий для нахождения оптим. параметров ХТС на основе данной целевой ф-ции, имеет вид:

$$\min_{\{m\}} C_{\text{пр}} = \min_{\{m\}} \left\{ \left( \sum C_{e,i} E_i + EK \right) / \sum E_{\text{пр},j} \right\}, \quad (16)$$

где  $C_{e,i}$  и  $C_{\text{пр}}$  – стоимость единицы эксергии сырья и продукции;  $E_i$  и  $E_{\text{пр},j}$  – их эксергии;  $K$  – капитальные затраты;  $\{m\}$  – совокупность параметров, по к-рым оптимизируется работа системы. Выражение (16) конкретизируется в зависимости от особенностей структуры ХТС и условий ее функционирования.

Весьма нагляден и эффективен графич. метод представления изменений оптимальных затрат на работу ХТС с помощью термoeкономич. диаграмм материальных и энергетич. потоков. На рис. 4 изображены такие диаграммы для выпарной установки, включающей ряд последовательно соединенных аппаратов (1, 2, ..., N). При построении диаграмм затраты делятся на энергетические и неэнергетические. Энергетич. составляющие (потоки эксергии на входе в каждый аппарат и выходе из него; рис. 4, а) вычисляются через термодинамич. характеристики системы. По мере движения от ее входа к выходу из-за потерь эксергии в аппаратах общий эксергетич. поток уменьшается. Стоимость энергетич. затрат, полученную умножением «ширины» потока (рис. 4, а) на стоимость единицы эксергии, откладывают в выбранном масштабе на «стоимостной» диаграмме (рис. 4, б) ниже оси  $O-O'$  ( $3'_{\text{вн}}$ ,  $3''_{\text{вн}}$ , ...,  $3''_{\text{вн}}$ ).

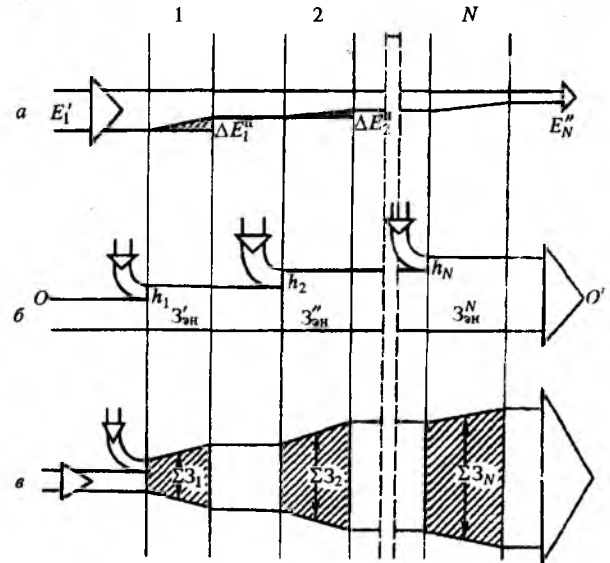


Рис. 4. Термoeкономические диаграммы для системы из последовательно соединенных аппаратов.

На той же диаграмме выше линии  $O-O'$  откладывают стоимость неэнергетич. затрат, складывающихся из отчислений капиталовложений и трудовых затрат (на эксплуатацию аппаратов); эти затраты косвенно (через размеры аппаратов) также связаны с термодинамич. характеристиками системы.

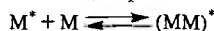
В каждом аппарате неэнергетич. затраты растут скачком ( $h_1, h_2, \dots, h_n$ ) из-за дополнит. трудовых затрат.

Диаграмма на рис. 4,  $\sigma$  – результирующая; она получается делением ширины потока на рис. 4,  $b$  на соответствующую ширину потока на диаграмме 4,  $a$ . Из рис. 4,  $\sigma$  следует, что по мере движения потоков от входа системы к ее выходу неэнергетич. затраты увеличиваются быстрее, чем энергетические. Подобные ХТС довольно широко распространены в пром-сти.

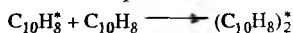
В более общем случае энергетич. затраты, обусловленные промежут. вводами материальных или энергетич. потоков, приводят к количеств. изменению уд. затрат. Однако преимущественное возрастание неэнергетич. затрат типично и для таких ХТС, поскольку любые преобразования требуют создания соответствующего оборудования и одновременно не всегда связаны с дополнит. трудовыми затратами. Являясь целевой ф-цией при оптимизации работы ХТС, уд. стоимостные затраты позволяют также получить информацию и о тех ее элементах, к-рые в наиб. степени способствуют увеличению указанных затрат.

Лит.: Шаргут Я., Петела Р., Эксергия, пер. с польск., М., 1968; Сажин Б.С., Основы техники сушки, М., 1984, с. 283–309; Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек К., Эксергетический метод и его приложения, М., 1988; Кутепов А.М., Бондарева Т.П., Беренгартен М.Г., Общая химическая технология, 2 изд., М., 1990, с. 27–45; Сажин Б.С., Булеков А.П., Эксергетический анализ в химической технологии, М., 1992. Б.С. Сажин, А.П. Булеков.

**ЭКСИМЕРЫ** (от англ. excited dimer), возбужденные димеры, частный случай возбужденных мол. комплексов (см. *Эксплексы*). В Э. связь между двумя одинаковыми молекулами обусловлена делокализацией между ними энергии возбуждения. Э. образуются при взаимод. электронно-возбужденных молекул с аналогичными молекулами в основном электронном состоянии (при их концентрациях более 10–1000 мкМ):



Напр., возбужденные молекулы нафталина или пирена взаимод. с теми же молекулами в основном состоянии с образованием возбужденного димера:



При возбуждении светом р-ров пирена с концентрацией более 10 мкМ наблюдается образование Э. пирена, проявляющееся в том, что спектр флуоресценции содержит две полосы испускания: структурированную коротковолновую полосу мономера и бесструктурную длинноволновую полосу Э.

Структура и кинетика образования Э. такие же, как и у *эксплексов*. Э. являются неполярными частицами и имеют дипольный момент, равный нулю, вследствие чего энергии их образования и спектры испускания не зависят от полярности р-рителя.

Э. могут являться промежут. продуктами нек-рых фотохим. р-ций, напр. фотодимеризации ароматич. углеводородов.

Лит. см. при ст. *Эксплексы*.

М. Г. Кузьмин.

**ЭКСИПЛЕКСЫ** (от англ. excited complex), возбужденные мол. комплексы из двух или неск. молекул. Связь между молекулами, образующими комплекс, м. б. донорно-акцепторной (частичный или полный перенос электрона) или «экситонной» (вследствие делокализации возбуждения между двумя молекулами; напр., в случае одинаковых молекул или молекул с близкими энергиями возбуждения). Термин «Э.» обычно относится к таким возбужденным комплексам, основное состояние к-рых нестабильно. Э. наблюдаются гл. обр. в неполярных р-рителях, поскольку в полярных средах они быстро диссоциируют на ион-радикалы. Э. часто являются промежут. продуктами фотохим. р-ций и их св-ва определяют закономерности этих р-ций.

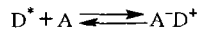
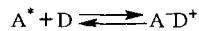
Электронная волновая функция Э.  $[AB]^*$ , образованного молекулами А и В, в общем случае приближенно м. б. представлена в виде линейной комбинации ф-ций, отвечающих локальным возбужденным состояниям АВ и  $AB^*$ , а также состояниям с переносом заряда  $A^+B^-$  и  $A^-B^+$ :

$$\Psi = a\psi(A^+B) + b\psi(AB^*) + c\psi(A^-B^+) + d\psi(A^-B^-)$$

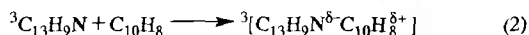
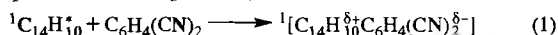
Если А – акцептор, а В – донор электрона, то  $c \gg d$  и  $a, b \approx 0$ ; в случае одинаковых молекул  $a \approx b$  (или  $a = b$ ), а  $c, d \approx 0$ . Мультиплетность квантового состояния Э. зависит от характера возбуждения отд. частиц; как правило, имеют дело с Э. в синглетном или триплетном состоянии.

В узком смысле Э. наз. именно комплексы с переносом заряда, данная статья посвящена гл. обр. этим частицам. Комплексы одинаковых или очень близких (по структуре энергетич. спектра) молекул наз. *эксимерами*.

Э. (общепринятое обозначение  $A^+D^+$ ) обычно образуются в р-ре при взаимод. возбужденных молекул с донорами D или акцепторами А электрона:



Так, при взаимод. антрацена в возбужденном синглетном состоянии (донор электрона) с 1,4-дицианобензолом в основном электронном состоянии образуется синглетный Э. (р-ция 1), а при взаимод. азафенантрена в триплетном состоянии (акцептор электрона) с нафталином в основном состоянии – триплетный Э. (р-ция 2):



( $\delta^+$  – доля перенесенного заряда). В этих примерах происходит почти полный перенос заряда и  $\delta \approx 1$ .

Образование синглетных Э. проявляется прежде всего в тушении флуоресценции исходного в-ва в присут. донора или акцептора электрона и появлении в спектре флуоресценции р-ра новой полосы испускания, сдвинутой в длинноволновую область. Зависимость квантового выхода флуоресценции  $A^*$  (или  $D^*$ ) и Э. зависит от концентрации  $[A]$  (или  $[D]$ ) и описывается ур-ниями типа Штерна–Фольмера (см. *Люминесценция*). Кинетика флуоресценции р-ра при обратимом образовании Э. в общем случае неэкспоненциальна. Образование триплетных Э. обнаруживается по изменению спектров поглощения триплетных состояний в присут. доноров (или акцепторов) электронов.

Энергии наиб. типичных Э. близки к энергиям состояний с полным переносом электрона (типа  $A^+D^+$ ), поэтому энергии их образования из возбужденных молекул  $A^*$  (или  $D^*$ ) м. б. оценены из окислит.-восстановит. потенциалов донора электрона  $E^0(D^+/D)$  и акцептора  $E^0(A^+/A^-)$ :

$$\Delta G^0 = F[E^0(A/A^-) - E^0(D^+/D) - E^* - C],$$

где  $F$  – число Фарадея;  $E^*$  – энергия возбуждения А (или D);  $C = e^2/4\pi\epsilon_0\epsilon r$  – энергия электростатич. взаимодействия между ионами в Э. ( $e$  – заряд электрона;  $4\pi\epsilon_0$  – электрич. постоянная;  $\epsilon$  – диэлектрич. проницаемость р-рителя;  $r$  – расстояние между ионами). Энергия (в эВ), соответствующая максимуму испускания Э., выражается ур-нием:

$$h\nu = F[E^0(A/A^-) - E^0(D^+/D)] - \Delta,$$

где сдвиг полосы  $\Delta \approx 0,145 \pm 0,01$  эВ (в том же р-рителе, в к-ром измерены окислит.-восстановит. потенциалы) и зависит от полярности р-рителя:

$$h\nu = h\nu_0 - (\mu^2/a^3)[(\epsilon - 1)/(2\epsilon + 1) - (n^2 - 1)/2(2n^2 + 1)],$$

где  $\mu$  и  $a$  – дипольный момент и радиус Э.;  $\epsilon$  и  $n$  – соотв. диэлектрич. проницаемость и показатель преломления р-рителя;  $\nu_0$  – частота испускания в-ва в газовой фазе. Э. атомов инертных газов с галогенами применяются в газовых лазерах (неправильно называемых эксимерными лазерами). Наиб. эффективны лазеры на ArF, KrF, XeF.

Лит.: Капьяну Э.И., Фотоника молекулярных комплексов, К., 1988; The exciplex, ed. by M. Gordon, W. R. Ware, N. Y., 1975. М. Г. Кузьмин.

**ЭКСКЛЮЗИОННАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ** (ситовая хроматография), жидкостная хроматография, основанная на разл. способности молекул разного размера проникать в поры не-ионогенного геля, к-рый служит неподвижной фазой. Разли-

чают гель-проникающую хроматографию (элюент – орг. р-ритель) и гель-фильтрацию (элюент – вода).

Для Э. х. используют макропористые неорг. или полимерные сорбенты. Для Э. х. полярных полимеров неорг. сорбенты (силикагели и макропористые стекла) модифицируют кремнийорг. радикалами, а для Э. х. гидрофильных полимеров – гидрофильными группами. Среди полимерных сорбентов наиб. распространены стирол-дивинилбензолные (для Э. х. высокополимеров и олигомеров). Для гель-фильтрации биополимеров, прежде всего белков, используют гидрофильные полимерные сорбенты (сефадексы – декстраны с поперечными сшивками, а также полиакриламидные гели) или модифицированные полисахаридами макропористые силикагели.

Э. х. эффективно применяют при разработке новых полимеров, технол. процессов их получения, контроле произ-ва и стандартизации полимеров. Э. х. используют для анализа ММР полимеров, исследования, выделения и очистки полимеров, в т. ч. биополимеров.

При Э. х. молекулы, имеющие в р-ре большой размер, или совсем не проникают, или проникают только в часть пор сорбента (геля) и вымываются из колонки раньше, чем небольшие молекулы. Соотношение эффективных размеров макромолекул и пор сорбента определяет коэф. распределения  $K_d$ , от к-рого зависит объем удерживания компонента  $V_R$  в колонке:

$$V_R = V_0 + V_p K_d \quad (1)$$

где  $V_0$  – объем пространства между частицами сорбента,  $V_p$  – объем пор сорбента.

Эффективным размером макромолекулы при Э. х. является ее гидродинамич. радиус  $R$ , к-рый вместе с мол. массой полимера  $M$  определяет характеристич. вязкость полимера  $[\eta]$ . Универсальную калибровочную зависимость  $V_R$  от произведения  $M[\eta]$  (ур-ние 2) впервые получил экспериментально Г. Бенуа, она имеет вид (рис. 1):

$$V_R = A - B \lg(M[\eta]), \quad (2)$$

где  $A$  и  $B$  – константы. Ур-ние (2) одинаково справедливо для линейных и разветвленных полимеров, блок- и привитых сополимеров, олигомеров. Используя ур-ние Марка-Куна-Хувинка:  $[\eta] = K_1 M^a$ , где  $K_1$  и  $a$  – табулированные константы, учитывающие взаимод. полимера с р-рителем и сте-

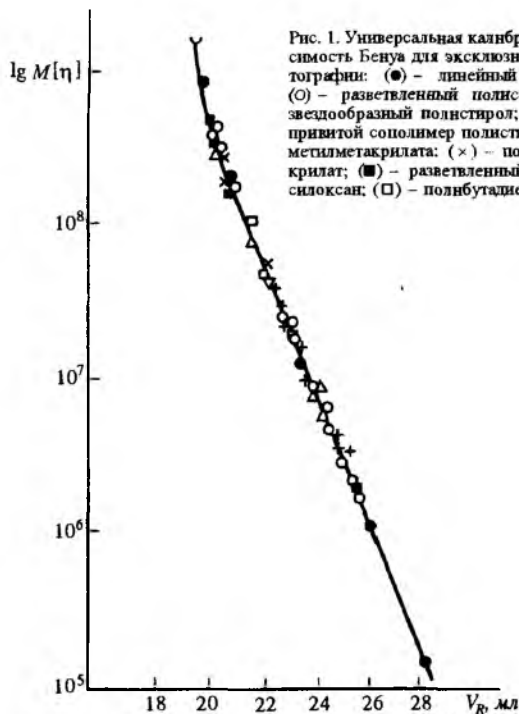


Рис. 1. Универсальная калибровочная зависимость Бенуа для эксклюзионной хроматографии: (●) – линейный полистирол; (○) – разветвленный полистирол; (+) – звездообразный полистирол; (Δ) – гетеропривитый сополимер полистирола и полиметилметакрилата; (×) – полиметилметакрилат; (■) – разветвленный полифенилсилоксан; (□) – полибутадиен.

пень жесткости макромолекулы, можно перейти от универсальной зависимости (2) к рабочей зависимости (3) для исследуемого образца (рис. 2):

$$V_R = C_1 - C_2 \lg M, \quad (3)$$

где  $C_1 = A - \lg K_1$ ,  $C_2 = B(a + 1)$ .

С др. стороны, получив экспериментально зависимость (2) с использованием полимерных стандартов (не менее 3 образцов), для к-рых известны  $M$ ,  $K_1$  и  $a$ , а также зависимость (3) для полимера с неизвестными константами, можно найти для него  $K_1$ ,  $a$  и константы  $C_1$  и  $C_2$ . Можно определять зависимость (3) и непосредственно путем калибровки узкодисперсными (с известными  $M$ ) и широкодисперсными (с известным ММР) стандартами. Располагая эксклюзионной хроматограммой и калибровочной зависимостью определяют ММР исследуемого полимера.

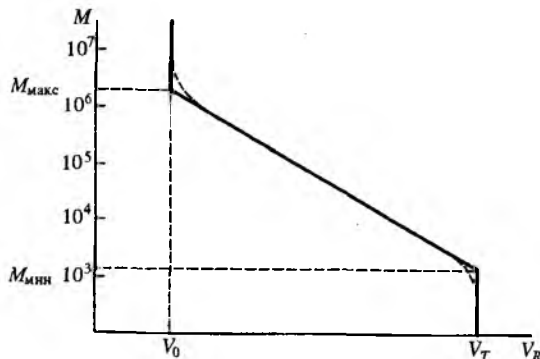


Рис. 2. Рабочая калибровочная зависимость для эксклюзионной хроматографии.

В области от  $V_0$  до  $V_T$  (объем колонки, доступный для р-рителя и молекул ниже определенного размера, соответствующего  $M_{мин}$ ) рабочая зависимость имеет линейный (квазилинейный) характер. Соответствующие объемам  $V_0$  и  $V_T$  мол. массы представляют собой пределы исключения –  $M_{макс}$  (молекулы большого размера, не проникают в поры сорбента) и  $M_{мин}$  (молекулы небольшие, полностью проникают в поры сорбента). Эти величины, а также тангенс угла наклона линейной части калибровочной зависимости селективности разделения  $C_2 = V_p / \lg(M_{макс}/M_{мин})$  и степень ее линейности определяют качество сорбента для Э. х. Благодаря логарифмич. зависимости  $V$  от  $M$  селективность разделения  $dV/dM$  падает с увеличением  $M$ , поскольку  $C_2 = (dV/dM)M$ . Для разделения макромолекул с близкими  $M$  требуется сорбент, работающий в узком диапазоне  $M$  и обладающий высокой селективностью  $C_2$ . Сорбенты с порами одного размера теоретически способны разделять макромолекулы в пределах  $\Delta M \approx 10^{2.5}$ , коммерческие сорбенты характеризуются  $\Delta M = 10^2 - 10^{2.5}$ . Для разделения макромолекул в большом диапазоне  $M$  нужны сорбенты с бимодальным и тримодальным распределением пор по размерам, обеспечивающие линейную мол.-массовую калибровочную зависимость в диапазоне  $M = 10^{2.5} - 10^{6.5}$ . Селективность  $C_2$  подобного сорбента (или специально подобранной смеси сорбентов) естественно ниже, чем унимодального сорбента, но ее делают максимальной для заданного диапазона  $\Delta M$ . Макс. селективность достигается увеличением объема порового пространства сорбента, у бимодального и тримодального сорбентов, кроме того, оптимальным распределением пор по размерам. Важно, чтобы при разделении смеси макромолекул их наибольшая и наименьшая  $M$  находились в пределах  $M_{мин} - M_{макс}$ , характерных для данного сорбента. Иначе по краям хроматограммы при  $V_T$  и  $V_0$  будут выходить из колонки макромолекулы соотв. с  $M \leq M_{мин}$  и  $M \geq M_{макс}$ , образуя ложные хроматографич. пики.

Механизм Э. х. Макромолекулы в р-ре представляют собой статистич. ансамбль (статистич. клубок). Их распределение



между пористым сорбентом и  $r$ -ром контролируется изменением энергии Гиббса при переходе макромолекулы из  $r$ -ра в поры:  $-\Delta G = -\Delta H + T\Delta S$ , где  $\Delta H$  – изменение энтальпии макромолекулы вследствие взаимод. ее сегментов с пов-стью сорбента (матрицей геля);  $\Delta S$  – уменьшение энтропии при переходе макромолекулы из  $r$ -ра в поры;  $T$  – абс. т-ра. Разделение макромолекул происходит в эксклюзионном режиме, когда  $-\Delta G < 0$ , а  $K_d$ , зависящий от соотношения размеров макромолекул и пор, меньше 1.

В критич. условиях, когда при переходе макромолекул из  $r$ -ра в поры сорбента энергия Гиббса не изменяется ( $-\Delta G = 0$ ), происходит полная компенсация потери энтропии макромолекулы благодаря увеличению энтальпии:  $-\Delta H = -T\Delta S$ , т. е. переход макромолекулы из  $r$ -ра в поры энергетически безразличен. При  $-\Delta G > 0$  и  $K_d > 1$  наблюдается адсорбционная хроматография. В критич. условиях все макромолекулы, независимо от  $M$ , имеют  $K_d = 1$  и, не разделяясь, выходят из колонки при  $V_R = V_T$ . В эксклюзионной области при  $-\Delta G < 0$  макромолекулы с большей  $M$  сильнее вытесняются из пор, т. к. их энтропия при переходе из  $r$ -ра в поры уменьшается в большей степени.

На рис. 3 показаны кривые зависимости  $-\Delta G$  от энергии взаимод.  $-\epsilon$  сегментов макромолекулы (см. *Макромолекула*) с пов-стью сорбента. Эти кривые для макромолекул с разным числом сегментов ( $N$ ) пересекаются в точке критич. энергии  $-\epsilon = -\epsilon_{cr}$ . Кривые левее точки  $-\epsilon = -\epsilon_{cr}$  относятся к режиму Э. х. Отсюда ясно, что Э. х. включает значит. область энергетич. зависимостей  $-\Delta G = -\Delta H + T\Delta S$ , где  $-\Delta H$  имеет значения от  $-\infty$  до  $-\Delta H = -T\Delta S$ . Чем меньше  $-\epsilon$ , тем больше изменение  $-\Delta G$  при попадании макромолекулы в поры и, следовательно, разделение макромолекулы более селективно.

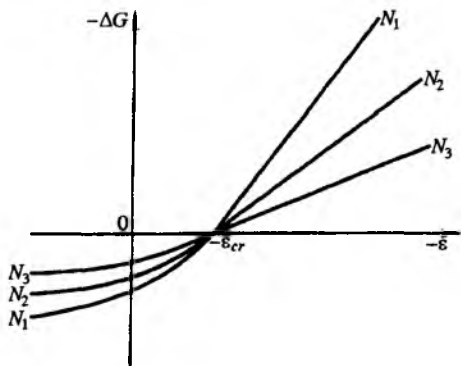


Рис. 3. Зависимость  $-\Delta G$  и  $-\epsilon$  для разных  $N(N_1 > N_2 > N_3)$ .

Гетерополимеры (сополимеры, функциональные олигомеры) можно анализировать как с помощью Э. х. (когда у всех компонентов  $-\epsilon < -\epsilon_{cr}$ ), так и в условиях, когда у одного из компонентов  $-\epsilon = -\epsilon_{cr}$ . В этих (критических) условиях указанный компонент представляет хроматографич. «невидимку» (его  $K_d$  не зависит от  $M$ ). Последнее позволяет по законам Э. х. анализировать ММР отдельных блоков блок-сополимера, ММР функциональных олигомеров (отдельно для каждого типа функциональности), а вблизи критич. условий ( $-\epsilon < -\epsilon_{cr}$ ) получать с помощью Э. х. ММР олигомеров для каждого типа функциональности.

У макромолекул, несущих электр. заряд (полиэлектролитов), наблюдаются схожие, но более сильные изменения  $-\Delta G$  в зависимости от рН и ионной силы элюента. Это происходит благодаря увеличению размеров молекул полиэлектролитов при их диссоциации и проявлению кулоновских взаимод. между зарядами на больших расстояниях, чем в случае действия дисперсионных или электростатич. сил. При увеличении рН выше 4 пов-сть силикагелей приобретает отрицательный заряд. Взаимод. с ней нейтральной макромолекулы остается эксклюзионным (режим Э. х.), поликатион адсорбируется благодаря ионообменной сорбции, а полиани-

он исключается из пор по законам ионной эксклюзии значительно сильнее, чем при обычной эксклюзии.

Для подавления нежелательных для Э. х. явлений ионной эксклюзии и ионообменной сорбции модифицируют пов-сть сорбентов (для придания ей нейтрального заряда при рН > 4), увеличивают ионную силу р-рителя, ослабляя кулоновские взаимод., добавляют орг. р-рители, смещая тем самым рК полиэлектролита или изоэлектрич. точку у полиамфолитов. С др. стороны, ионообменную сорбцию и ионную эксклюзию можно использовать для разделения нейтральных макромолекул, полианионов и поликатионов одного размера. Поскольку диссоциация полиэлектролитов увеличивается с разбавлением их р-ров, то при Э. х. макромолекулы на краях хроматографич. колонки, где их концентрация мала, диссоциируют и движутся по колонке не по законам Э. х., а по законам ионообменной сорбции и ионной эксклюзии в зависимости от заряда пов-сти сорбента и макромолекулы, что приводит к искажению формы кривой зависимости  $V$  и  $M$  (рис. 4), а также позволяет диагностировать наличие того или другого процесса.

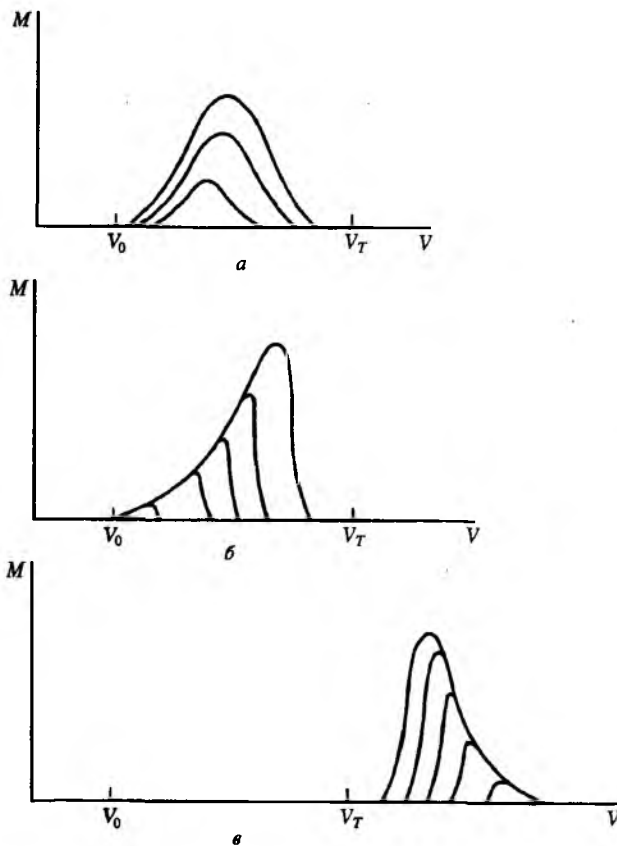


Рис. 4. Эксклюзионная хроматография нейтральных макромолекул (а) и полиэлектролитов: ионная эксклюзия (б), ионообменная сорбция (с).

Эффекты, аналогичные ионообменной сорбции, но только в более слабой степени, могут наблюдаться при гидрофобных взаимод. макромолекулярных сегментов с модифицированной гидрофобными радикалами пов-стью сорбента или при электростатич. взаимод. поверхностных силиконовых гидроксигрупп с функциональными группами полярных макромолекул. Все эти эффекты должны подавляться при проведении Э. х.

Техника Э. х. Для разделения макромолекул в режиме Э. х. используют колонки двух типов: работающие в узком ( $\Delta M = 10^2$ ) и широком ( $\Delta M = 10^4 - 10^5$ ) диапазонах. Колонки широкого диапазона  $M$  имеют широкое распределение пор

сорбента по размерам (бимодальное, тримодальное). Это распределение подбирается т. обр., чтобы при заданных степени линейности калибровочной мол.-массовой зависимости и диапазона масс обеспечивалась наиб. степень селективности  $S_2$ . Можно также составлять колонки для широкого диапазона  $M$  из колонок первого типа.

Разные типы полимеров требуют спец. р-рителей для Э. х. Наиб. универсальный р-ритель – ТГФ (для Э. х. полибутадена, полистирола, полиметакрилата, полиакрилатов). ТГФ имеет низкую вязкость, однако требует очистки от пероксидов. Толуол, хлороформ и метилэтилкетон также широко используют в Э. х. полимеров. Для Э. х. полиолефинов применяют *o*-дихлорбензол и 1,2,4-трихлорбензол, а для полиакрилонитрила, полиэфиров и полиамидов – *m*-крезол, фторированные спирты и *к*-ты.

Калибровку колонок в диапазоне масс  $5 \cdot 10^2 - 1,5 \cdot 10^7$  осуществляют с помощью стандартных узкодисперсных полистиролов. Выпускают также стандарты полиметилметакрилата, полиизопрена, полиэтилена, полиэтиленгликоля и биополимеров (декстран и др.).

Э. х. осуществляется с помощью хроматографа, детектором служит спектрофотометр или проточный рефрактометр с предельной чувствительностью  $5 \cdot 10^{-8}$  ед. рефракции, что соответствует концентрации полимера  $5 \cdot 10^{-5}\%$ . Обычно прибор работает при комнатной *t*-ре, однако Э. х. полиолефинов требует повышенной *t*-ры, что способствует увеличению селективности разделения, эффективности колонок и скорости анализа вследствие уменьшения вязкости подвижной фазы. Совр. хроматографы комплекуются автоматич. устройством для приготовления (растворение полимера, фильтрация *p*-ра) и ввода пробы, компьютером для интерпретации результатов анализа ММР. Концентрацию пробы (*c*) следует уменьшать с ростом  $M$  полимера: для полимера с  $M \leq 10^4$   $c = 0,25\%$  по массе,  $3 \cdot 10^4 - 2 \cdot 10^4$   $c = 0,1\%$ ,  $4 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^6$   $c = 0,05\%$ ,  $M > 2 \cdot 10^6$   $c = 0,01\%$ .

Применение комбинации рефрактометрич. детектора и детектора многоугольного рассеяния света – фотометра позволяет определять ММР и индексы разветвленности без калибровки хроматографа по полимерным стандартам.

Э. х. применяют для исследования и выделения полимеров в диапазоне  $M 10^2 - 2 \cdot 10^7$ . Наилучшая селективность достигнута для олигомеров – выделяют олигомергомологи с числом звеньев до 10–15. Особенность Э. х. олигомеров состоит в том, что на хроматограмме выходят пики для каждого из олигомергомологов, присутствующих в олигомере. Поэтому можно определять ММР олигомера без калибровки колонок, если известна  $M$  одного или неск. олигомергомологов.

При гель-фильтрации белков необходимо принимать меры для предотвращения их адсорбции на сорбенте и не допускать их денатурации. В отличие от Э. х. синтетич. полимеров и олигомеров, используемой гл. обр. в анализ. целях, гель-фильтрация белков – один из важнейших способов их выделения и очистки. Разрешение белков по  $M$  при гель-фильтрации ниже, чем при гель-проникающей хроматографии синтетич. полимеров, т.к. для белков  $R \approx M^{1/3}$ , а для гибкоцепных полимеров  $R \approx M^{1/2}$ . Можно повысить чувствительность определения  $M$  белков методом гель-фильтрации, если проводить ее в условиях денатурации: в б  $M$  *p*-ре гуанидинхлорида ( $R \sim M^{1/2}$ ) или в *p*-ре додецилсульфоната Na ( $R \sim M$ ).

Гель-фильтрацию открыли в 1959 Д. Порат и П. Флодин, *к*-рые показали возможность фракционирования водорастворимых макромолекул, в т. ч. белков, по мол. массе, в качестве сорбента они использовали сшитый декстрановый гель. В 1964 Д. Мур предложил с помощью гель-проникающей хроматографии определять ММР полимеров, фракционируя их на стирол-дивинилбензолном геле.

Лит.: Белецкий Б.Г., Виленич Л.З., Хроматография полимеров, М., 1978; Нефедов П.П., Лавренко П.Н., Транспортные методы в аналитической химии полимеров, Л., 1979; Энтелс С.Г., Вэрениов В.В., Кузаев А.И., Реакционноспособные олигомеры, М., 1985; Yau W.W., Kirkland J., Bly D., Modern size-exclusion liquid chromatography, N.Y., 1979; Belenckii B.G., Vilenchik L.Z., Modern liquid chromatography of macromolecules, Amst., 1983.

Б. Г. Белецкий.

**ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА**, программируемый геномом процесс биосинтеза белков и(или) РНК. При синтезе белков Э. г. включает *транскрипцию* – синтез РНК с участием фермента *РНК-полимеразы*; *трансляцию* – синтез белка на *матричной рибонуклеиновой кислоте*, осуществляемый в *рибосомах*, и (часто) *посттрансляционную модификацию белков*. Биосинтез РНК включает транскрипцию РНК на матрице ДНК, созревание и *сплайсинг*. Э. г. определяется регуляторными последовательностями ДНК; регуляция осуществляется на всех стадиях процесса. Уровень Э. г. (кол-во синтезируемого белка или РНК) строго регулируется. Для одних генов допустимы вариации, иногда в значит. пределах, в то время как для других генов даже небольшие изменения кол-ва продукта в клетке запрещены. Нек-рые заболевания сопровождаются повышенным уровнем Э. г. в клетках пораженных тканей, напр. определенных белков, в т. ч. онкогенов при онкологич. заболеваниях, антител при аутоиммунных заболеваниях.

Различают Э. г.: 1) конститутивную – происходящую в клетке независимо от внешних обстоятельств. Сюда относят экспрессию генов, определяющих синтез макромолекул, необходимых для жизнедеятельности всех клеток, и спец. генов (тканеспецифичная Э. г.), характерных для конкретного вида клеток. 2) Индуцибельная Э. г. определяется действием *к*-л. агентов – индукторов. Ими м. б. гормоны, ростовые *в*-ва и *в*-ва, определяющие дифференцировку клеток (напр., ретиноевая *к*-та). Индукция может происходить на определенной стадии развития организма, в определенной ткани; время и место индукции регулируются геномом. Как правило, изменения в Э. г. носят необратимый характер, по крайней мере в нормальных клетках. У раковых и трансформированных клеток эта закономерность может нарушаться. В роли индукторов м. б. также и факторы внешней среды, напр. изменение *t*-ры, питательные *в*-ва. После прекращения действия индуктора первоначальная картина Э. г. восстанавливается (временная Э. г.).

Большое значение Э. г. имеет в оптимизации синтеза белков методами генетич. инженерии. В качестве продуцента используют бактерии, дрожжи, растительные и животные клетки и даже живые организмы, такие организмы называют трансгенными. Искусственные гены конструируются таким образом, чтобы получить макс. кол-во желаемого продукта с миним. затратами, другими словами, чтобы достичь максимально высокого уровня экспрессии активного белка. Для сильной экспрессии в искусств. гене используют «сильные» регуляторные последовательности генов, обеспечивающие наибольшую продукцию белка. Часто эти последовательности ДНК имеют вирусное происхождение. Описаны случаи экспрессии целевого продукта в бактериях до уровня 50% от всего клеточного белка. Как правило, суперэкспрессированные белки нерастворимы и секретируются в периплазматич. пространство бактерии. Особую сложность представляет получение белков, токсичных для клетки. В таких случаях используют строго индуцибельные системы (напр., РНК-полимеразу фага T7 и ген с промотором для нее) или системы, позволяющие быстро выводить продукт наружу (секретирующие системы). Тем не менее, достичь высокой продукции нек-рых белков все же не удается. Наиб. дорогим является получение белков в животных клетках.

В. В. Шук.

**ЭКСПРЕСС-ТЕСТЫ**, методы и средства быстрого, простого и относительно недорогого массового хим. и биохим. анализа, обычно вне лаборатории. Малогабаритными «карманными» ср-вами без подготовки большого числа проб, использования нетранспортабельных *p*-ров, громоздких приборов и оборудования обнаруживают или определяют *в*-ва на месте нахождения изучаемого объекта. При этом осуществляется качеств. или количеств. анализ. Э.-т. позволяют производить хим. анализ в полевых условиях, на пром. и с.-х. предприятиях, в лечебных учреждениях и домашних условиях. Особенно часто Э.-т. применяют для экспресс-контроля и оперативного анализа объектов окружающей среды и медицины.

Общий принцип Э.-т. – использование цветных *p*-ций хромогенных реагентов, нанесенных на разл. адсорбенты (бумагу,

силикагель, прессованные волокнистые или пористые многослойные материалы и т.п.); условия и форма проведения анализа обеспечивают визуально наблюдаемый цветовой переход в реакц. зоне, сравнимый с к.-л. цветным стандартным образцом или шкалой, цветным перемещающимся компаратором и т.п.

Для Э.-т. используют *реактивные индикаторные бумаги* (РИБ), *индикаторные трубки* (ИТ), прозрачные или покрытые порошком пленки, пенокубики, тампоны, карандаши, ампульные или капельные приспособления, спец. диски, пробирки с двухфазными аналит. зонами и др.

Результаты, полученные с помощью Э.-т., сопоставимы по чувствительности и точности с традиционными инструментальными методами анализа. Иногда для анализа применяют мини-фотометры (масса до 0,5 кг) с цифровым электронным дисплеем и кассетой для ввода аналит. полос или дисков, а также минианалитические приборы, с помощью к-рых можно одновременно измерять оптич. плотности реакц. зон неск. Э.-т.

Наиб. часто используют РИБ (в т.ч. на полимерных подложках) с адсорбционно или ковалентно связанными кислотн.-основными индикаторами, различающимися по диапазону рН. При анализе жидкостей или газов с помощью РИБ и ИТ можно определять мн. орг. в-ва (напр., альдегиды, амины, гидразины, спирты, ПАВ), большое кол-во неорг. ионов, а также  $H_2O$ ,  $H_2O_2$ ,  $H_2S$ ,  $SO_3$ ,  $Cl_2$ .

В мед. практике применяют спец. диагностич. Э.-т. (диагностикумы) для определения белка, глюкозы, гемоглобина, кератина, лейкоцитов, холестерина, триглицеридов, ферментов, нитрит-ионов и др. в крови, моче и др. средах.

Получение и хранение ряда форм Э.-т. требует соблюдения стерильности и пониженной т-ры.

*Лит.:* Островская В.М., Реактивные индикаторные средства (РИС) для многоэлементного тестирования воды, М., 1992; Золотов Ю.А., в сб.: Тезисы докладов Всероссийской конференции «Экоаналитика-94», Краснодар, 1994; Kitter D., Schnelltests in der klinischen Diagnostik, Mfisch., 1976; Zipp A., Hornby W.E., «Talkin», 1984, v. 31, p. 863-77; Koch E., «Analytiker Taschenbuch», 1985, № 5, S. 183-97; Schnelltests Handbuch, Merck, Darmstadt, 1986. *В.М. Островская.*

**ЭКСТЕНСИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ**, см. *Параметры состояния*.

**ЭКСТРАГИРОВАНИЕ** (от лат. *extrahere* – вытягиваю, извлекаю), перевод одного или неск. компонентов из твердого пористого тела в жидкую фазу с помощью избират. р-рителя (экстрагента); один из массообменных процессов хим. технологии. Наряду с термином «Э.» часто применяется термин «выщелачивание» (в англоязычной литературе «leaching»), назв. к-рого происходит от слова «щелочь». Действительно, в нек-рых технол. процессах извлечения р-р содержит щелочь; однако во мн. иных аналогичных процессах, также наз. «выщелачиванием», щелочь вообще не используется. Поэтому термин «Э.», под к-рым понимают извлечение в системе твердое тело – жидкость, следует считать более общим и предпочтительным.

Э. существенно отличается от *экстракции жидкостной*, к-рая протекает в гетерог. системе жидкость – жидкость. При Э. размеры твердых тел задаются предшествующими операциями (измельчение).

Различают два принципиально разных способа извлечения: Э. растворенного в-ва и Э. твердого в-ва. В случае Э. растворенного в-ва пористый объем твердого тела заполнен р-ром целевого компонента, к-рый при извлечении диффундирует за пределы пористого тела в экстрагент. Классич. пример – извлечение сахара из свеколочивной стружки при ее обработке горячей водой. Э. твердого в-ва происходит, если целевой компонент, заполняющий пористый объем твердого тела, находится в твердом состоянии. При обработке твердого тела экстрагентом диффузионной стадии предшествует стадия растворения целевого компонента. В обоих случаях пористый инертный скелет либо остается в неизменном виде, либо подвергается определенным изменениям.

К осн. стадиям Э. относят: 1) подготовку сырья и экстрагента (очистка и измельчение сырья, нагревание р-рителя);

2) непосредственное контактирование твердой и жидкой фаз в аппарате, наз. экстрактором; 3) разделение системы: твердая фаза – р-р (отстаивание, фильтрование, центрифугирование).

Пром. экстрагенты должны обладать высокой избирательностью, легко регенерироваться и быть сравнительно дешевыми. Таким требованиям отвечают вода, этанол, бензин, бензол,  $CCl_4$ , ацетон, р-ры к-т, щелочей и солей.

На скорость и механизм Э. существенно влияет структура твердых пористых тел, особенности строения к-рых определяются их природой и технол. обработкой на стадиях предшествующего Э. Такие тела могут обладать изотропной или анизотропной структурой. Изотропные тела имеют одинаковое строение во всех направлениях. Этому условию отвечают тела, состоящие из весьма малых сцементированных между собой частиц, а также тела животного или растит. происхождения, обладающие клеточным строением. При измельчении изотропных тел возможно появление анизотропии. Для анизотропных тел может наблюдаться регулярная анизотропия. Так, в случае растит. объектов, имеющих систему капилляров, направление вдоль капилляра предпочтительно для диффузионного переноса в сравнении с направлением, перпендикулярным к капилляру. При нерегулярной анизотропии тело можно рассматривать как совокупность емкостей, отделенных одна от другой непроницаемыми перегородками. Особенно неблагоприятно для Э. существование замкнутых областей, изолирующих заключенную в них жидкость от экстрагента.

В соответствии со вторым началом термодинамики при взаимодействии твердой и жидкой фаз их состояние изменяется в направлении достижения равновесия, к-рое характеризуется равенством хим. потенциалов извлекаемого в-ва в объеме твердого тела и в осн. массе экстрагента. При извлечении растворенного в-ва это равносильно равенству его концентраций в обеих фазах: условие нарушается, если целевой компонент адсорбируется твердой фазой, тогда равновесие определяется изотермой адсорбции (см. *Адсорбция*). При извлечении твердого в-ва равновесие обусловлено р-римостью целевого компонента, находящегося в контакте с экстрагентом; при полном извлечении твердого компонента его концентрации в осн. массе р-ра и в пористом объеме выравниваются.

Кинетически Э. подчиняется законам массообмена, конвективной и мол. диффузии (см. *Диффузия*), а также законам переноса извлекаемого в-ва из твердой фазы в жидкую (см. *Переноса процессы*). Движущая сила переноса целевого компонента – разность его хим. потенциалов в фазах. На практике для упрощения связи между скоростью процесса и составом материальных потоков движущую силу Э. выражают через переменный во времени градиент концентраций извлекаемого в-ва в фазах.

**Массообмен при извлечении растворенного вещества.** Концентрационное поле в объеме сферич. пористой частицы радиусом  $R$  (наиб. распространенный случай) с изотропной структурой м.б. описано дифференц. ур-нием диффузии в сферич. координатах:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D(\frac{\partial^2 c}{\partial r^2}) + (2/r)(\frac{\partial c}{\partial r}), \quad (1)$$

где  $c$  – концентрация в-ва, растворенного в пористом объеме твердого тела (целевого компонента);  $t$  – время;  $D$  – коэф. диффузии в-ва в порах частицы;  $r$  – радиальная координата ( $0 \leq r \leq R$ ).

Диффундирующий из глубины пористого тела целевой компонент достигает его границ и переходит в экстрагент. Этот процесс выражается ур-нием:

$$-D(\frac{\partial c}{\partial r})_{r=R} = K(c_{r=R} - c_1), \quad (2)$$

где  $K$  – коэф. массоотдачи;  $c_{r=R}$ ,  $c_1$  – соотв. концентрация в-ва на пов-сти частицы и текущая концентрация в-ва в объеме экстрагента. Вводя безразмерные параметры  $\phi = r/R$  и  $Bi = KR/D$ , преобразуем ур-ние (2) к виду:

$$(\frac{\partial c}{\partial \phi})_{\phi=1} = Bi(c_{r=R} - c_1). \quad (3)$$

Из ур-ния (3) становится ясным физ. смысл параметра  $Bi$  (диффузионное число Био; см. *Подобия теория*). При  $Bi \rightarrow \infty$  параметр  $c_{r=R} \rightarrow c_1$ , т. е. концентрация в-ва на пов-сти частицы равна его концентрации в р-ре. Такие условия отвечают внутридиффузионному режиму (мол. диффузия), при к-ром экстракц. процесс протекает наиб. интенсивно. При  $Bi \ll 1$  производная  $dc/d\phi$  мала и  $c = const$ ; соответствующий режим, наз. внешнедиффузионным (конвективная диффузия), достигается увеличением скорости обтекания твердых частиц жидкостью. Подбирая определенные условия, для обеспечения макс. интенсивности Э. можно перевести внешнедиффузионный режим во внутридиффузионный.

Систему ур-ний (1) и (2) необходимо решать совместно с ур-нием материального баланса, устанавливающим зависимость между  $c$  и  $c_1$ . Эта зависимость определяется схемой взаимод. фаз при Э. (прямоток, противоток). Для прямоточного процесса:

$$V(c_0 - \bar{c}) = W(c_1 - c_n), \quad (4)$$

где  $V$  и  $W$  – соотв. объем всех пор твердого тела, содержащих р-р, и экстрагента, поступающего в единицу времени в экстрактор;  $c_0$  – начальная концентрация целевого компонента в порах;  $c_n$  – начальная концентрация целевого компонента в экстрагенте;  $\bar{c}$  – средняя (к моменту времени  $t$ ) концентрация целевого компонента в пористом объеме. Последняя составляет:

$$\bar{c} = \frac{1}{4/3\pi R^3} \int_0^R c 4\pi r^2 dr.$$

Для противоточного процесса:

$$V(c_0 - \bar{c}) = W(c_k - c_1), \quad (5)$$

где  $c_k$  – конечная концентрация целевого компонента в экстрагенте на выходе из экстрактора.

Система ур-ний (4) и (5) имеет решение:

$$\frac{c_0 - \bar{c}}{c_0 - c_m} = \frac{1}{(1 + \beta)} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b}{(3\beta - \mu_n^2 / Bi)^2 - \mu_n^2(1 - Bi^{-1}) + 9\beta} e^{-\mu_n^2 \tau}, \quad (6)$$

где  $\tau = Dt/R^2$ ;  $\beta = V/W$ ;  $t = l/v$  ( $l$  – длина аппарата,  $v$  – скорость перемещения твердой фазы);  $\mu_n$  – корни характеристич. ур-ния  $ctg \mu = \mu^{-1} + (3\beta/\mu - \mu/Bi)^{-1}$ ;  $c_m = c_n$  при  $\beta > 0$  (прямоток) и  $c_m = c_k$  при  $\beta < 0$  (противоток).

**Массообмен при извлечении твердого вещества.** Возможны разл. варианты распределения твердого целевого компонента по объему частицы; во мн. случаях наблюдается равномерное распределение. Вследствие растворения в-ва и диффузии его за пределы частицы область, содержащая твердый целевой компонент, при Э. систематически сокращается. Процесс описывается ур-нием (1) при крайних условиях:  $c|_{r=R} = c_1$  и  $c|_{r=r_0} = c_s$ , где  $r_0$  – радиус сферы, в к-рой целевой компонент сохраняется в твердом виде;  $c_s$  – концентрация насыщения р-ра целевым компонентом.

Вместо решения задачи с подвижной границей раздела фаз можно использовать также приближенное ур-ние:

$$\frac{\partial (4/3 \pi r_0^3 M)}{\partial t} = D 4\pi R^2 \left( \frac{\partial c}{\partial r} \right)_{r=R}, \quad (7)$$

где  $M$  – масса твердого целевого компонента в объеме частицы.

Рассматривая медленный процесс извлечения твердого в-ва как квазистационарный, т. е. такой, при к-ром в каждый момент времени «успевает» установиться стационарное распределение концентраций в виде  $[(c_s - c)/(c_s - c_1)] = [(1 - r_0/r)/(1 - r_0/R)]$ , находят:

$$1/6 - \varphi_0^2/2 + \varphi_0^3/3 = [(c_s - c_1)M](Dt/R^2), \quad (8)$$

где  $\varphi_0 = r_0/R$ . Из ур-ния (8) определяют время  $t_s$  извлечения всего в-ва из частицы радиусом  $R$ :

$$t_s = 1/6(M/(c_s - c_1))(R^2/D). \quad (9)$$

Более общую задачу непрерывного Э. (прямоток, противоток) решают, используя ур-ния материального баланса (4) и (5).

**Аппаратурное оформление процесса**

По взаимному направлению движения твердой фазы и экстрагента экстракторы подразделяют на прямоточные и противоточные, по режиму работы – на аппараты периодического, полунепрерывного и непрерывного действия.

**Экстракторы периодического и полунепрерывного действия.** Наиб. распространены камерные аппараты (реакторы) с мех., пневматич. или пневмомех. перемешиванием, а также т. наз. настоящие чаны с неподвижным слоем твердых частиц с циркуляцией (перколяторы) и без циркуляции экстрагента. Аппараты для Э. в плотном слое обычно располагаются вертикально и имеют комбинир. форму: в осн. части цилиндрическую, с одного или обоих концов – форму усеченного конуса (рис. 1, а). На решетку сверху загружается слой твердого материала, через к-рую сверху вниз протекает экстрагент; для выгрузки твердого остатка служит откидное днище.

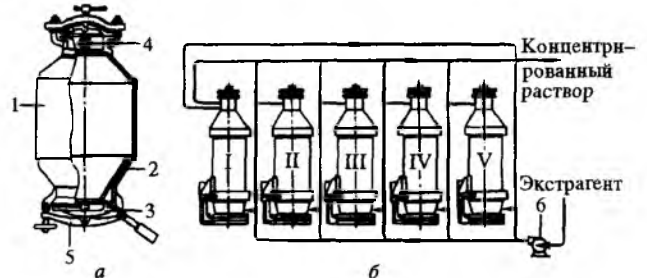


Рис. 1. Экстракторы периодического действия: а – единственный аппарата; б – батарея аппаратов (I-V); 1 – корпус; 2 – ложное днище (решетка); 3 – откидное днище; 4 – штуцер для ввода свежего экстрагента; 5 – штуцер для отвода концентрированного р-ра; 6 – насос.

Последоват. соединение 4-16 таких аппаратов в батарею (рис. 1, б) позволяет перейти к полунепрерывной противоточной схеме. Благодаря замкнутой системе коммуникаций удается периодически отключать от циркуляц. системы один из аппаратов, освобождать его от полностью истощенного материала и заполнять свежим. Далее этот аппарат снова включают в систему циркуляции и подают в него наиб. обогащенный экстрагент, прошедший через все остальные аппараты; затем отключают след. аппарат, в к-рый до этого поступал чистый экстрагент, и т. д. С увеличением числа аппаратов процесс приближается к непрерывному.

Гл. недостатки описанных экстракторов, к-рые продолжают широко применяться в хим. произ-вах: большие затраты ручного труда при их эксплуатации, значит. потери экстрагируемого в-ва при выгрузке, высокая металлоемкость, трудность регулирования работы. Экстракторы периодич. действия используют в произ-ве небольших партий фармацевтич. препаратов, настоев, морсов и др. Экстракторы полунепрерывного действия (батарея аппаратов) малоэффективны, громоздки и сложны в обслуживании.

**Экстракторы непрерывного действия.** К осн. экстракторам относятся шнековые и ленточные аппараты. Шнековый экстрактор (рис. 2) представляет собой трехколонный аппарат с транспортирующим органом шнекового типа. Твердая фаза последовательно перемещается через загрузочную, горизонтальную и экстракц. колонны навстречу движущемуся экстрагенту. В верх. части загрузочной колонны имеется сито для отделения экстракта от твердой фазы. Достоинства аппарата – малая металлоемкость и небольшая занимаемая площадь. Недостатки обусловлены конструкцией шнека, вокруг вала к-рого закручивается твердый материал; поэтому иногда шнек заменяют цепным транспортирующим органом.

Ленточный экстрактор (рис. 3) имеет стальной корпус, внутри к-рого расположен транспортер с перфорир. лентой. Подаваемый в аппарат материал движется слоем

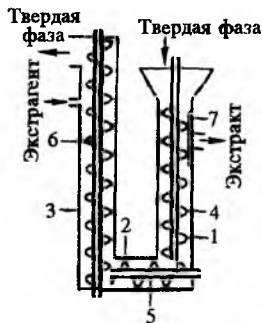


Рис. 2. Шнековый экстрактор непрерывного действия: 1, 2, 3 — загрузочная, горизонтальная и экстракц. колонны; 4–6 — шнеки; 7 — разделит. сито.

высотой 0,6–1,2 м по верх. ветви транспортера. Для равномерного распределения экстрагента по пов-сти материала над слоем размещены распылители. Пройдя через слой материала, р-р поступает в воронку, откуда насосом подается в смежную зону, к-рая расположена в направлении, противоположном движению ленты. Распространены также роторные аппараты карусельного типа, реализующие тот же принцип действия.

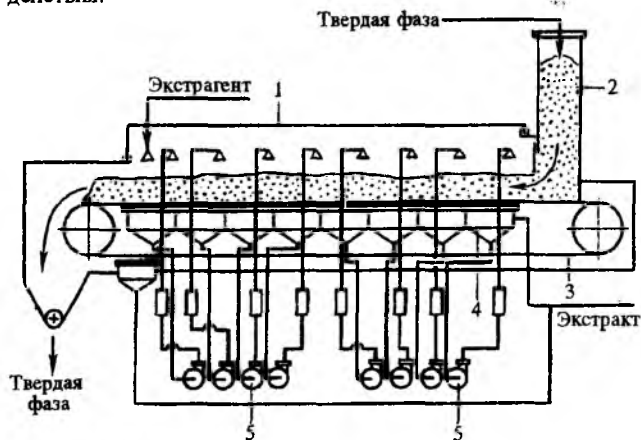


Рис. 3. Ленточный экстрактор непрерывного действия: 1 — корпус; 2 — бункер; 3 — ленточный транспортер; 4 — воронка; 5 — насосы.

Преимущества экстракторов непрерывного действия, применяемых в многотоннажных произ-вах, перед периодически функционирующими аппаратами: более высокий коэф. массоотдачи от пов-сти твердых частиц к экстрагенту; полное исключение ручного труда при обслуживании; возможность создания экстракторов большой единичной мощности и автоматизации Э.

#### Интенсификация процесса

По сравнению с растворением Э. протекает медленнее. Для его интенсификации целесообразны след. способы:

1. Повышение т-ры экстрагента. Приводит к увеличению коэф. диффузии, что ускоряет извлечение растворенного и твердого в-в; в последнем случае возрастает и движущая сила процесса  $c_2 - c_1$  [см. ур-ние (8)]. При повышении т-ры снижается также вязкость экстрагента, вследствие чего уменьшаются потери напора на прокачку р-рителя через слой извлекаемого в-ва.

2. Повышение относит. скорости движения фаз. Способствует увеличению коэф. массоотдачи, что сокращает время Э. (если процесс не лимитируется внутр. диффузией).

3. Интенсивное перемешивание. Приводит к обновлению пов-сти контакта твердых частиц с экстрагентом (эффективно при внешн. диффузионном сопротивлении).

4. Повышение давления. Уменьшает объем воздуха, «защелченного» в пористом объеме частиц при погружении твердого в-ва в экстрагент, и, следовательно, восстанавливает нарушенный при этом контакт внутр. пов-сти частиц с жидкостью.

5. Подвод энергии (вибрации, пульсации, ультразвуковые и инфразвуковые колебания).

Кроме того, при хим. р-циях между в-вом и экстрагентом процесс можно ускорить, повышая концентрацию извлекаемого в-ва.

Э. используют: а) для извлечения соед. редких металлов, урана, серы и др. из руд; б) для извлечения из пористых продуктов спекания разл. в-в (произ-во глинозема, NaF и т. д.); в) для выделения орг. соед. из растит. сырья в произ-вах сахара, растит. и эфирных масел, р-римых кофе и чая, лек. ср-в и др.; г) для образования пористых структур путем добавления и послед. извлечения р-римоного в-ва после фиксации структуры (напр., в произ-ве пористых пластмасс, применяемых как изоляц. материал).

Лит.: Аксельруд Г.А., Лысянский В.М., Экстрагирование. Система твердое тело — жидкость, Л., 1974; Романков П.Г., Курочкина М.И., Экстрагирование из твердых материалов, Л., 1983; Романков П.Г., Фролов В.Ф., Массообменные процессы химической технологии, Л., 1990, с. 117–48. Г.А. Аксельруд.

**ЭКСТРАКЦИОННАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ**, см. Жидкостная хроматография.

**ЭКСТРАКЦИЯ ЖИДКОСТНАЯ** (позднелат. extractio — извлечение, от extraho — вытягиваю, извлекаю), перевод одного или неск. компонентов р-ра из одной жидкой фазы в контактирующую и не смешивающуюся с ней др. жидкую фазу, содержащую избират. р-ритель (экстрагент); один из массообменных процессов хим. технологии. Используется для извлечения, разделения и концентрирования растворенных в-в.

Экстрагенты обеспечивают переход целевых компонентов из исчерпываемой (тяжелой) фазы, к-рая чаще всего представляет собой водный р-р, в извлекающую (легкую) фазу (обычно орг. жидкость). Две контактирующие жидкие фазы и распределяемый между ними целевой компонент образуют экстракц. систему. Извлекающая фаза включает только экстрагент (или смесь экстрагентов) либо является р-ром одного или неск. экстрагентов в разбавителе, служащем для улучшения физ. (вязкость, плотность) и экстракц. св-в экстрагентов. В качестве разбавителей используют, как правило, жидкости (керосин, бензол, хлороформ и др.) либо их смеси, к-рые в исчерпываемой фазе практически нерастворимы и инертны по отношению к извлекаемым компонентам р-ра. Иногда к разбавителям добавляют модификаторы, повышающие р-римость экстрагируемых компонентов в извлекающей фазе или облегчающие расслаивание фаз (спирты, кетоны, трибутилфосфат и т. д.).

К осн. стадиям Э. ж. относятся: 1) приведение в контакт и диспергирование фаз; 2) разделение или расслаивание фаз на экстракт (извлекающая фаза) и рафинат (исчерпываемая фаза); 3) выделение целевых компонентов из экстракта и регенерация экстрагента, для чего наряду с дистилляцией наиб. часто применяют реэкстракцию (процесс, обратный Э. ж.), обрабатывая экстракт водными р-рами в-в, обеспечивающих полный перевод целевых компонентов в р-р или осадок и их концентрирование; 4) промывка экстракта для уменьшения содержания и удаления механически захваченного исходного р-ра.

В любом экстракц. процессе после достижения требуемых показателей извлечения фазы должны быть разделены. Эмульсии, образующиеся при перемешивании, обычно термодинамически неустойчивы, что обусловлено наличием избыточной своб. энергии вследствие большой межфазной пов-сти. Последняя уменьшается из-за коалесценции (слияния) капель дисперсной фазы. Коалесценция энергетически выгодна (особенно в бинарных системах) и происходит до тех пор, пока не образуются два слоя жидкости (см. Коалесценция, Тонкие пленки).

Разделение эмульсий осуществляется, как правило, в две стадии. Сначала довольно быстро осаждаются (всплывают) и коалесцируют крупные капли. Значительно более мелкие капли остаются в виде «тумана», к-рый отстаивается довольно долго. Скорость расслаивания зачастую определяет производительность аппаратуры всего экстракц. процесса. На практике для интенсификации разделения фаз используют цент-

робежные силы и применяют разл. устройства или насадки, к-рые располагают в отстойниках (см. ниже). В ряде случаев расслаиванию способствует электр. поле.

Осн. требования к пром. экстрагентам: высокая избирательность; высокая экстракц. емкость по целевому компоненту; низкая р-римость в рафинате; совместимость с разбавителями; легкость регенерации; высокие хим., а в ряде случаев и радиационная стойкость; негорючесть или достаточно высокая т-ра вспышки (более 60 °С); невысокая летучесть и низкая токсичность; доступность и невысокая стоимость.

Наиб. распространенные пром. экстрагенты подразделяют на след. классы: 1) нейтральные, извлечение к-рыми осуществляется по разным механизмам в зависимости от кислотности исходного р-ра, — вода, фосфорорг. соед. (гл. обр. трибутилфосфат), нефтяные сульфоксиды, насыщенные спирты, простые и сложные эфиры, альдегиды, кетоны и др.; 2) к и с л ы е, к-рые извлекают катионы металлов в орг. фазу из водной, — фосфорорг. к-ты [ди(2-этилгексил)фосфорная к-та], карбоновые и нафтенновые к-ты, сульфокислоты, алкилфенолы, хелатообразующие соед. (гидроксиоксимы, алкилгидроксиинолины, β-дикетоны); 3) основные, с помощью к-рых извлекают анионы металлов из водных р-ров, — первичные, вторичные, третичные амины и их соли, соли четвертичных аммониевых, фосфониевых и arsonиевых оснований и др.

**Равновесие при экстракции**

Термодинамически Э. ж. — самопроизвольный процесс выравнивания хим. потенциалов в-в в контактирующих фазах (см. *Фазовое равновесие*). Состояние равновесия характеризуется термодинамической константой распределения  $P_T$ , в общем случае описываемой выражением:

$$P_T = \bar{a}/a = \exp \{ (\mu^0 - \bar{\mu}^0)/RT \}, \quad (1)$$

где  $\bar{\mu}^0$  и  $\bar{a}$  — соотв. стандартный хим. потенциал и термодинамич. активность распределяемого компонента в извлекающей фазе;  $\mu^0$  и  $a$  — то же для распределяемого компонента в исчерпываемой фазе;  $R$  — универсальная газовая постоянная;  $T$  — т-ра.

Разность хим. потенциалов переносимых компонентов в фазах представляет собой движущую силу Э. ж. Точное определение хим. потенциалов в экстракц. системах в настоящее время затруднительно. Поэтому для упрощения инженерных расчетов за движущую силу процесса принимают разность  $\Delta c$  между фактическими (рабочими) и равновесными концентрациями целевого компонента в фазах.

Для экстракц. равновесий справедливо *фаз правило*. Его применение к простейшей экстракц. системе (двухфазной из трех компонентов) при условии, что т-ра и давление обычно не изменяются, дает вариантность системы (т.е. число ее термодинамич. степеней свободы), равную единице. Это означает, что существует взаимно однозначное соответствие между равновесными концентрациями распределяемого компонента в исчерпываемой ( $c$ ) и извлекающей ( $\bar{c}$ ) фазах. Благодаря этому для характеристики равновесного распределения используют кривую равновесия, или изотерму экстракции  $\bar{c} = f(c)$ , и коэффициент распределения  $\alpha = \bar{c}/c$  (рис. 1 и 2). При существенной взаимной р-римости фаз для описания экстракц. равновесий вместо декартовых координат применяют более сложные диаграммы, напр. в плоскости равностороннего треугольника (см. также *Диаграмма состояния*).

По величине коэф.  $\alpha$  судят об экстракц. способности экстрагента: чем больше этот параметр, тем выше способность данного р-рителя извлекать целевой компонент. В экстракц. системах коэф.  $\alpha$  изменяется в широких пределах. Знание закономерностей экстракц. равновесий и ур-ний для их описания позволяет выбирать условия, обеспечивающие необходимые значения  $\alpha$ .

Для характеристики экстракц. разделения двух в-в используют коэф. ф и ц и е н т раз д е л е н и я  $\beta$ , численно равный отношению соответствующих коэф. распределения этих в-в (обычно большего к меньшему) в экстракте и рафинате:

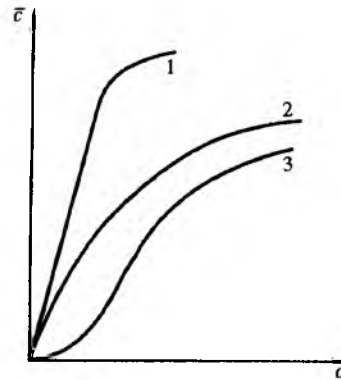


Рис. 1. Типичные изотермы экстракции неэлектролитов (1, 2) и электролитов (2, 3).

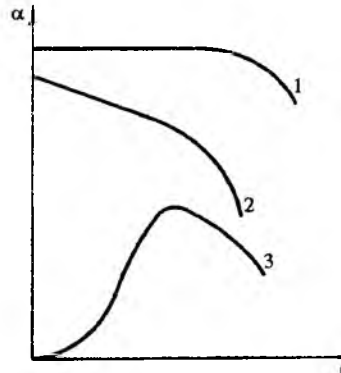


Рис. 2. Типичные зависимости  $\alpha = f(c)$  при экстракции неэлектролитов (1, 2) и электролитов (2, 3).

$\beta = \alpha_1/\alpha_2$ . Факторы, влияющие на экстракц. разделение, многочисленны и определяются не только закономерностями экстракц. равновесия, но и способом организации процесса (см. ниже). Напр., при однократном контакте фаз наилучшее разделение двух компонентов в состоянии равновесия достигается при макс. различии их степеней извлечения. Для практич. реализации разделения при многоступенчатой противоточной Э. ж. бывает достаточно  $\beta = 1,5-2,0$  (разделение лантаноидов и др.).

На экстракц. равновесие сильное влияние оказывают также коэф. активности компонентов в фазах, что объясняется относительно небольшим изменением своб. энергии при экстракции (до 11 кДж/моль).

Ур-ние (1) — самое общее выражение, характеризующее экстракц. равновесие. Вид этого ур-ния применительно к конкретной экстракц. системе обусловлен природой и состоянием в-в в фазах. По данным признакам различают распределение в след. экстракц. системах: неэлектролит — неэлектролит, электролит — неэлектролит, электролит — электролит.

**Экстракция в системах неэлектролит — неэлектролит.** Для этих систем, в к-рых экстракция не сопровождается хим. р-циями, характерно т. наз. физическое распределение, обусловленное сравнительно слабыми ван-дер-ваальсовыми взаимод. экстрагента с извлекаемым в-вом. В этом случае:

$$P_T = \bar{\gamma}/\gamma, \quad (2)$$

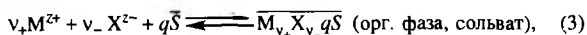
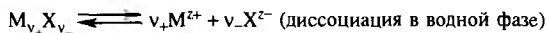
где  $\bar{\gamma}$  и  $\gamma$  — коэф. активности экстрагируемого в-ва соотв. в извлекающей и исчерпываемой фазах. При  $\bar{\gamma} \rightarrow 1$  и  $\gamma \rightarrow 1$  коэф.  $\alpha \rightarrow P_T$  (закон Бертло-Нернста). Выражению (2) отвечают начальные участки равновесных кривых 1 на рис. 1 и 2. Отклонения от линейности в области больших концентраций вызваны изменениями коэф. активности в-в в фазах.



Экстракция в системах электролит – неэлектролит, в к-рых электролит диссоциирует в водной фазе, возможна лишь при условии образования сравнительно прочной хим. связи (энергия связи 40–200 кДж/моль) между экстрагентом и извлекаемым компонентом. Количеств. описание экстракц. равновесий в данных системах основано на применении действующих масс закона. Хим. связь между извлекаемым компонентом и экстрагентом м. б. образована в результате р-ций присоединения (по сольватному или гидратно-сольватному механизму), катионного или анионного обмена, а также разл. сочетаний этих процессов.

Сольватный и гидратно-сольватный механизмы типичны для нейтральных экстрагентов. Реализация каждого механизма зависит от соотношения между своб. энергиями гидратации извлекаемого компонента и его взаимодей. с экстрагентом. Для экстрагентов этого класса характерно существ. влияние на экстракц. равновесие гидратации, сольватации и (в случае достаточно разбавл. р-ров) электролитич. диссоциации в орг. фазе.

По сольватному механизму с образованием донорно-акцепторных связей извлекаются соли металлов (напр., экстракция нитратов урана, тория, лантаноидов трибутилфосфатом), с образованием водородной связи – нек-рые к-ты (напр., экстракция HNO<sub>3</sub> триоктилфосфиноксидом). Процессы экстракции м. б. записаны, напр., так:



где M – извлекаемый металл; X – анион;  $\bar{S}$  – экстрагент;  $v_+$ ,  $v_-$ ,  $q$  – стехиометрич. коэф.;  $z$  – зарядовое число; черта над знаком или формулой означает нахождение в-ва в извлекающей (в данн. случае, органической) фазе.

Константа равновесия суммарной хим. р-ции образования извлекаемого соед. наз. термодинамической константой экстракции ( $K_T$ ). Напр., для р-ции (3) имеем:

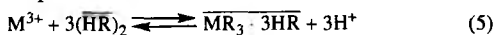
$$K_T = \frac{\bar{c} \bar{v}}{(v_+^{z+})(v_-^{z-})c_+^v c_-^z \bar{c}_3^q \bar{v}_3^q} = K_K \frac{\bar{v}}{(v_+^{z+})(v_-^{z-})c_+^{v-1} \bar{v}_+^q \bar{v}_-^z} = K_{эф} \frac{\bar{v}}{\bar{v}_3^q}, \quad (4)$$

где  $K_K$  и  $K_{эф}$  – концентрационная и эффективная константы экстракции (для практич. целей часто ограничиваются расчетом только  $K_K$ );  $v_- = v_+ + v_-$ ;  $\bar{v}_+$  – средний ионный коэф. активности ионов;  $c_+$  и  $c_-$  – исходная концентрация и коэф. активности экстрагента. Для извлечения по сольватному механизму характерно вытеснение воды из орг. фазы при возрастании в ней содержания извлекаемого компонента.

Гидратно-сольватный механизм реализуется за счет взаимодей. экстрагента с гидратной оболочкой экстрагируемых компонентов. Поэтому по мере извлечения в орг. фазе увеличивается содержание воды, равновесная концентрация к-рой зависит от разл. факторов. Такой механизм характерен для экстракции сильных к-т (напр., HCl, HClO<sub>4</sub>) трибутилфосфатом, а также солей металлов спиртами, простыми и сложными эфирами, кетонами и др. слабоосновными экстрагентами.

Для р-ций, протекающих по механизму присоединения, характерно стремление  $\alpha$  к нулю при уменьшении концентрации извлекаемого компонента в исчерпываемой фазе вследствие увеличения его степени диссоциации. Поэтому в системах с нейтральными экстрагентами зачастую используют высаливатели (см. *Высаливание*) – обычно неэкстрагирующиеся электролиты с одноименным по отношению к извлекаемому компоненту анионом. Введение высаливателя приводит к изменению формы изотермы экстракции и увеличению  $\alpha$ .

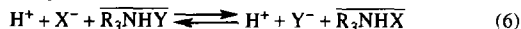
Катионный обмен типичен для экстракции ионов металлов сильными экстрагентами, напр. фосфорорг., карбоновыми и др. к-тами. Образующаяся соль, как правило, сольватирована молекулами экстрагента:



Для таких процессов наблюдается линейное возрастание  $\lg \alpha$  с увеличением pH, что является следствием закона действующей

масс. В ряде случаев (напр., при экстракции U фосфорорг. к-тами) наряду с ионным обменом возможно образование координац. связи между фосфорильной группой и извлекаемым компонентом.

Анионный обмен характерен для экстракции минер. к-т и ионов металлов солями аминов и четвертичных аммониевых оснований, напр.:



Экстракция соед. металлов солями аминов возможна также и по механизму р-ций присоединения. Для экстракции с помощью этих в-в типично сильное влияние на параметры равновесия процессов ассоциации в орг. фазе.

Извлечение ионов металлов сильными хелатообразующими экстрагентами, а также смесями, напр. нейтральных и сильных экстрагентов, происходит по смешанному механизму. В первом случае катионный обмен дополняется донорно-акцепторными взаимодей. с участием донорных атомов (обычно N или O) экстрагента. Во втором случае более полно реализуются координац. возможности иона металла за счет образования смешанных комплексов типа  $M[X_n S_j]$ . Повышенная прочность комплексов обуславливает увеличение коэф.  $\alpha$ .

Экстракция в системах электролит–электролит ограничено распространена в пром-сти и используется гл. обр. в науч. исследованиях. Описание равновесий в этих системах в отличие от рассмотренных требует учета электролитич. диссоциации компонентов р-ров в обеих фазах.

**Синергизм.** При экстракции смесями экстрагентов часто наблюдаются изменения коэф.  $\alpha$  вследствие изменений коэф. активности извлекаемого компонента в фазах или образования сольватов. Такой эффект, наз. синергетическим или синергизмом, выражается в том, что экспериментально определяемый коэф.  $\alpha$  оказывается больше этого коэф., вычисленного по схеме аддитивности. Синергизм обычно реализуется при невысоких концентрациях распределяемого компонента в извлекающей фазе. При более полном использовании емкости экстрагента наблюдается противоположный эффект (антагонизм), при к-ром коэф.  $\alpha$  меньше суммы коэф. распределения компонентов данной системы.

**Кинетика экстракции**

Э. ж., как и любой реальный процесс, протекает во времени. Кинетически Э. ж. представляет собой массопередачу (см. *Массообмен*), к-рая сопровождается разнообразными физ.-хим. процессами, происходящими на межфазной границе, в прилегающих к ней слоях и в объемах фаз. Скорость экстракции, или кол-во в-ва, переходящего в единицу времени из одной фазы в другую, определяется по ф-ле:

$$v = KF\Delta c, \quad (7)$$

где  $K$  – коэф. массопередачи;  $F$  – площадь межфазной пов-сти;  $\Delta c$  – движущая сила процесса. Если параметры  $v$ ,  $F$  и  $\Delta c$  известны, то можно найти значение плотности межфазного потока ( $j$ ), коэф. массопередачи и обратную ему величину – т. наз. сопротивление массопередаче ( $R_M$ ):

$$j = vF = K\Delta c = R_M^{-1}\Delta c. \quad (8)$$

В зависимости от природы  $R_M$  или, иными словами, в зависимости от того, каким конкретно процессом (хим. р-цией или диффузией) лимитируется скорость извлечения в-ва, м. б. предложены разл. способы воздействия на скорость экстракции. Возможны два осн. пути ее регулирования: 1) введением в экстракц. систему мех. энергии, затрачиваемой на принудит. перемешивание и диспергирование фаз с целью увеличения пов-сти их контакта и коэф. массоотдачи в фазах; 2) воздействием на скорость хим. р-ций и межфазных физ.-хим. процессов.

В хим. технологии в качестве гл. фактора интенсификации Э. ж. используют первый путь, т. к. обычно скорость экстракции лимитируется диффузией. Однако необходимо учитывать, что возрастание межфазной пов-сти и коэф. массоотдачи в фазах становится все менее заметным по мере увеличения интенсивности принудит. перемешивания. Поэтому попытка дальнейшего ускорения экстракции за счет дополнит. затрат

мех. энергии могут оказаться неэффективными. Кроме того, при интенсивных режимах перемешивания возможно снижение скорости разделения фаз на последующих стадиях процесса. Если скорость извлечения в-ва ограничена скоростью медленных хим. р-ций в фазах, то при прочих равных условиях скорость экстракции не зависит от размера межфазной пов-сти. Интенсификация экстракц. процесса возможна лишь за счет ускорения самих р-ций.

В подавляющем большинстве экстракц. систем, особенно при интенсивном перемешивании, сопротивление массопередаче  $R_m$  сосредоточено в межфазной области. Это означает, что все действующие в ней факторы будут оказывать влияние на коэф. массопередачи. К числу таких факторов относятся: межфазные р-ции между экстрагентом и извлекаемым в-вом; блокировка межфазной пов-сти в результате аккумуляции на ней труднорастворимых продуктов р-ций, микрокапель, твердых частиц или, др. словами, вследствие образования в межфазной области конденсир. межфазных пленок и зон микрогетерогенности; влияние процессов адсорбции - десорбции и двойного электр. слоя; самопроизвольная межфазная конвекция из-за нарушения гидродинамич. стабильности границы раздела фаз (эффект Марангони).

Знание закономерностей кинетики процесса и информация о коэф. массопередачи необходимы для расчетов экстракц. аппаратуры и определения путей интенсификации Э. ж.

**Способы организации процесса**

Э. ж. осуществляют в аппаратах, наз. экстракторами, с однократным и многократным контактом фаз. Соотв. различают однократную (одноступенчатую) и многократную (многоступенчатую) экстракцию; при этом ступенями разделения служат отдельные аппараты или их секции.

**Многократная экстракция, наиб. распространенная в пром-сти, проводится непрерывно и по способу движения фаз подразделяется на противоточную, полупротивоточную и перекрестноточную. Чаще всего применяют противоточную экстракцию с одним экстрагентом (рис. 3) с числом ступеней обычно 5-10. Для трудноразделяемых компонентов (напр., близких по св-вам лантаноидов) число ступеней достигает 70-100.**

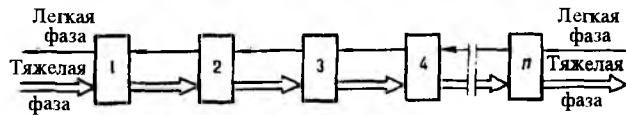


Рис. 3. Схема противоточной многократной экстракции: 1-4, ..., n - экстракторы.

Четкость разделения исходной смеси можно повысить, используя след. способы. При Э. ж. с обратной флегмой экстрагент и рафинат частично отделяются от соотв. экстракта и исходного р-ра; далее определенные доли этих фракций обратно возвращаются в экстрактор навстречу уходящим потокам (процесс проводят подобно *ректификации*). При Э. ж. с двумя несмешивающимися экстрагентами каждый из них избирательно растворяет к.-л. компонент или группу компонентов экстракц. системы.

Реже используют полупротивоток и перекрестный ток. При полупротивоточной экстракции одна фаза «неподвижна» (не перемещается со ступени на ступень), а др.

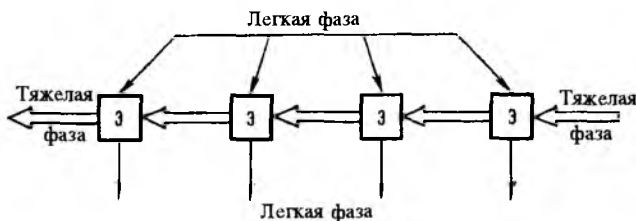


Рис. 4. Схема перекрестноточной многократной экстракции (Э - экстракторы).

фаза последовательно проходит все ступени каскада (см. ниже), вымывая компоненты р-ра в порядке убывания коэф.  $\alpha$ . Полупротивоток применяют для извлечения и разделения компонентов, присутствующих в системе в очень малых кол-вах. При необходимости более полного извлечения целевого компонента из исходного р-ра иногда используют перекрестноточную экстракцию (рис. 4): исчерпываемая фаза движется последовательно вдоль ступеней каскада, а извлекающая фаза поступает на каждую ступень и с нее же выводится.

**Однократная экстракция, осуществляемая периодически или непрерывно, возможна лишь при высоких значениях  $\alpha$  и применяется преим. для аналит. целей. Примером пром. реализации одноступенчатого процесса может служить мембранная экстракция, основанная на использовании мембран жидких и сочетающая одновременно прямой процесс и рекстракцию. Роль мембран выполняет слой орг. жидкой фазы, разделяющий два водных р-ра - исчерпываемый и извлекающий. Жидкая мембрана обычно содержит активный компонент - экстрагент, служащий для переноса целевых компонентов из исчерпываемой фазы в извлекающую. Разновидность мембранной Э. ж. - экстракция во множественных эмульсиях вода - масло - вода.**

**Оптимизация экстракции. Э. ж. - многофакторный процесс, мат. описание и оптимизация к-рого требуют сведения воедино совокупности равновесных, кинетич., гидродинамич., конструктивных данных и результатов масштабирования (см. Масштабный переход). Эта задача успешно решается с помощью структурного моделирования экстракц. процессов. В основе его лежат т. наз. структурные модели, адекватно описывающие равновесие, кинетику и аппаратурное оформление каждого реального процесса. В отличие от функциональных моделей, к-рые также используются для описания экстракц. процесса, но рассматривают его или отдельные элементы лишь с целью установления количеств. корреляции между отдельными параметрами, структурные модели обладают более широкими экстраполяц. возможностями и пригодны для оптимизации Э. ж. на стадии пром. проектирования.**

**Аппаратурное оформление процесса**

По способу контакта фаз пром. экстракторы подразделяют на дифференциально-контактные (колонные аппараты), ступенчатые и промежуточные конструкции. Аппараты первой группы отличаются непрерывным контактом фаз и плавным изменением концентрации извлекаемого компонента вдоль длины (высоты) аппарата. При таком профиле концентраций фазы ни в одной точке экстрактора не приходит в равновесие. Эти аппараты более компактны и требуют ограниченных производств. площадей, однако в них за счет продолжительного перемешивания (обусловлено конвективными осевыми потоками, застойными зонами, турбулентными пульсациями и т. д.) может значительно уменьшаться средняя движущая сила.

Аппараты второй группы состоят из дискретных ступеней, в каждой из к-рых осуществляется контакт фаз, после чего они разделяются и движутся противотоком в послед. ступени. Продолжное перемешивание выражено слабее, но необходимость разделения фаз между соседними ступенями может приводить (при плохо отстаивающихся системах) к существенному увеличению размеров экстрактора.

**Колонные экстракторы** подразделяют на гравитационные и с внеш. подводом энергии. Эффективность колонн оценивают кпд отдельных ступеней разделения, высотой, эквивалентной теоретич. ступени (ВЭТС), либо высотой единицы переноса (ВЕП). ВЭТС зависит от гидродинамич. режима в колонне и физ.-хим. св-в экстракц. системы. Высоту (длину) колонны, в к-рой проводится многоступенчатый процесс, рассчитывают по ф-ле:  $H = N \cdot \text{ВЭТС}(\text{ВЕП})$ , где  $N$  - необходимое число ступеней, определяемое, как правило, графически по изотермам экстракции и материальным балансам или с помощью расчетов на ЭВМ.

**Гравитационные экстракторы.** В них движение взаимодействующих жидкостей происходит под действием разности плотностей фаз; пов-сть их контакта образуется за счет соотв. энергии потоков. К этим аппаратам относятся распылительные, насадочные и ситчатые экстракторы.

Распылит. экстракторы (рис. 5) – полые колонны, снабженные соплами, инжекторами и др. распылителями для диспергирования взаимодействующих фаз. Такие аппараты отличаются простотой и высокой производительностью, но сравнительно невысокой эффективностью. Несколько более эффективны, но менее производительны насадочные экстракторы, не отличающиеся по устройству от др. подобных массообменных аппаратов (см. также *Насадочные аппараты*). Ситчатые экстракторы представляют собой колонны с перфорир. тарелками, снабженными переливными устройствами (см. также *Тарельчатые аппараты*). Одна из взаимодействующих жидкостей, проходя через отверстия тарелок, диспергируется; благодаря этому создается большая пов-сть контакта с встречной жидкостью, протекающей по переливным устройствам в виде сплошной фазы. Ситчатые экстракторы уступают по производительности только распылит. экстракторам, надежны в работе (вследствие простоты конструкции и отсутствия движущихся частей), однако имеют низкую эффективность.

Рис. 5. Распылительный экстрактор: 1, 2 – распылители.

По сравнению с др. колонными аппаратами все гравит. экстракторы малоэффективны (ВЭТС может достигать 3 м) из-за относительно небольшой площади уд. пов-сти контакта фаз, обусловленной крупными размерами капель (до неск. мм). Подвод энергии позволяет раздробить капли (до десятых долей мм), в результате чего требуемую высоту колонны можно уменьшить на порядок.

Экстракторы с внешним подводом энергии подразделяются на пульсационные (см. *Пульсационные аппараты*), вибрационные (см. *Вибрационная техника*), с

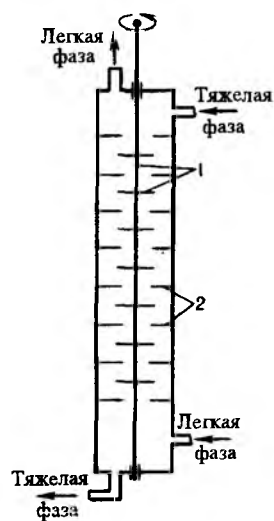


Рис. 6. Роторно-дисковый экстрактор: 1 – ротор (вал с дисками); 2 – кольцевые перегородки статора.

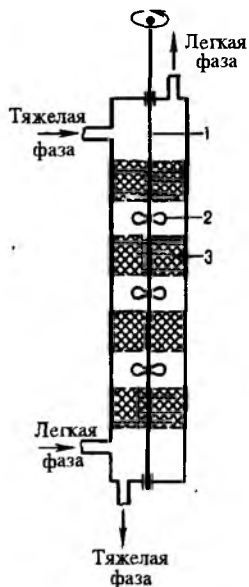


Рис. 7. Экстрактор с чередующимися смесительными и отстойными секциями (колонна Шайбеля): 1 – вал; 2 – мешалка; 3 – насадка.

мех. перемешиванием. К аппаратам последнего типа относятся экстракторы роторно-дисковые и с чередующимися смесит. и отстойными насадочными секциями (колонны Шайбеля). В роторно-дисковых аппаратах (рис. 6) вращающиеся диски перемешивают и диспергируют контактирующие жидкости, после чего они расслаиваются. В колоннах Шайбеля (рис. 7) лопастные или турбинные мешалки размещены на общем вертикальном валу попеременно со слоями неподвижной насадки. Перемешанные жидкости, пройдя через слой насадки, расслаиваются.

Ступенчатые экстракторы. К ним относятся разл. типы смесителей-отстойников. Секция такого аппарата по эффективности приближается к одной теоретич. ступени. Требуемого числа ступеней достигают соединением секций в каскад. Зачастую неск. секций, разделенных перегородками, объединяют в одном корпусе (ящичные экстракторы; рис. 8). Каждая секция (ступень) имеет смесит. и отстойную камеры. Перемешивание фаз м. б. пульсационным или механическим (чаще всего применяют турбинные мешалки, одновременно транспортирующие жидкости из ступени в ступень).

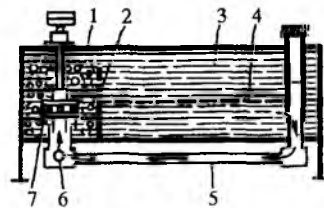


Рис. 8. Ящичный экстрактор: 1, 3 – смесительная и отстойная камеры; 2 – перегородка; 4 – граница раздела фаз; 5 – рециркуляц. труба; 6 – всасывающий коллектор; 7 – турбинная мешалка.

Достоинства смесителей-отстойников: возможность варьирования нагрузок в широких пределах; возможность быстрого достижения требуемой производительности после остановки процесса; возможность формирования каскадов из большого числа ступеней; простота эксплуатации. Недостатки: большие объемы перерабатываемых в аппаратах р-ров и опасность возникновения пожаров; медленное установление равновесия; большое число мех. и пневматич. устройств; повышенная чувствительность к твердым загрязнениям, что снижает надежность работы; высокая металлоемкость. Смесители-отстойники имеют преимущества перед колонными экстракторами в процессах с малым или очень большим числом ступеней, а также в процессах с большими потоками (до 1000 м<sup>3</sup>/ч).

Экстракторы промежуточных конструкций. Среди аппаратов, занимающих промежуточное положение между дифференциально-контактными и ступенчатыми, наиб. распространены центробежные экстракторы, в к-рых разделение, а иногда и перемешивание фаз происходят в поле действия центробежных сил. Рабочий орган (ротор) этих аппаратов состоит из набора перфорир. с обоих концов цилиндров, спиральных лент и др. Исходный р-р и экстрагент движутся навстречу один другому, причем более тяжелая фаза – от центра к периферии, а более легкая – в обратном направлении. Контакт жидкостей происходит на пути их движения, а диспергирование – при прохождении через перфорир. части цилиндров.

Центробежные экстракторы подразделяют на камерные (дискретно-ступенчатые) и дифференциально-контактные. Аппараты первой группы состоят из отдельных ступеней (камер), в каждой из к-рых движущиеся противотоком фазы последовательно перемешиваются и разделяются (напр., экстракторы «Лувеста» и «Робатель»). В аппаратах второй группы процесс протекает при близком к непрерывному контакту движущихся встречных потоков фаз; движение происходит по каналам, образованным внутр. перегородками ротора (напр., экстракторы Подбильняка).

Центробежные экстракторы отличаются высокими производительностью (потоки до сотен м<sup>3</sup>/ч) и эффективностью (3–10 теоретич. ступеней), малой продолжительностью контакта фаз (неск. секунд и менее), интенсивным массообменом. Такие аппараты перспективны в произ-вах неустойчивых соед. (напр., антибиотики), при переработке высококордиоак-

тивных р-ров и стойких эмульсий, систем с близкими плотностями фаз.

Выбор экстракторов оптим. конструкции для конкретных пром. процессов должен базироваться на технико-экономич. сравнении аппаратов с учетом эффективности их работы, производительности, разделит. способности, энергетич., капитальных и эксплуат. затрат.

В лаб. практике применяют в осн. те же, что и в пром-сти, способы Э.ж., проводимой в стеклянных, металлич. или полимерных экстракторах разнообразных конструкций, простейшие из к-рых – делительные воронки, прибор Льюиса (хим. стакан с мешалками) и др.

**Области применения экстракционных процессов**

Экстракция органических соединений широко распространена в основном орг. синтезе, нефте-, коксо- и лесохимии и др. отраслях пром-сти. Примеры: разделение смесей углеводородов нефтяных фракций на группы компонентов близкого хим. состава (ароматич. углеводороды и легкие парафины); извлечение ароматич. углеводородов (бензол, толуол, ксилолы) из продуктов каталитич. риформинга; очистка смазочных масел; выделение фенолов из фракций кам.-уг. смолы; извлечение бутадиена из смеси углеводородов в произ-ве СК; извлечение из водных р-ров орг. к-т с послед. их концентрированием (уксусная, акриловая, лимонная к-ты). В хим.-фармацевтич. и микробиол. отраслях пром-сти экстракцию используют в произ-ве лек. препаратов – алкалоидов, антибиотиков, витаминов, гормонов; в пищ. пром-сти – для очистки масел и жиров и др.

Экстракция неорганических соединений. Применение Э.ж. в гидрометаллургии позволяет создавать эффективные технол. схемы, обеспечивающие комплексную переработку минер. сырья и вторичных ресурсов. Экстракцию используют в технологии U и облученного ядерного горючего (извлечение и разделение U и Pu, выделение радионуклидов), редких и рассеянных (Be, Zr, Hf, Nb, Ta, P3Э, Mo, W, Re и др.), цветных (Al, Cu, Ni, Co, Zn и др.) и благородных (Ag, Au, Pt и др.) металлов, а также высококачистых соед. Fe (см. также, напр., *Выщелачивание, Гидрометаллургия*).

Важная область применения экстракции – очистка H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Процесс можно проводить, экстрагируя к-ту из водной фазы, загрязненной примесями, в орг. р-ритель или извлекая нежелат. примеси в экстрагент.

Охрана окружающей среды. С этой целью экстракцию используют для очистки технол. р-ров и сточных вод и выделения из них ценных (напр., фенолы, метилхлорид, нек-рые хладоны) и токсичных в-в (см. также *Охрана природы*).

Экстракция в аналит. химии и радиохимии. В аналит. химии Э.ж. применяют с целью селективного извлечения целевых хим. элементов из смесей для количеств. анализа, а также для определения содержания примесей в исследуемых соед., что важно при получении особо чистых в-в. Как метод аналит. химии Э.ж. отличаются высокая избирательность, простота проведения, универсальность (возможность выделения практически любого элемента).

В радиохимии Э.ж. используют гл. обр. для очистки радиоактивных в-в от примесей, извлечения из облученных мишеней радионуклидов и их разделения, выделения стабильных нуклидов из разл. объектов и т. д. (см. также, напр., *Изотопов разделение*).

Э.ж. часто сочетают с др. методами, напр. хроматографией, соосаждением, дистилляцией.

Экономич. показатели Э.ж. определяются в осн. стоимостью извлекаемого в-ва и экстрагента, а также затратами на его регенерацию. При технико-экономич. анализе процесса необходимо учитывать потери экстрагента, соизмеряя их со стоимостью целевого продукта. Э.ж. – один из самых низкоэнергоемких хим.-технол. процессов и поэтому может успешно конкурировать с иными массообменными процессами. Другие осн. достоинства Э.ж.: низкие рабочие т-ры; возможность весьма полного разделения азеотропных смесей и смесей близких по св-вам компонентов; эффективность извлечения ценных и токсичных компонентов из разбавл. р-ров;

возможность сочетания с иными процессами хим. технологии (напр., ректификацией и кристаллизацией); относит. простота аппаратурного оформления и возможность полной автоматизации.

Лит.: Фомин В.В., Химия экстракционных процессов, М., 1960; Трейбал Р., Жидкостная экстракция, пер. с англ., М., 1966; Золотов Ю.А., Экстракция внутримолекулярных соединений, М., 1968; Последние достижения в области жидкостной экстракции, под ред. К. Хансона, пер. с англ., М., 1974; Справочник по экстракции, под ред. А.М. Розена, т. 1-3, М., 1976-78; БСЭ, 3 изд., т. 30, М., 1978, с. 16-18; Основы жидкостной экстракции, М., 1981; Химический энциклопедический словарь, М., 1983, с. 693-95; Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980, p. 672-721; Handbook of solvent extraction, N. Y., 1983.

В.В. Тарасов, А.А. Пичугин.

**ЭКСТРАКЦИЯ «СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ»** (сверхкритическая флюидная экстракция, «газовая» экстракция), перевод одного или неск. компонентов твердой либо жидкой смеси в «сверхкритический газ». Проводится контактированием смеси разделяемых компонентов с газообразным экстрагентом при т-ре и давлении выше его критич. точки (см. *Критическое состояние*). Наиб. распространены в качестве экстрагентов (р-рителей) CO<sub>2</sub>, этан, этилен, пропан, SF<sub>6</sub> и др. Напр., для CO<sub>2</sub> критич. и сверхкритич. состояния показаны на рис.

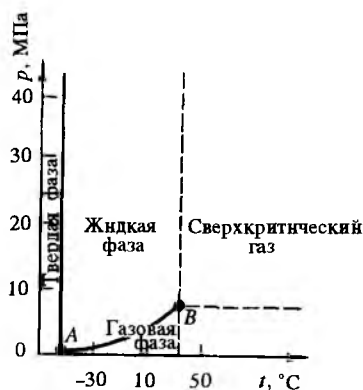


Рис. Диаграмма температура – давление для CO<sub>2</sub>: А – тройная точка; В – критич. точка.

Гл. характеристика газа как экстрагента (см. *Экстрагирование, Экстракция жидкостная*) – его растворяющая способность, определяемая количественно т. наз. параметром р-римости Гильдебранда δ (см. *Козезия*). Растворяющая способность сильно зависит от т-ры T и давления p, что позволяет путем их изменения варьировать р-римость извлекаемых компонентов.

Р-римость y<sub>i</sub> чистого (твердого или жидкого) компонента i можно вычислить по ур-нию:

$$y_i = \frac{p_i}{p} \left[ \frac{\Phi_i}{\Phi_i^f} \exp \left[ V_i (p - p_i) / RT \right] \right],$$

где p<sub>i</sub> – давление насыщенного пара (при т-ре T) данного компонента; p – давление сверхкритич. газа; Φ<sub>i</sub>, Φ<sub>i</sub><sup>f</sup> – соотв. коэффициенты летучести компонента при давлении p<sub>i</sub> и давлении сверхкритич. газа; V<sub>i</sub> – молярный объем компонента; R – газовая постоянная.

Выражение в квадратных скобках – т. наз. фактор усиления E, k-рый показывает, во сколько раз р-римость компонента в сверхкритич. газе превышает его р-римость в идеальном газе. Для разл. классов извлекаемых в-в значения E лежат обычно в диапазоне 10<sup>4</sup>–10<sup>7</sup>.

Из ур-ния следует, что более летучий компонент обладает и большей р-римостью. Отношение р-римостей компонентов характеризует селективность извлечения. Во мн. случаях для ее повышения в сверхкритич. газ вводят малые добавки полярных в-в – модификаторов (напр., ацетон, метанол, этанол, трибутилфосфат). Последние способны образовывать донорно-акцепторные комплексы с нек-рыми в-вами,

что повышает их р-римость в сверхкритич. газе. По сравнению с обычными жидкостями суперкритич. газы характеризуются более высокими (на 2–3 порядка) коэф. диффузии и более низкой (на 1–2 порядка) вязкостью. Поэтому скорость извлечения не лимитируется массопереносом в сверхкритич. фазе.

Э. с. проводят, как правило, по схеме двухстадийного непрерывного процесса в аппаратах высокого давления, напр. в тарельчатых колоннах. На первой стадии сверхкритич. газ контактирует с жидкой или твердой смесью, извлекая р-римые компоненты. На второй стадии экстрагент регенерируют путем сброса давления или изменения т-ры, что приводит к полному осаждению извлеченных в-в. Затем рабочие параметры газа изменяют до требуемых значений и снова направляют его на первую стадию, организуя т. обр. циркуляцию экстрагента.

Э. с. — относительно новый процесс; исследования в этой области активно проводятся с начала 1970-х гг. Наиб. число работ посвящено извлечению разл. в-в сверхкритич. CO<sub>2</sub> из-за его высокой растворяющей способности, дешевизны, доступности, нетоксичности и невысоких критич. параметров [ $t_{\text{крит}} 31,3^\circ\text{C}$ ,  $p_{\text{крит}} 7,36$  МПа].

В пром-сти Э. с. используют для извлечения кофеина из зерен кофе, выделения ценных компонентов (напр., растит. масел, биологически активных в-в) из нек-рых видов растит. сырья (цветы ромашки, хмель и др.), регенерации адсорбентов и катализаторов, переработки угля и нефти (см., напр., *Гидрогенизация угля, Деасфальтизация*) и др. Весьма перспективна Э. с. для извлечения, разделения и концентрирования продуктов растит. и животного происхождения в пищ., парфюм. и хим.-фармацевтич. отраслях пром-сти, а также для извлечения токсичных орг. в-в (напр., пестицидов) из почвы и сточных вод. Возрастает применение Э. с. в аналит. химии в качестве селективного метода разделения и концентрирования компонентов сложных смесей орг. соед.

Лит.: Пичугин А. А., Тарасов В. В., «Успехи химии», 1991, т. 60, в. 11, с. 2412–21; Юркин В. Т., «Успехи химии», 1995, т. 64, в. 3, с. 237–50; McHugh M. A., Krukonis V. J., *Supercritical fluid extraction: principles and practice*, Boston, 1986; *Supercritical fluid extraction and chromatography: techniques and applications*, ed. by B. A. Curpenter, M. R. Sevenants, Wash., 1988.

А. А. Пичугин, В. В. Тарасов.

**ЭКСТРУЗИОННО-РАЗДУВНОЕ ФОРМОВАНИЕ ПОЛИМЕРОВ**, см. *Полимерных материалов переработка*.

**ЭКСТРУЗИЯ ПОЛИМЕРОВ**, см. *Полимерных материалов переработка*.

**ЭЛАСТИНОВАЯ КИСЛОТА**, см. *Олеиновая и элаидиновая кислоты*.

**ЭЛАСТОМЕРЫ**, полимеры и материалы на их основе, обладающие во всем диапазоне их эксплуатации высокоэластичными св-вами, т. е. способностью к большому (до сотен процентов) обратимым деформациям (см. *Высокоэластическое состояние*). Типичные Э. — разл. каучуки и резины.

**ЭЛЕКТРЕТНО-ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**, то же, что *термодеполяризационный анализ*.

**ЭЛЕКТРЕТЫ**, диэлектрики, способные длительное время находиться в наэлектризованном состоянии после снятия внеш. воздействия, вызвавшего поляризацию, и образовывать вокруг себя электрич. поле; электрич. аналоги постоянных магнитов.

В качестве Э. используют монокристаллические (напр., галогениды щелочных металлов, корунд, сера) и поликристаллические (титанаты щел.-зем. металлов, фарфор, керамика, стекла, ситаллы и др.) диэлектрики, полимеры (гл. обр. гомо- и сополимеры тетрафторэтилена, поливинилиденфторид, поликарбонаты, полиметилметакрилат, полиамиды), а также воски (пчелиный и карнаубский) и прир. смолы.

В зависимости от способа поляризации Э. разделяют на группы. Термоэлектреты поляризуются при нагр. диэлектриков в электрич. поле до т-ры  $T_w$  при к-рой полярные участки могут ориентироваться достаточно быстро. При последующем охлаждении в электрич. поле до нек-рой т-ры  $T_k$  подвижность полярных участков «замораживается» и они длит. время находятся в ориентированном состоянии с оста-

точной поляризацией  $P_0$ , величина к-рой прямо пропорциональна диэлектрич. проницаемости  $\epsilon_0$ :  $P_0 = \epsilon_0 \Delta \epsilon E_n$ , где  $\Delta \epsilon = \epsilon_T - \epsilon_T$  ( $E_n$  — напряженность внеш. электрич. поля;  $\epsilon_T$  и  $\epsilon_T$  — диэлектрич. проницаемость соотв. при т-рах  $T_n$  и  $T_k$ ).

В полях высокой напряженности происходит также инжекция носителей зарядов (электронов, дырок), к-рые образуют поверхностные заряды со знаком, противоположным знаку поляризованного заряда. Эффективная поверхностная плотность зарядов составляет  $\sigma_{\text{эфф}} = \sigma_p - P_0$ , где  $\sigma_p$  — инжектированный заряд.

Поляризацию проводят также приложением электрич. поля высокой напряженности (электроэлектреты), в коронном разряде (коронноэлектреты), облучением пучком заряженных частиц (радиационные электреты), совместным воздействием электрич. поля и электромагн. излучения, напр. света (фотоэлектреты). В отсутствие внеш. электрич. поля Э. получают при мех. деформации полимеров (механоэлектреты), при трении (трибоэлектреты), хим. сшивке и полимеризации (хемоэлектреты).

Деполяризация Э. при нагр. сопровождается возникновением токов термоустойчивой деполяризации (ТСД), измерение к-рых позволяет с высокой чувствительностью определять т-ры и характеристики релаксационных явлений диполей (см. *Термодеполяризационный анализ*).

Макс. величина  $\sigma_{\text{эфф}}$  и ее неизменность во времени определяются не только хим. строением и электропроводностью диэлектрика, но и св-вами окружающей среды, напр. пробивной прочностью воздуха, наличием вблизи заряженной пов-сти противоположного электрода, на к-ром индуцируется противоположный заряд.

Кроме обычных Э., обладающих противоположными знаками зарядов с разных сторон (биполярные Э.), известны т. наз. моноэлектреты, представляющие собой, напр., полимерные пленки (пластины) с зарядом одного знака с обеих сторон. Для таких диэлектрич. пленок толщиной 10 мкм при комнатной т-ре  $\sigma_{\text{эфф}} = 5 \cdot 10^{-4}$  Кл/м<sup>2</sup>; стабильность зарядов Э. во времени достигает десятков лет.

Э. применяются в качестве источников постоянного электрич. поля в электретных микрофонах и телефонах, виброметрах, датчиках давления, фильтрах, дозиметрах, устройствах электрич. памяти; фотоэлектреты используются в электрофотографии (см. *Репрография*).

Лит.: Электреты, под ред. Г. Сесслера, пер. с англ., М., 1983; Луцкей и Г. А., Полимерные электреты, 2 изд., М., 1984. Г. А. Луцкейкин.

**ЭЛЕКТРОГРАВИМЕТРИЯ**, электрохим. метод количеств. анализа, основанный на определении увеличения массы рабочего электрода вследствие выделения на нем определяемого компонента в результате электролиза. Как правило, определяют в-во осаждают в виде металла (или оксида) на предварительно взвешенном платиновом катоде (или аноде). Момент завершения электролиза устанавливают с помощью специфич. чувствительной качественной р-ции на определяемый ион. Рабочий электрод промывают, высушивают и взвешивают. По разности масс электрода до и после электролиза определяют массу выделившегося металла или оксида.

Теоретич. потенциал выделения металла на катоде можно рассчитать из величин стандартных электродных потенциалов  $E^0$ . Напр., при определении Cu(II) в кисло-м р-ре на платиновом катоде и аноде протекают соотв. р-ции:  $\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$  ( $E_{\text{Cu}}^0 = 0,339$  В) и  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e$  ( $E^0 = 1,229$  В). В условиях электролиза потенциал катода при  $25^\circ\text{C}$  описывается ур-нием Нернста:

$$E = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 - \frac{0,0591}{2} \lg \frac{a_{\text{Cu}}}{a_{\text{Cu}^{2+}}}, \text{ где } a_{\text{Cu}} \text{ и } a_{\text{Cu}^{2+}} - \text{термодинамич.}$$

активности соотв. металлической меди и ионов  $\text{Cu}^{2+}$ . В начале электролиза, когда пов-сть катода не покрыта медью,  $a_{\text{Cu}}$  — бесконечно малая величина; при наличии тока, достаточного для заполнения медью пов-сти катода,  $a_{\text{Cu}}$  приближается к единице. На практике для протекания электрохим. р-ции с заметной скоростью необходимо более высокое напряжение, чем теоретически рассчитанный потенциал выделения  $E$ . Это

связано с перенапряжением кислорода на платиновом аноде (порядка 0,84 В при плотности тока 0,01 А·см<sup>-2</sup>) и омич. падением напряжения в ячейке.

Э. – селективный метод: при равенстве исходных концентраций компонентов раздельное выделение на электроде возможно при разности их электродных потенциалов порядка 0,3 В (для однозарядных ионов) или 0,1 В (для двухзарядных ионов).

Электролиз можно проводить при постоянном напряжении между электродами, при постоянной силе тока или при контролируемом потенциале рабочего электрода. В случае Э. при постоянном напряжении происходит смещение потенциала рабочего электрода в более отрицат. область за счет поляризации. Следствием этого является снижение селективности из-за протекания дополнит. р-ции (выделение др. металлов или газообразного Н<sub>2</sub>). Этот вариант Э. пригоден для определения легко восстанавливающихся в-в в присут. примесей, восстанавливающихся труднее, чем ионы Н<sup>+</sup>. В конце электролиза возможно выделение газообразного Н<sub>2</sub>. Хотя в отличие от кулонометрии 100%-ный выход по току определяемого в-ва не обязателен, выделение Н<sub>2</sub> часто приводит к образованию осадков с неудовлетворительными физ. св-вами. Поэтому в анализируемый р-р рекомендуется вводить в-ва, восстанавливающиеся легче ионов Н<sup>+</sup> (гидразин, гидроксил-амин) и предотвращающие т. обр. выделение Н<sub>2</sub>.

Если проводить электролиз при постоянной силе тока, необходимо периодически увеличивать налагаемое на ячейку внешнее напряжение, чтобы скомпенсировать уменьшение тока, вызываемое концентрационной поляризацией. Вследствие этого анализ становится менее селективным. Иногда, однако, удается связывать мешающие катионы в прочные комплексные соед., восстанавливающиеся при более отрицат. потенциале, чем определяемое в-во, или предварительно удалять мешающий ион в виде малорастворимого соединения. Метод применяют, напр., для определения Cd в щелочном р-ре его цианида, Co и Ni в аммиачно-сульфатном р-ре, Cu в смеси серной и азотной к-т.

Значительно более высокая селективность достигается в случае проведения электролиза при контролируемом потенциале рабочего электрода. Обычно потенциал рабочего электрода измеряют относительно третьего электрода с известным и постоянным потенциалом, т. е. электрода сравнения (насыщенного каломельного или хлорсеребряного). Имеются потенциалостаты, поддерживающие постоянный потенциал катода на протяжении всего электролиза. При этом можно раздельно количественно выделять компоненты смеси со стандартными электродными потенциалами, различающимися всего на неск. десятых долей вольта. Напр., последовательно определяют Cu, Bi, Pb и Sn. Первые три металла выделяют из нейтрального тартратного р-ра: Cu – при 0,2 В; Bi – при 0,4 В; Pb – при 0,6 В (взвешивая электрод после осаждения каждого металла). Оставшийся р-р подкисляют и осаждают Sn при -0,65 В. Разработаны методы определения Cu в присут. Bi, Sb, Pb, Sn, Ni, Cd, Zn; Pb – в присут. Cd, Sn, Ni, Zn, Mn, Al, Fe.

Выделенный на электроде осадок должен хорошо прилипать к электроду, быть плотным и гладким во избежании мех. потерь при промывании, высушивании и взвешивании. На физ. св-ва осадков влияют плотность тока, т-ра и интенсивность перемешивания р-ра. Электролиз рекомендуется проводить при невысоких плотностях тока (обычно от 0,01 до 0,1 А·см<sup>-2</sup>), что позволяет получать мелкокристаллич., свободные от примесей осадки, хорошо удерживающиеся на электроде, а также избегать концентрационной поляризации. Для снижения плотности тока применяют рабочие электроды с большой пов-стью (в частности, сетчатые); одновременно в этом случае сокращается и время анализа. Для снижения концентрационной поляризации и ускорения электролиза р-р интенсивно перемешивают или, иногда, нагревают. В последнем случае увеличивается подвижность ионов и уменьшается вязкость р-рителя; но одновременно может усилиться выделение газообразных продуктов, поэтому для каждого конк-

ретного определения оптимальную т-ру устанавливают экспериментально.

Разновидность Э. – метод внутр. (самопроизвольного) электролиза, когда электрохим. р-ция в ячейке (гальванич. элемент) протекает самопроизвольно без приложения внеш. напряжения. Катодом служит инертный металл. электрод (обычно платиновая сетка), анодом – электрохимически активный электрод, напр. пластинка из меди, цинка или магния. Электролиз начинается в момент соединения электродов внутр. проводником и проходит до тех пор, пока полностью не выделится определяемый металл. Для поддержания относительно высокой силы тока применяют электроды большого размера, хорошо перемешивают р-р, вводят инертный электролит. Чтобы избежать выделения определяемого в-ва на аноде (цементация), анодное пространство отделяют от катодного пористой диафрагмой или анод изолируют от анализируемого р-ра с помощью пористого керамич. стаканчика, заполненного р-ром соли металла, из к-рого изготовлен анод. При правильном выборе анода можно проводить селективные определения. Напр., с платиновым катодом и медным анодом в р-ре сульфата меди определяют Ag в присут. Cu, Fe, Ni и Zn. В общем случае при катодном выделении определяемого в-ва потенциал анода должен быть отрицательнее потенциала рабочего электрода. Метод внутр. электролиза более пригоден для определения сравнительно малых кол-в в-ва, отличается простотой и селективностью; недостаток метода – длительность анализа (для полного выделения осадка необходимо вести электролиз не менее часа).

Э. известна с 1860-х гг. и применялась для определения металлов, используемых для чеканки монет, в разл. сплавах и рудах. Это безэталонный метод, к-рый можно рассматривать как простейший вариант кулонометрии. По точности и воспроизводимости результатов Э. превосходит др. методы при определении таких металлов, как Cu, Sn, Pb, Cd, Zn. Несмотря на то, что длительность эксперимента, Э. до сих пор применяют для анализа сплавов, металлов и р-ров для электролитных ванн.

Лит.: Лопатин Б. А., Теоретические основы электрохимических методов анализа, М., 1975; Скуг Д., Уэст Д., Основы аналитической химии, пер. с англ., т. 2, М., 1979; Юнг Г., Инструментальные методы химического анализа, пер. с англ., М., 1989.

Г. В. Прохорова.

**ЭЛЕКТРОДИАЛИЗ**, см. Мембранные процессы разделения.

**ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ**, физ.-хим. процессы, к-рые протекают на границе раздела проводников электрич. тока 1-го и 2-го рода и сопровождаются переходом через эту границу заряженных частиц – электронов и (или) ионов. При этом в качестве проводников 1-го рода могут выступать разл. металлы и сплавы, хим. соед., обладающие электронной проводимостью (напр., оксиды), а также полупроводниковые материалы; в качестве проводников 2-го рода выступают разл. ионные системы – р-ры и расплавы электролитов, а также твердые электролиты.

Любой Э. п. всегда протекает в двух направлениях: в катодном, когда к границе раздела со стороны электрода течет отрицат. катодный ток (соответствующую плотность тока обозначают  $\vec{i}$ ), и в анодном, когда к границе раздела со стороны электрода течет положит. анодный ток (плотность тока  $\vec{i}$ ). Суммарный Э. п. является катодным, если  $\vec{i} > \vec{i}$ , и анодным, если  $\vec{i} < \vec{i}$ ; при этом измеряемая плотность тока  $i = \vec{i} - \vec{i}$ . Катодные процессы связаны с переносом электронов е от электрода к молекулам или ионам реагирующих на электроде в-в; последние при этом восстанавливаются. В анодных процессах, наоборот, происходит окисление реагирующих в-в, сопровождающееся переходом электронов на электрод либо растворением материала электрода. Хим. превращения в катодном процессе наз. электровосстановлением (напр.,  $O_2 + 4e + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$ ), в анодном – электроокислением (напр.,  $2Cl^- - 2e \rightarrow Cl_2$ ). В условиях электрохим. равновесия  $\vec{i} = \vec{i}$  и  $i = 0$ . Обнаружить анодную составляющую катодного Э. п. можно с помощью радионуклидов. Так, если на амальгаме цинка, содержащей радионуклид Zn, в неактивном р-ре  $ZnSO_4$  проводить катодный Э. п.



$Zn^{2+} + 2e(Hg) \rightleftharpoons Zn(Hg)$ , то через нек-рое время р-р также обнаруживает радиоактивность из-за наличия  $i$ . Закон сохранения массы в ходе Э. п. отражают *Фарадея законы*.

Важной особенностью Э. п. является их стадийный характер. Рассмотрим стадии Э. п. на примере р-ции  $2H_3O^+ + 2e(M) \rightleftharpoons H_2 + 2H_2O$  (М – металл). В стадии массопереноса ионы  $H_3O^+$  из объема р-ра переходят к пов-сти металла М:  $(H_3O^+)_{об} \rightleftharpoons (H_3O^+)_{пов}$ . Затем следует стадия вхождения ионов  $H_3O^+$  в *двойной электрический слой* (их адсорбция на электроде):  $(H_3O^+)_{пов} \rightleftharpoons (H_3O^+)_{адс}$ . После этого имеет место собственно электрохим. стадия разряда-ионизации:  $(H_3O^+)_{адс} + e(M) \rightleftharpoons H_{адс} + H_2O$ . Удаление адсорбированного водорода с пов-сти электрода может осуществляться по трем параллельным путям:

- 1)  $2H_{адс} \rightleftharpoons (H_2)_{пов}$ ,
- 2)  $H_{адс} + e(M) + (H_3O^+)_{адс} \rightleftharpoons (H_2)_{пов} + (H_2O)_{адс}$ ,
- 3)  $H_{адс} + e(M) + (H_2O)_{адс} \rightleftharpoons (H_2)_{пов} + (OH^-)_{адс}$ .

Путь (1) получил назв. *рекомбинации*, а пути (2) и (3) – электрохим. десорбции с участием соотв. ионов  $H_3O^+$  и молекул воды. Затем следует стадия массопереноса растворенного  $H_2$  от пов-сти металла в объем р-ра:  $(H_2)_{пов} \rightleftharpoons (H_2)_{об}$ . И, наконец, процесс завершается стадией образования новой фазы – пузырьков  $H_2$ :  $(H_2)_{об} \rightleftharpoons (H_2)_{газ}$ . Если же в р-ре имеется к.-л. орг. основание В (напр., пиридин), возникают дополнит. стадии: хим. взаимодействие –  $B + H_3O^+ \rightleftharpoons BH^+ + H_2O$  (в объеме р-ра и на пов-сти электрода), заряд адсорбированных частиц  $BH^+$  и удаление продуктов с пов-сти электрода.

Выяснение механизма Э. п. и определение скоростей как отдельных стадий, так и суммарного Э. п. составляет предмет *электрохимической кинетики*. Э. п. лежат в основе прикладной *электрохимии*.

Лит.: Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Введение в электрохимическую книгу, 2 изд., М., 1983.

Б. Б. Дамаскин.

**ЭЛЕКТРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ**, разность электростатич. потенциалов между электродом и находящимся с ним в контакте электролитом. Возникновение Э. п. обусловлено пространств. разделением зарядов противоположного знака на границе раздела фаз и образованием *двойного электрического слоя*. На границе между металлич. электродом и р-ром электролита пространств. разделение зарядов связано со след. явлениями: переносом ионов из металла в р-р в ходе установления электрохим. равновесия, кулоновской адсорбцией ионов из р-ра на пов-сть металла, смещением электронного газа за пределы положительно заряженного ионного остова кристаллич. решетки, специфич. (некулоновской) адсорбцией ионов или полярных молекул р-рителя на электроде и др. Последние два явления приводят к тому, что Э. п. не равен нулю даже при условии, когда заряд пов-сти металла равен нулю (см. *Потенциал нулевого заряда*).

Абс. величину Э. п. отдельного электрода определить невозможно, поэтому измеряют всегда разность потенциалов исследуемого электрода и нек-рого стандартного электрода *сравнения*. Э. п. равен эдс электрохим. цепи, составленной из исследуемого и стандартного электродов (*диффузионный потенциал* между разными электролитами, обусловленный различием скоростей движения ионов, при этом должен быть устранен). Для водных р-ров в качестве стандартного электрода обычно используют водородный электрод (Pt,  $H_2[0,101 \text{ МПа}] | H^+ [a=1]$ ), потенциал к-рого при давлении водорода 0,101 МПа и термодинамич. активности  $a$  ионов  $H^+$  в р-ре, равной 1, принимают условно равным нулю (водородная шкала Э. п.). При схематич. изображении цепи водородный электрод всегда записывают слева; напр., потенциал медного электрода в р-ре соли меди равен эдс цепи Pt,  $H_2 | HCl || CuCl_2 | Cu | Pt$  (две штриховые черты означают, что диффузионный потенциал на границе HCl и  $CuCl_2$  устранен).

Если исследуемый электрод находится в стандартных условиях, когда активности всех ионов, определяющих Э. п., равны 1, а давление газа (для газовых электродов) равно 0,101 МПа, значение Э. п. наз. стандартным (обозначение  $E^0$ ).

Оно связано со стандартным изменением энергии Гиббса  $\Delta G$  и константой равновесия  $K_p$  электрохим. р-ции ур-нием:  $-\Delta G = nFE^0 = RT \ln K_p$ , где  $F$  – число Фарадея;  $n$  – число электронов, участвующих в р-ции;  $R$  – газовая постоянная;  $T$  – абс. т-ра. Значения  $E^0$  электрохим. систем по отношению к водородному электроду и протекающие на электродах р-ции сведены в спец. таблицы (подробнее см. *Стандартный потенциал*).

Зависимость Э. п. от термодинамич. активностей  $a_i$  участников электрохим. р-ции выражается *Нернста уравнением*:

$$E = E^0 - \frac{RT}{nF} \sum_i \nu_i \ln a_i,$$

где  $\nu_i$  – стехиометрич. коэф. участника р-ции, причем для исходных в-в это отрицат. величина, а для продуктов р-ции – положительная.

Если через электрод протекает электр. ток, Э. п. отклоняется от равновесного значения из-за конечной скорости процессов, происходящих непосредственно на границе электрод – электролит (см. *Поляризация*).

Лит.: Корыта И., Дворжак И., Богачкова В., Электрохимия, пер. с чеш., М., 1977; Антропов Л. И., Теоретическая электрохимия, 4 изд., М., 1984; Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Электрохимия, М., 1987; Багоцкий В. С., Основы электрохимии, М., 1988; Практикум по электрохимии, под ред. Б. Б. Дамаскина, М., 1991.

О. А. Петрий.

**ЭЛЕКТРОДЫ** в электрохимии, электронно-проводящие фазы, контактирующие с ионным проводником (электролитом). Часто под Э. понимают лишь одну электронно-проводящую фазу. При пропускании тока от внеш. источника через систему из двух электродов, соединенных друг с другом через электролит, на Э. протекают два процесса: зарядка *двойного электрического слоя* и электрохим. р-ция. В отличие от фазовых контактов металл–металл, металл–полупроводник, полупроводник–полупроводник и т. п. на границе фаз, составляющих электрохим. систему, вид носителей тока меняется, т. к. в электролите ток переносится ионами, а в электронно-проводящей фазе – электронами. Непрерывность прохождения тока через границу фаз в этом случае обеспечивается электродной р-цией. Э. наз. анодом, если на его пов-сти преобладает р-ция, приводящая к генерированию электронов, т. е. происходит окисление в-в, содержащихся в электролите, либо ионизация металла анода. Э. наз. катодом, если с его пов-сти электроны металла переходят на частицы реагирующих в-в, к-рые при этом восстанавливаются.

**Классификация** Э. проводится по природе окислителей и восстановителей, к-рые участвуют в электродном процессе. Э. 1-го рода наз. металл (или неметалл), погруженный в электролит, содержащий ионы этого же элемента. Металл Э. является восстановленной формой в-ва, а его окисленной формой – простые или комплексные ионы этого же металла (см. *Электрохимическая кинетика*). Напр., для системы  $Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e$ , где  $e$  – электрон, восстановленной формой является Cu, а окисленной – ионы  $Cu^{2+}$ . Соответствующее такому электродному процессу *Нернста уравнение* для электродного потенциала  $E$  имеет вид:

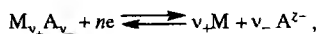
$$E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{Cu^{2+}},$$

где  $E^0$  – стандартный потенциал при т-ре  $T$ ;  $a_{Cu^{2+}}$  – термодинамич. активность ионов  $Cu^{2+}$ ;  $F$  – постоянная Фарадея;  $R$  – газовая постоянная. К Э. 1-го рода относятся амальгамные Э., т. к. для них восстановленная форма – амальгама металла, а окисленная – ионы этого же металла. Напр., для амальгамы таллия устанавливается равновесие:  $Tl^+ + e(Hg) \rightleftharpoons Tl(Hg)$ . В такой системе могут изменяться концентрации и окисленной, и восстановленной форм, поэтому ур-ние Нернста имеет вид:

$$E = E^0 + \frac{RT}{F} \ln \frac{a_{Tl^+}}{a_{Tl}},$$

где  $a_{Tl}$  – термодинамич. активность таллия в амальгаме.

Э. 2-го рода – системы из металла М, покрытого слоем же труднорастворимой соли  $M_v A_w$  (или оксида) и погруженного в р-р, содержащий анионы этой соли (для оксида – ионы  $OH^-$ ). Окисленной формой является соль  $M_v A_w$ , а восстановленная форма представлена металлом М и анионом  $A^{z-}$ :



где  $n = z_v v_w = |z_v| v_w$ ;  $z^-$  – зарядовое число иона. В системе устанавливается равновесие между атомами М и анионами  $A^{z-}$  в р-ре, к-рое включает два «парциальных» равновесия: между металлом и катионом соли и между анионом соли в ее твердой фазе и анионом в р-ре. Такие Э. наз. обратимыми по аниону.

Ур-ние Нернста имеет вид:

$$E = E^0 - \frac{RT}{z_v F} \ln a_{A^{z-}}.$$

К Э. 2-го рода относятся многие *электроды сравнения*, напр. каломельный, хлорсеребряный, оксидно-ртутный.

Э. 3-го рода – системы из металла, контактирующего с двумя труднорастворимыми солями. В результате электрохим. р-ции на Э. менее растворимая соль превращается в более растворимую, а потенциал Э. определяется термодинамич. активностью катионов более растворимой соли. Так, в системе  $Pb^{2+}|PbCl_2, AgCl, Ag$  происходит процесс  $2AgCl + 2e + Pb^{2+} \rightleftharpoons 2Ag + PbCl_2$  и  $E = E^0 + \frac{RT}{2F} \ln a_{Pb^{2+}}$ .

Металл Э. может не участвовать в р-циях, а служить лишь передатчиком электронов от восстановленной формы в-ва к окисленной; такие Э. наз. окислительно-восстановительными или редокс-электродами. Напр., платиновый Э. в р-ре, содержащем ионы  $[Fe(CN)_6]^{4-}$  и  $[Fe(CN)_6]^{3-}$ , осуществляет перенос электронов между этими ионами в качестве передатчика (медиатора). Среди окислит.-восстановит. Э. выделяют газовые Э., состоящие из химически инертного металла (обычно Pt), к к-рому подводится электрохимически активный газ (напр.,  $H_2$  или  $Cl_2$ ). Молекулы газа адсорбируются на пов-сти металла, распадаясь на адсорбиров. атомы, к-рые непосредственно участвуют в переносе электронов через границу раздела фаз. Наиб. распространены водородный Э., на пов-сти к-рого образуются адсорбир. атомы  $H_{адс}$  и устанавливается равновесие:  $H_2 \rightleftharpoons 2H_{адс} \rightleftharpoons 2H^+ + 2e$ . Разл. типы Э. можно объединить в рамках т. наз. концепции электронного равновесия на границе металл-электролит, согласно к-рой каждому равновесному электродному потенциалу соответствует определенная термодинамич. активность электронов в электролите.

Э. наз. идеальными поляризуемыми, если вследствие термодинамич. или кинетич. причин переход электронов через межфазную границу невозможен. При изменении потенциала такого Э. происходит только изменение строения двойного электрич. слоя, что сопровождается протеканием тока заряжения, спадающего до нуля, когда перестройка двойного электрич. слоя заканчивается (см. *Ток обмена*). Для неп поляризуемых, или обратимых, Э. переход электронов через границу фаз, напротив, незаторможен, и при пропускании тока через такой Э. его потенциал практически не изменяется.

По функциям в электрохим. системе Э. подразделяют на рабочие, вспомогательные и электроды сравнения. Рабочим наз. Э., на к-ром происходит исследуемый электрохим. процесс. Вспомогат. Э. (или противоелектрод) обеспечивает возможность пропускания тока через электрохим. ячейку, а Э. сравнения – возможность измерения потенциала рабочего Э. Специфика широко используемых в электрохимии жидких Э. (ртуть, амальгамы, галлий, жидкие сплавы на основе Ga – галламы, расплавы металлов и т.п.) связана с идеальной гладкостью их пов-сти, истинная площадь к-рой совпадает с ее геом. величиной, а также с энергетич. однородностью и

изотропностью св-в пов-сти Э. и возможностью растворения выделяющихся металлов в материале Э.

На практике Э. классифицируют по хим. природе материала (металлические, неметаллические, оксидные, Э. из соед. с ковалентной связью, углеграфитовые и т.д.), форме (сферические, плоские, цилиндрические, дисковые и т.д.), условиям функционирования (неподвижные, вращающиеся и т.п.), размерам (микро- и ультрамикроразмеры), пористости, гидрофильности, участию электродного материала в электродном процессе (расходуемые и нерасходуемые) и др. признакам. Использование капельного ртутного электрода лежит в основе полярографии. Вращающийся *дисковый электрод* представляет интерес как система, для к-рой существует строгое решение диффузионной кинетич. задачи. К особо практически важным Э. следует отнести каталитически активные и высоко коррозионностойкие оксидные рутениво-титановые аноды (ОРТА), применение к-рых революционизировало самое широкомасштабное электрохим. произ-во – электролитич. получение хлора и щелочей.

**Модифицирование Э.**, получившее широкое распространение в *электрокатализе*, произ-ве *химических источников тока*, *электрохимических сенсоров* и т.п., основано как на физических (ионная имплантация, разрывление пов-сти, выращивание монокристаллич. граней, создание монокристаллич. структур, физ. адсорбция ионов и молекул и др.), так и хим. методах. В частности, химически модифицированные Э. представляют собой проводящий или полупроводниковый материал, покрытый мономолекулярными (в т.ч. субатомными), полимолекулярными, ионными, полимерными слоями, в результате чего Э. проявляет хим., электрохим. и/или оптич. св-ва слоя. Хим. модифицирование достигается хемосорбцией на пов-сти Э. ионов и молекул, ковалентным связыванием разл. агентов с поверхностными атомами группами, покрытием пов-сти орг. металлорг. или неорг. полимерными слоями, созданием композитов из электродного материала и в-ва – модификатора.

**Микроэлектроды** имеют по крайней мере один из размеров настолько малый, что св-ва Э. оказываются размерно зависимыми. Размеры микроэлектродов лежат в интервале 0,1–50 мкм, миним. площадь составляет  $10^{-14} \text{ м}^2$  (ультрамикроэлектроды), тогда как в большинстве электроаналит. экспериментов применяют Э. с площадью  $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ , в лаб. электросинтезе –  $10^{-2} \text{ м}^2$ . Осн. преимущество микроэлектродов – возможность снизить с их помощью диффузионные ограничения скорости электродного процесса и, следовательно, изучать кинетику очень быстрых электродных р-ций. Из-за малой величины токов электрохим. ячейки с микроэлектродами характеризуются незначительным омич. падением потенциала, что позволяет изучать системы с высокими концентрациями реагирующих частиц, обычно используемые в технол. процессах, применять высокие скорости сканирования потенциала при вольтамперометрич. измерениях, проводить работы в плохо проводящих средах и т.п. Микроэлектроды используют для анализа ультрамалых проб, исследования процессов в живых организмах, в клинич. целях. Ультрамикроэлектроды применяют в туннельной сканирующей микроскопии и в электрохим. нанотехнологии.

См. также *Ионоселективные электроды*, *Псевдооживленный электрод*, *Суспензионный электрод*.

Лит.: Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Электрохимия, М., 1987; Багоцкий В.С., Основы электрохимии, М., 1988.

О.А. Петрий.

**ЭЛЕКТРОДЫ СРАВНЕНИЯ**, электрохим. системы, предназначенные для измерения *электродных потенциалов*. Необходимость их использования обусловлена невозможностью измерения абс. величины потенциала отдельного электрода. В принципе в качестве Э. с. может служить любой электрод в термодинамически равновесном состоянии, удовлетворяющий требованиям воспроизводимости, постоянства во времени всех характеристик и относит. простоты изготовления. Для водных электролитов наиб. часто применяют в качестве Э. с. водородный, каломельный, галогеносеребряные, оксидно-ртутный и хингидронный электроды.

Водородный Э. с. представляет собой кусочек платиновой фольги или сетки, покрытый слоем электролитич. Pt и погруженный частично в р-р, через к-рый пропускают  $H_2$ . При адсорбции на электроде образуются адсорбир. атомы  $H_{адс.}$ . Электродные р-ции на водородном Э. с. описываются ур-ниями:  $H_2 \rightleftharpoons 2H_{адс.} \rightleftharpoons 2H^+ + 2e$  ( $e$  – электрон). Водородный электрод при давлении водорода  $p_{H_2}$ , равном 1 атм ( $1,01 \cdot 10^5$  Па), термодинамич. активности ионов водорода в р-ре  $a_{H^+}$ , равной 1, наз. стандартным водородным электродом, а его потенциал условно принимают равным нулю. Потенциалы других электродов, отнесенные к стандартному водородному электроду, составляют шкалу стандартных электродных потенциалов (см. *Стандартный потенциал*). Для водородного Э. с. Нернста уравнение записывается в виде:

$$E = \frac{RT}{F} \ln a_{H^+} - \frac{RT}{2F} \ln p_{H_2},$$

где  $T$  – абс. т-ра;  $F$  – постоянная Фарадея;  $R$  – газовая постоянная. При  $p_{H_2} = 1$  атм электродный потенциал

$$E = \frac{RT}{F} \ln a_{H^+} = -2,303 \frac{RT}{F} pH. \text{ Используется в широком диа-}$$

пазоне pH – от значений, соответствующим конц. к-там, до значений, соответствующим конц. щелочам. Однако в нейтральных р-рах водородный Э. с. может нормально функционировать лишь при условии, что р-р обладает достаточно хорошими буферными св-вами (см. *Буферный раствор*). Это связано с тем, что при установлении равновесного потенциала на платинированной платине, а также при пропускании тока через водородный Э. с. появляется (или исчезает) нек-рое кол-во ионов  $H^+$ , т.е. изменяется pH р-ра, что особенно заметно в нейтральных средах. Водородный электрод применяют в широком интервале т-р, отвечающем существованию водных р-ров. Следует, однако, учитывать, что при повышении т-ры парциальное давление водорода падает вследствие роста давления паров р-рителя и обусловленное этим изменение потенциала Э. с. соответствует ур-нию

$$\Delta E = \frac{2,3RT}{F} \lg \frac{98,0655}{p - p_s}, \text{ где } p - \text{барометрич. давление (в кПа),}$$

а  $p_s$  – суммарное давление насыщ. паров над р-ром (кПа). Возможность использования водородного электрода в орг. средах требует спец. проверки, т.к. Pt может катализировать процессы с участием орг. соед., вследствие чего нарушается равновесие электродной р-ции и электрод приобретает стационарный потенциал, отличный от равновесного.

Каломельный Э. с. изготавливают, используя ртуть и р-ры каломели в хлориде калия. Электродная р-ция на этом электроде отвечает ур-нию:  $2Hg + 2Cl^- \rightleftharpoons Hg_2Cl_2$ , а соответствующее ур-ние Нернста имеет вид:

$$E = E^0 - \frac{RT}{F} \ln a_{Cl^-},$$

где  $E^0$  – стандартный потенциал. В зависимости от концентрации KCl различают насыщенный, нормальный и децинормальный каломельные Э. с. Эти Э. с. хорошо воспроизводимы, устойчивы и пригодны для работы при т-рах до  $80^\circ C$ . При более высоких т-рах начинается разложение хлорида ртути. Часто каломельный Э. с. подсоединяют через солевой мостик, состоящий из концентриров. р-ра KCl для снижения диффузионного потенциала. Потенциал  $E$  каломельного Э. с. зависит от т-ры, причём температурный коэф. минимален для децинормального электрода, для к-рого  $E = 0,3365 - 6 \times 10^{-5}(t - 25)$ , где  $t$  – т-ра ( $^\circ C$ ).

Галогеносеребряные Э. с. представляют собой серебряную проволоку, покрытую галогенидом серебра, к-рый наносится путем термич. или электрохим. разложения соли серебра. Электродная р-ция отвечает ур-нию:  $Ag + Hal^- \rightleftharpoons AgHal + e$  ( $Hal$  – галоген), а ур-ние Нернста имеет вид:  $E = E^0 - \frac{RT}{F} \ln a_{Hal^-}$ . Удобны при работе с электро-

хим. ячейками без жидкостного мостика, применимы как в водных, так и во мн. неводных средах, устойчивы при повышенных т-рах. В области т-р  $0-95^\circ C$  потенциал хлорсеребряного Э. с. описывается ур-нием:  $E = 0,23655 - 4,8564 \cdot 10^{-4}t - 3,4205 \cdot 10^{-6}t^2 + 5,869 \cdot 10^{-9}t^3$ .

Оксидно-ртутный Э. с. готовят из ртути и насыщенных р-ров оксида ртути в водном р-ре щелочи. Электродная р-ция:  $Hg_2O + 2e + H_2O \rightleftharpoons 2Hg + 2OH^-$ ;

ур-ние Нернста:  $E = E^0 - \frac{RT}{F} \ln a_{OH^-}$ . Удобен при работе в

щелочных р-рах, т.к. при этом легко реализовать цепи без жидкостного соединения.

Хингидронный Э. с. представляет собой платиновую проволоку, опущенную в насыщ. р-р хингидрона. Электродная р-ция:  $C_6H_4(OH)_2 \rightleftharpoons C_6H_4O_2 + 2H^+ + 2e$ . Стандартный потенциал  $E^0 = 0,6992$  В. Используется в интервале pH 0–6, а в буферных р-рах в отсутствие сильных окислителей – до pH  $\approx 8,5$ . В интервале т-р  $0-50^\circ C$  потенциал хингидронного Э. с. выражается ур-нием:  $E = 0,6992 - 7,4 \cdot 10^{-4}(t - 25) + [0,0591 + 2 \cdot 10^{-4}(t - 25)] \lg a_{H^+}$ .

При измерениях в неводных средах в принципе можно применять водные Э. с., если создать воспроизводимую границу водного и неводного р-ров и учитывать возникающий на этой границе диффузионный потенциал. Часто в неводных средах используют Э. с. на основе серебра в р-ре его соли.

В расплавленных солевых системах наиболее часто используются Э. с., основанные на паре  $Ag/AgCl$ , к-рая стабильна в разл. расплавах.

Потенциалы водных Э. с. по отношению к стандартному водородному электроду при  $25^\circ C$  приведены в табл.:

Электрод	Потенциал, В
Насыщенный каломельный: $Hg Hg_2Cl_2$ , насыщенный KCl	0,2412
Нормальный каломельный: $Hg Hg_2Cl_2$ , 1M KCl	0,2801
Децинормальный каломельный: $Hg Hg_2Cl_2$ , 0,1M KCl	0,3337
Хлорсеребряный: $Ag AgCl$ , насыщенный KCl	0,197
Оксидно-ртутный: $Hg HgO$ , 0,1M NaOH	0,926

Лит.: Справочник по электрохимии, под ред. А. М. Сухотина, Л., 1981; Практикум по электрохимии, под ред. Б. Б. Дамаскина, М., 1991; Ives D. J. G., Janz G. J., Reference electrodes, N. Y., 1961; Minh N. Q., Redey L., в кн.: Molten salt techniques, v. 3, eds. D. C. Lovering, R. J. Gale, N. Y., 1984, p. 105–287. О. А. Петрий.

### ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАСЛА, см. Изоляционные масла.

**ЭЛЕКТРОКАПИЛЛЯРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ**, *поверхностные явления*, возникающие на границе двух фаз с участием заряженных частиц (ионов и электронов). В двухфазной электрохим. системе одна из фаз (электрод) м. б. жидкостью (ртуть, галлий, амальгамы, жидкие сплавы на основе Ga – галламы, расплавы металлов) либо твердым телом (металл или полупроводник), другая фаза – р-р или расплав электролита. Э. я. обусловлены зависимостью работы образования границы раздела фаз от *электродного потенциала* и состава р-ра. В случае жидкого электрода обратимая работа образования пов-сти  $\sigma$  совпадает с *поверхностным натяжением*  $\gamma$ , для твердых электродов  $\sigma$  и  $\gamma$  связаны соотношением:

$$\gamma = \sigma + d\sigma/d \ln s,$$

где  $s$  – площадь пов-сти раздела фаз.

Э. я. отражают связь между обратимой работой образования пов-сти и разностью электрич. потенциалов на границе фаз. Графически эта связь выражается электрокапиллярной кривой. Такую кривую для жидкого ртутного электрода можно получить, используя капиллярный электрометр, в к-ром граница  $Hg$  – р-р создается в тонком конич. вертикально расположенном капилляре. На ртутный микроэлектрод подается определенный потенциал  $E$  и измеряется высота столба ртути, удерживающего ртутный мениск в капилляре в одном и том же положении. Как следует из теории капиллярности, высота ртутного столба над ртутным мени-

ском является мерой уд. поверхностной энергии на границе ртуть – р-р. Электрокапиллярные кривые, полученные в обычных электролитах (разб. р-ры H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KOH, KNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и др.), имеют форму перевернутой параболы; присутствие в р-ре ионов Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, S<sup>2-</sup> и др. смещает максимум кривой в сторону более отрицат. потенциалов, уменьшает поверхностное натяжение. Присутствие ионов Tl<sup>+</sup>, N(C<sub>2</sub>H<sub>7</sub>)<sub>4</sub><sup>+</sup> и др. сдвигает максимум в сторону более положит. потенциалов и также уменьшает поверхностное натяжение. К совр. методам изучения Э.я. относится т. наз. метод стационарных капель, основанный на изучении формы капли жидкого металла, расположенной на горизонтальной пов-сти. Этот метод позволяет получать абс. значения σ, необходимые для калибровки электрокапиллярных кривых.

Ур-ние, описывающее форму электрокапиллярных кривых, было получено Г. Липпманом в 1875. Оно устанавливает связь между поверхностным натяжением σ, потенциалом электрода E и зарядом q на границе ртуть – р-р:

$$-d\sigma/dE = q.$$

В максимуме электрокапиллярной кривой dσ/dE = 0, следовательно, q = 0. Это ур-ние позволяет вычислить заряд пов-сти металла и рассчитать т. наз. дифференциальную емкость двойного электрич. слоя: C<sub>d</sub> = dq/dE = -d<sup>2</sup>σ/dE<sup>2</sup>.

Зависимость поверхностного натяжения от состава р-ра математически выражается адсорбционным ур-нием Гиббса:

$$d\sigma = RT \sum_i \Gamma_i d \ln a_i,$$

где Γ<sub>i</sub> – поверхностный избыток (гиббсовская адсорбция) ионов сорта i; a<sub>i</sub> – их термодинамич. активность; T – абс. т-ра; R – газовая постоянная. Для пов-сти раздела фаз электрод–р-р ур-ние принимает вид:

$$d\sigma = -qdE - RT \sum_i \Gamma_i d \ln a_i.$$

Это ур-ние (ур-ние Фрумкина) является основным ур-нием электрокапиллярности. В случае постоянства состава р-ра из него следует ур-ние Липпмана:

$$(\partial\sigma/\partial E)_{p,T,a_i} = -q.$$

Ур-ние Фрумкина позволяет рассчитывать адсорбцию ионов и орг. в-в на электроде.

В случае твердых электродов абсолютные значения σ не м. б. получены экспериментально, однако разл. методами можно оценить либо рассчитать изменение Δσ при изменении потенциала. Метод смачивания состоит в измерении зависимости краевого угла смачивания θ от потенциала электрода E. Измерения показывают, что зависимость θ от E проходит через максимум при потенциале нулевого заряда E<sub>q=0</sub>, как и электрокапиллярная кривая. Изучение зависимости твердости электрода от потенциала E показывает, что максимум твердости также приходится на потенциал нулевого заряда, а сама твердость зависит от величин адсорбции ионов или орг. молекул на границе электрод–р-р. В т. наз. методе эстанса электрод из исследуемого металла L-образной формы касается пов-сти р-ра; при наложении на электроды постоянной и переменной (малой амплитуды) разности потенциалов колебания потенциала E около заданного значения E<sub>0</sub> вызывают колебания межфазного натяжения Δγ и обуславливают мех. колебания электрода, к-рые при помощи пьезоэлемента превращаются в электрич. сигнал, пропорциональный Δγ/ΔE. Согласно теории метода (А. Я. Гохштейн, 1965),

$$(\partial\gamma/\partial E)_{a_i} = -q - (dq/d \ln s)_{E_0, a_i}.$$

Для электродов из Pb, Bi, Tl, Cd вторым слагаемым в правой части этого ур-ния можно пренебречь и кривая зависимости (∂γ/∂E)<sub>a</sub> от E<sub>0</sub> отражает изменение γ при изменении потенциала электрода, проходя через нуль при потенциале нулевого заряда. Для ряда металлов, напр. Pt, величиной (dq/dlns)<sub>E<sub>0</sub>, a<sub>i</sub></sub> нельзя пренебречь по сравнению с |q| и зависимость (∂γ/∂E)<sub>a</sub> от E<sub>0</sub> оказывается более сложной.

Согласно термодинамич. теории обратимых электродов (А. Н. Фрумкин, О. А. Петрий, 1967), для электродов, адсорбирующих водород и кислород, м. б. получены два типа электрокапиллярных кривых и два ур-ния Липпмана, отражающих зависимость обратной работы образования пов-сти при условиях постоянства рН р-ра и давления H<sub>2</sub> в системе. Такие электрокапиллярные кривые м. б. рассчитаны интегрированием кривых зарежания и кривых зависимости свободного заряда пов-сти от потенциала.

Лит.: Гохштейн А. Я., Поверхностное натяжение твердых тел и адсорбция, М., 1976; Фрумкин А. Н., Потенциалы нулевого заряда, М., 1979; Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Введение в электрохимическую кинетику, 2 изд., М., 1983; Аитропов Л. И., Теоретическая электрохимия, 4 изд., М., 1984. О. А. Петрий.

**ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗ**, изменение скорости или направления электрохим. процесса в зависимости от материала электрода или модификации его пов-сти. Термин «Э.» относят к процессам, общие стехиометрич. ур-ния к-рых не включают материал электрода, напр. выделение водорода, кислорода, хлора, электроокисление или электровосстановление орг. соединений и т. п. Электрохим. р-ции типа анодного растворения меди (Cu → Cu<sup>2+</sup> + 2e) или катодного восстановления аниона S<sub>2</sub>O<sub>8</sub><sup>2-</sup> до SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> к электрокаталитическим не относятся.

Как правило, электрокаталитическими являются многостадийные процессы, в к-рых одной из обязат. стадий является адсорбция на электроде тех или иных компонентов электродной р-ции (исходных, промежуточных или конечных). Это связано с тем, что с учетом структуры двойного электрического слоя скорость р-ции, не сопровождающейся адсорбцией, оказывается практически не зависящей от материала электрода. Нек-рые ученые относят к Э. лишь процессы, в к-рых имеет место хемосорбция к.-л. компонентов р-ции.

Типичным электрокаталитич. процессом является электроокисление орг. соед. на металлах платиновой группы, к-рое, как правило, сопровождается деструкцией исходных молекул, их дегидрированием (или их фрагментов), прочной хемосорбцией промежут. частиц, причем нек-рые из этих частиц м. б. каталитич. ядами по отношению к токоопределяющему маршруту анодного процесса. Так, электрокаталитич. окисление предельных углеводородов (C<sub>1</sub>–C<sub>6</sub>) на Pt-электроде до CO<sub>2</sub> обусловлено наличием сложной цепочки промежут. стадий, включающей разрыв связей C–C, C–H, хемосорбцию фрагментов исходных молекул на пов-сти металла-катализатора, участие в отд. стадиях адсорбир. молекул H<sub>2</sub>O<sub>адс</sub> или частиц OH<sub>адс</sub> и т. п. Граница между «чисто электрохимич.» и электрокаталитич. р-циями является весьма условной.

Осн. отличия электрокаталитич. р-ций от гетерогенно-каталитических – зависимость скорости процесса от потенциала электрода E. Кинетич. ур-ние электрокаталитич. р-ции выражает аналит. связь между током I через электрохим. ячейку и потенциалом E, объемной концентрацией c<sub>i</sub> исходных реагирующих в-в, поверхностными концентрациями (заполнениями пов-сти) частиц, участвующих в токоопределяющем маршруте (или маршрутах) процесса (θ<sub>j</sub>), и других адсорбир. или хемосорбир. частиц, таких, как ионы р-ра, продукты превращения исходных реагентов и молекул р-рителя и т. п. (θ<sub>m</sub>). В общем виде это выражение можно записать след. образом:

$$I = kf(E, c_i, \theta_j, \theta_m),$$

где k – постоянная. Меняя E, можно на неск. порядков изменить скорость целевой р-ции; при этом значение E влияет как на энергию активации р-ции, так и (в осн.) на поверхностные концентрации θ<sub>j</sub> и θ<sub>m</sub>. Во мн. случаях с изменением E меняются не только θ<sub>j</sub> и θ<sub>m</sub>, но и природа частиц j и m, что приводит к изменению направления электродного процесса. В Э., как и в жидкофазном катализе, важную роль играет адсорбция р-рителя, однако спецификой Э. является возможность участия в разл. стадиях процесса частиц, образующихся в результате электрохим. р-ций с участием р-рителя (напр., в водных р-рах – частиц H<sub>2</sub>адс и OH<sub>адс</sub>). Другая особенность Э. – адсорбция на пов-сти ионов фонового электролита и ее влияние на электродные р-ции.

Строгой теории, связывающей физ. и хим. св-ва металла с его электрокаталитич. активностью, не существует даже для относительно простых и ярко выраженных случаев Э. Это относится и к наиб. изученной р-ции — ионизации—разряда водорода, ток обмена к-рой в зависимости от природы электрода меняется более чем на 10 порядков (наименее активны Hg, Cd, Pb, наиб. активны Pt, Rh, Ir). Представления о механизме Э. пока носят феноменологич. характер. Влияние на скорость р-ции материала электрода связывается прежде всего с изменением энергии адсорбции и степени заполнения пов-сти частицами  $j$  и  $m$ . К наиб. активным электродным материалам относятся металлы группы Pt и Ni, что, по-видимому, в первую очередь обусловлено их высокой адсорбционной (хемосорбционной) способностью. В этом отношении Э. аналогичен гетерогенному катализу.

Из неметаллич. электрокатализаторов неорг. природы (оксидов, карбидов, сульфидов и др.) наиб. изучены оксидные системы и углеродные материалы. Устойчивость оксидов при высоких анодных потенциалах объясняет их преим. использование в р-циях электроокисления и электросинтеза (типичный пример — применение оксидных рутениево-титановых анодов ОРТА в процессе выделения хлора). Большое число функц. групп на пов-сти углеродных материалов позволяет осуществлять на них широкий круг электрокаталит. процессов с достаточно высокой селективностью.

Активность смешанных электрокатализаторов, состоящих из неск. компонентов, часто оказывается выше активности отд. составляющих. Напр., скорость электроокисления метанола на сплаве Pt—Ru повышается на 3 порядка по сравнению со скоростью процесса на Pt. Выяснение причин повышения активности при переходе к смешанным катализаторам включает прежде всего установление корреляций между объемными и поверхностными св-вами электрода, поскольку даже элементный состав поверхностного слоя нередко может существенно отличаться от объемного состава.

В Э. широко используют модифицирование пов-сти домнослойными, моно- или полислоевыми покрытиями. Адапты, образующиеся в результате адсорбции ионов с практически полным переносом заряда (напр.,  $\text{Sn}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Sn}_{\text{адс}}$ ), также нередко активируют пов-сть. Модифицирование пов-сти разл. непроводящими орг. соед., включая металлоорг. комплексы и полимеры, позволяет создавать системы со специфич. адсорбционными и каталитич. св-вами, обусловленными в первую очередь функц. группами модификатора. Для таких систем часто используют назв. «химический модифицированный электрод». Ускорение электродим. р-ции в присутствии биол. катализаторов — ферментов — часто наз. биоэлектрокатализом.

Впервые термин «Э.» был использован Н. И. Кобозевым и В. В. Монблановой в 1934. Как самостоятел. научное направление Э. сформировался в 60-х гг. 20 в. в связи с проблемой создания топливных элементов. Широкое развитие работ по Э. вызвано прежде всего запросами практики. Активные и селективные электрокатализаторы необходимы для создания высокоэкономичных процессов электролиза (в произ-вах водорода, кислорода, хлора и т. д.) и электродим. генераторов (водород-кислородных, на орг. топливе и др.), для проведения и интенсификации электросинтеза орг. и неорг. соед., разработки разнообразных датчиков (в т. ч. мед. назначения), решения проблем экологии.

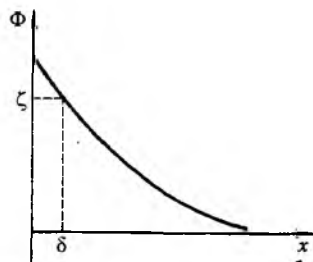
Лит.: Проблемы электрокатализа, под ред. В. С. Багоцкого, М., 1980; Электрохимические процессы в растворах органических соединений, под ред. Б. Б. Дамаскина, М., 1985; Appleby A. J., в кн.: Comprehensive treatise of electrochemistry, v. 7, N. Y.—L., 1983, p. 173—239. Б. И. Подоловченко.

**ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ**, группа явлений, наблюдаемых в дисперсных системах, мембранах и капиллярах; включает электроосмос, электрофорез, потенциал течения и потенциал оседания (седиментационный потенциал, или эффект Дорна). Электроосмос — течение жидкости в капиллярах и пористых телах, вызванное внеш. электр. полем; обратное ему Э. я. — потенциал течения — явление электр. разности потенциалов на концах капилляра или мембраны при протекании жидкости. Электрофо-

рез — движение твердых частиц или капель, взвешенных в электролите, при наложении электр. поля. Обратное Э. я. — появление электр. разности потенциалов на границах облака оседающих (седиментирующих) частиц, взвешенных в электролите (эффект Дорна).

Осн. роль в возникновении Э. я. играет двойной электрической слой (ДЭС), формирующийся у пов-сти раздела фаз. Внеш. электр. поле, направленное вдоль границы раздела фаз, вызывает смещение одного из ионных слоев, образующих ДЭС, по отношению к другому, что приводит к относит. перемещению фаз, т. е. к электроосмосу или электрофорезу. Аналогичным образом при относит. движении фаз, вызываемом мех. силами, происходит перемещение ионных слоев ДЭС, что приводит к пространств. разделению зарядов (поляризации) в направлении движения и к перепаду электр. потенциала (потенциал течения, потенциал оседания).

Рассмотрим, напр., электроосмотич. скольжение электролита в капилляре или порах мембраны. Примем для определенности, что на пов-сти адсорбированы отрицат. ионы, к-рые закреплены неподвижно, а положит. ионы формируют диффузную часть ДЭС. Внеш. поле  $E$  направлено вдоль пов-сти. Электростатич. сила, действующая на любой произвольный элемент диффузной части ДЭС, вызывает движение этого элемента вдоль пов-сти. Поскольку плотность заряда в диффузной части ДЭС  $\Phi(x)$  меняется в зависимости от расстояния до пов-сти  $x$  (рис.), разл. слои жидкого электролита движутся с разными скоростями. Стационарное состояние (неизменность во времени скорости течения) будет достигнуто, когда действующая на произвольный слой жидкости электростатич. сила скомпенсируется силами вязкого сопротивления, возникающими из-за различия скоростей движения слоев жидкости, находящихся на разном удалении от пов-сти.



Распределение потенциала в двойном электрическом слое;  $x$  — расстояние от пов-сти.

Ур-ния гидродинамики, описывающие движение жидкости при постоянных вязкости жидкости  $\eta$  и ее диэлектрич. проницаемости  $\epsilon$ , м. б. решены точно, результатом решения является распределение скорости течения:

$$u(x) = -\frac{\epsilon E}{4\pi\eta} [\zeta - \Phi(x)]. \quad (1)$$

Здесь  $\zeta$  — значение электр. потенциала на расстоянии  $\delta$  от пов-сти, где скорость течения жидкости обращается в нуль (т. наз. плоскость скольжения).

На больших расстояниях от пов-сти  $\Phi(x) \rightarrow 0$  и скорость течения вне пределов диффузной части ДЭС оказывается постоянной:

$$u_s = -\frac{\epsilon E}{4\pi\eta} \zeta. \quad (2)$$

Эта постоянная величина наз. скоростью электроосмотич. скольжения. Такое назв. было введено потому, что для толщин ДЭС, много меньших характерных размеров капилляров с электролитом или твердых частиц дисперсной фазы, течение выглядит как скольжение жидкости вдоль твердой пов-сти со скоростью  $u_s$ .

Параметр  $\zeta$ , наз. дзета-потенциалом ( $\zeta$ -потенциалом), является осн. характеристикой Э. я. В реальных системах вязкость и диэлектрич. проницаемость жидкости зависят от расстояния до твердой пов-сти, однако и в этих случаях скорость электроосмотич. скольжения также можно представить в виде выражения (2), но интерпретация параметра  $\zeta$  усложняется, поскольку он несет в себе информацию не только о распределении электростатич. потенциала в диффузной части ДЭС, но и об особенностях структуры и реологич. поведения жидкости в граничных слоях. Несмотря

на сложность интерпретации ζ-потенциала, он является одной из важнейших характеристик жидких коллоидных систем. Его значение и характер изменения при варьировании параметров электролита, адсорбции на пов-сти разл. в-в и т. п. позволяет судить о структуре граничных слоев, особенностях взаимод. компонентов р-ра с пов-стью, заряде пов-сти и т. д. Кроме того, выражение (1) для скорости электроосмотич. скольжения справедливо для капилляров произвольной геометрии при условии, что толщина ДЭС мала в сравнении с радиусом капилляра.

В капиллярнопористых телах, мембранах, горных породах, почвах и др. связнодисперсных системах, характеризующихся твердым каркасом и системой открытых пор, заполненных р-ром электролита, граничные слои жидкости с измененными св-вами составляют значит. долю от объемной фазы. В этих условиях Э. я. тесно связано с адсорбцией ионов, для отражения этой связи часто пользуются термином «электроповерхностные явления».

Э. я., обратное электроосмосу, – возникновение потенциала течения – удобно рассмотреть на примере проницаемой мембраны, разделяющей резервуары с электролитом. При наложении перепада давления Δр и течения жидкости под действием этого перепада с расходом V появляется электрич. ток через мембрану. Природа этого тока – увлечение ионов подвижной части ДЭС. Поскольку в диффузной части ДЭС имеется избыток ионов одного знака, возникает конвективный перенос заряда по порам мембраны, т. е. через мембрану течет ток. Если к резервуарам, разделенным мембраной, не подводятся электрич. заряды, то по одну сторону мембраны будут накапливаться положит. заряды, а по другую – отрицательные. Накопление зарядов в резервуарах приводит к появлению разности потенциалов между ними и протеканию электрич. тока I во всем объеме электролита в порах мембраны; направление тока противоположно конвективному переносу зарядов. Накопление зарядов в резервуарах и увеличение разности потенциалов между ними будет происходить до тех пор, пока не произойдет полной компенсации конвективного тока. Этому стационарному состоянию отвечает разность потенциалов Δφ, к-рая наз. потенциалом течения.

Электроосмос и электрич. ток через мембрану (возникновение потенциала течения) – перекрестные явления, связанные феноменологич. ур-ниями в рамках *термодинамики необратимых процессов*. Расход V и ток I связаны с перепадом давления Δр и электростатич. потенциалом Δφ на торцах мембраны ур-ниями:

$$V = L_{11}\Delta p + L_{12}\Delta\phi, \tag{3}$$

$$I = L_{21}\Delta p + L_{22}\Delta\phi,$$

где кинетич. коэф.  $L_{11}$ ,  $L_{12}$ ,  $L_{21}$  и  $L_{22}$  характеризуют соотв. гидродинамич. проницаемость мембраны, скорость электроосмотич. течения, ток течения и уд. электропроводность электролита в мембране. Кинетич. коэффициенты удовлетворяют соотношению Онсагера:  $L_{12} = L_{21}$ . Ур-ния (3) и соотношения Онсагера устанавливают простую связь между электроосмосом и потенциалом течения:

$$\left(\frac{\Delta\phi_x}{\Delta p}\right)_{I=0} = -\left(\frac{V}{I}\right)_{\Delta p=0} \tag{4}$$

Отношение  $(V/I)_{\Delta p=0}$  носит назв. электроосмотич. переноса. Оно является одной из осн. характеристик разделит. мембран (см. *Мембранные процессы разделения*). В случае тонких ДЭС это отношение м. б. легко рассчитано для мембран с произвольной геометрией пор. На основе подобия распределений электрич. полей и скоростей электроосмотич. течения установлено след. соотношение:

$$\left(\frac{V}{I}\right)_{\Delta p=0} = \frac{\epsilon\zeta}{4\pi\eta\kappa}, \tag{5}$$

где κ – уд. электрич. проводимость электролита.

Электрофоретич. движение частиц в электролите имеет родственную электроосмосу природу: внеш. электрич. поле

увлекает ионы подвижной части ДЭС, заставляя слои жидкости, граничащие с частицами, перемещаться относительно пов-сти частиц. Однако в силу массивности объема жидкости и малости взвешенных частиц эти перемещения сводятся в отсутствие внеш. сил к движению частицы в покоящейся жидкости. Для непроводящих частиц с плоской пов-стью в системах с тонкой диффузной частью ДЭС скорость электрофореза совпадает со скоростью электроосмотич. скольжения, взятой с обратным знаком. Для проводящих сферич. частиц скорость электрофореза м. б. рассчитана по ур-нию:

$$v = \frac{\epsilon E \zeta}{4\pi\eta} \frac{2\kappa}{2\kappa + \kappa'} \tag{7}$$

где κ' – уд. электрич. проводимость частицы. В этом ур-нии учитываются особенности искажения силовых линий электростатич. поля в окрестности проводящей частицы. С увеличением толщины диффузной части ДЭС скорость электрофореза начинает зависеть от отношения дебаевского радиуса к диаметру частицы. В общем случае эта зависимость имеет довольно сложный характер.

Эффект Дорна связан с конвективным переносом ионов диффузной части ДЭС при движении частицы в электролите. Конвективные потоки ионов поляризуют двойной слой, и частицы в целом приобретают дипольный момент. При этом силовые линии электрич. поля выходят за пределы двойного слоя. При движении в электролите ансамбля частиц с дипольными моментами, имеющими одну и ту же ориентацию, порождаемые этими моментами электрич. поля складываются и в системе возникает однородное электрич. поле, направленное параллельно (или антипараллельно) скорости движения частиц (группу движущихся с одинаковой скоростью частиц можно рассматривать как своеобразную мембрану, сквозь к-рую протекает электролит). Если частицы движутся в пространстве между двумя электродами, то на последних возникает разность потенциалов, к-рая м. б. измерена. В частном случае осаждения ансамбля частиц под действием сил гравитации эта разность потенциалов наз. потенциалом оседания (седиментац. потенциалом).

Электрофорез и эффект Дорна м. б. описаны парой феноменологич. ур-ний неравновесной термодинамики с кинетич. коэф.  $l_{11}$ ,  $l_{12}$ ,  $l_{21}$  и  $l_{22}$ :

$$v = l_{11}F + l_{12}E \tag{8}$$

$$4\pi\kappa M = l_{21}F + l_{22}E,$$

где v – скорость движения частицы; F – действующая на нее сила; E – напряженность внеш. электрич. поля; M – индуцированный на частице дипольный момент. Кинетич. коэф., определяющие скорость электрофореза и дипольный момент, в эффекте Дорна, удовлетворяют соотношению Онсагера:  $l_{12} = l_{21}$ .

**Исторический очерк.** Электроосмос и электрофорез были открыты Ф. Ф. Рейссом в 1809, к-рый наблюдал вызванное внеш. электрич. полем перемещение жидкости в U-образной трубке, перегороденной в ниж. части мембраной из кварцевого песка, и движение глинистых частиц в покоящейся жидкости при наложении электрич. поля. Г. Видеман установил (1852), что скорость электроосмотич. течения пропорциональна силе тока и отношению  $(V/I)_{\Delta p=0}$  не зависит от площади сечения и толщины мембраны.

В 1859 Г. Квинке предположил, что должно иметь место явление, обратное электроосмосу, и наблюдал возникновение потенциала течения на мембранах разл. природы, а в 1880 Э. Дорн обнаружил возникновение разности потенциалов в трубке, заполненной водой, при центрифугировании в ней суспензии кварца.

Разл. аспекты теории Э. я. были предложены Г. Гельмгольцем (1879) для простейшей модели ДЭС как мол. конденсатора, затем М. Смолуховским (1906) для случая протяженного ДЭС. Именно Смолуховский вывел ф-лу для расчета скорости электрофореза и дал количеств. теорию седиментационного потенциала. Ему же удалось выяснить сущность отличия термодинамич. Ψ-потенциала (см. *Межфазные скачки потенциала*) от электрокинетич. ζ-потенциала.



В разное время были предложены теор. расчеты скорости электрофореза для частиц, размеры к-рых меньше толщины ДЭС (Э. Хюккель, 1924), для проводящих частиц произвольного размера (Д. Генри, 1931), с учетом поляризации ДЭС внеш. полем (Я. Овербек, 1943). Применение методов термодинамики неравновесных явлений к изучению Э.я. развили Б. В. Дерягин и С. С. Духин (1966).

**Практическое применение.** Электроосмос используют для обезвоживания пористых тел – при осушке стен зданий, сыпучих материалов и т. п., а также для пропитки материалов. Все шире применяют электроосмотич. фильтрование, сочетающее фильтрование под действием приложенного давления и электроосмотич. перенос жидкости в электр. поле. Использование электрофореза связано с нанесением покрытий на детали сложной конфигурации, для покрытия катодов электроламп, полупроводниковых деталей, нагревателей и т. п. Этот метод применяется также для фракционирования полимеров, минеральных дисперсий, для извлечения белков, нуклеиновых к-т. Лекарств. электрофорез – метод введения в организм через кожу или слизистые оболочки разл. лек. средств. Эффект возникновения потенциала течения используется для преобразования мех. энергии в электрическую в датчиках давления.

Лит.: Кройт Г., Наука о коллоидах, пер. с англ., М., 1955; Духин С. С., Дерягин Б. В., Электрофорез, М., 1976; Ньюмен Дж., Электрохимические системы, пер. с англ., М., 1977.

В. И. Ролдугин.

**ЭЛЕКТРОКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ**, образование и рост кристаллов в объеме р-ра (расплава) или на пов-сти электрода в результате протекания электрохим. р-ции. Является *фазовым переходом* I рода. Имеет много общего с *кристаллизацией* из пара и р-ра, но в отличие от этого процесса в условиях Э. происходит акт переноса заряда, к-рый предшествует встраиванию атомов в места роста кристаллов или протекает одновременно с ним.

Различают гомогенную и гетерогенную электрохим. нуклеацию, т. е. зарождение кристаллов новой фазы. Первая имеет место, напр., при восстановлении ионов в объеме р-ра с образованием коллоидных частиц, вторая – при восстановлении ионов на пов-сти электрода. Зарождению кристаллов на пов-сти электрода может предшествовать образование слоев адсорбир. атомов (адагатов) осаждаемого в-ва, чаще всего металла. Возникновение монокристаллов (иногда двух- и трехатомных) слоев происходит при электродных потенциалах, на неск. десятков мВ положительнее равновесного. Степень заполнения пов-сти адсорбир. атомами влияет на скорость зарождения кристаллов новой фазы (число зародышей в единице объема, образующихся за единицу времени).

Зарождение кристаллов в условиях Э. требует превышения электрохим. потенциала системы  $\Delta\phi$ , пропорционального перенапряжению  $\eta$  (см. *Поляризация*):  $\Delta\phi = nF\eta$ , где  $n$  – число участвующих в р-ции электронов;  $F$  – постоянная Фарадея. Нуклеация в объеме р-ра или на пов-сти инертного электрода начинается путем образования трехмерных зародышей, т. е. частиц, размеры к-рых соизмеримы по всем кристаллографич. направлениям. Для малых  $\eta$  кинетика электрохим. нуклеации описывается классич. флукуационной теорией, согласно к-рой в результате флукуац. процессов присоединения и отрыва частиц в маточной среде возникает набор кластеров, распределенных по размерам (см. *Зарождение новой фазы*). Частоты присоединения и отрыва частиц для электрохим. систем определяются величиной  $\eta$ , зависят от кривизны пов-сти кластеров и адсорбционных характеристик. Вероятность возникновения кластера данного размера определяется законом распределения Больцмана, а кинетика – частотами присоединения и отрыва частиц. Кластер, присоединение атома к к-рому делает его устойчивым к дальнейшему росту при данном перенапряжении, наз. к р и т и ч. зародышем, работа образования к-рого для гомогенного зарождения равна:

$$A = \Phi \frac{V^2 \gamma^3}{(nF\eta)^2}$$

где  $\Phi$  – фактор формы зародыша;  $V$  – молярный объем кристаллич. фазы;  $\gamma$  – уд. межфазная поверхностная энергия.

Соответственно скорость зарождения кристалла  $I$  при т-ре  $T$  описывается ур-нием:

$$I = k \exp(-A/kT),$$

где  $k$  – постоянная Больцмана. Для систем с высокими значениями *тока обмена* (электроды из Ag, Pb, Hg) в небольших интервалах изменений  $\eta$  коэф.  $k$  остается постоянной величиной и наблюдается линейная зависимость  $\lg I$  от  $1/\eta^2$ . С ростом  $\eta$  размер критич. зародыша уменьшается и при высоких  $\eta$  зародыш может состоять из единичных атомов. В этом случае использование значения  $\gamma$  в ур-нии для  $A$  становится некорректным, кинетика электрохим. нуклеации описывается атомистич. теорией, согласно к-рой скорость образования зародышей и число атомов в зародыше дискретно изменяются с ростом  $\eta$ . Число атомов в зародыше остается неизменным в нек-ром интервале значений  $\eta$ .

Критич. зародыши образуются на активных центрах пов-сти электрода. Такими центрами м. б. поры в оксидной пленке, выходы винтовых дислокаций, вакансии, изломы на ступенях роста и др. энергетич. неоднородности пов-сти. Число активных центров, участвующих в процессе электрохим. нуклеации, возрастает с увеличением  $\eta$ . Вокруг возникшего и растущего кристалла образуются зоны экранирования («дворики роста»), в к-рых нуклеации не происходит. Радиус зон экранирования уменьшается с ростом  $\eta$ . Постепенно происходит исчерпание числа свободных активных центров и прекращение зарождения новых кристаллов, наступает насыщение. Адсорбция примесей из р-ра на электроде снижает число активных центров и, соотв., общее число зародышей. Стадия зарождения кристаллов определяет в конечном итоге осн. физ.-мех. св-ва гальванич. покрытий, в т. ч. их пористость.

На атомногладкой грани кристалла его рост происходит путем образования двумерного критич. зародыша и его последующего разрастания. Возникновение двумерного зародыша требует определенного перенапряжения  $\eta$ , связанного с возникновением новой пов-сти – ступени роста и, соотв., избыточной краевой энергии. Распространение растущего слоя по пов-сти грани происходит тангенциально, путем присоединения атомов к местам роста (изломам на ступени). Такая Э. наблюдается на бездислокационных гранях монокристаллов Ag, полученных электролизом в капиллярах. При повышении  $\eta$  по грани распространяются многочисленные «пакеты роста».

На гранях, имеющих выходы винтовых дислокаций и вследствие этого неисчезающую ступень, распространение слоев при Э. происходит в виде спирали, путем присоединения атомов к ступени роста. Грань (или ее часть) принимает форму пирамиды. Чем выше  $\eta$ , тем меньше угол при вершине пирамиды. Подобная Э. по дислокационному механизму не требует затраты энергии на образование двумерных критич. зародышей.

При высоких  $\eta$ , равных 5–10 кТ (150–300 мВ), становится возможным «нормальный» рост кристаллов, т. е. прямое присоединение атомов к пов-сти растущей грани в любой ее точке. Грани становятся шероховатыми, теряются такие св-ва кристалла, как устойчивость роста грани и анизотропия скорости роста по разл. кристаллографич. направлениям. В результате кристаллы приобретают округлую форму.

**Кинетика Э.** Фазовый переход ион в р-ре → атом в кристаллич. решетке металла протекает через ряд стадий: разряд иона с образованием адагатов, их поверхностная диффузия к месту роста и встраивание в кристаллич. решетку. Каждая из стадий может определять скорость процесса. При низких перенапряжениях (< 30 мВ) для Cu и Ag скорость процесса определяется поверхностной диффузией, при более высоких перенапряжениях – стадией переноса заряда. Адагаты могут нести нек-рый электр. заряд вследствие частичного разряда ионов. Вероятность разряда иона непосредственно в месте роста или на пов-сти грани с последующей диффузией адагатов к месту роста зависит от концентрации ионов в р-ре, энергии их десольватации и энергии связи атомов в кристаллич. решетке. Предполагается, что преимущественный разряд ионов в месте роста может происходить при энергии субли-

мации (характеризующей энергию связи атомов в решетке) более 300 Дж/моль.

Формы роста кристаллов определяются относит. пересыщением  $p$ -ра,  $k$ -рое в условиях Э. соответствует величине  $\exp(-nF\eta/RT) - 1$  ( $R$  – газовая постоянная), а также концентрацией разряжающихся ионов, условиями массопереноса, адсорбцией примесей. При малых плотностях тока через электрохим. ячейку и, соотв., низких перенапряжениях  $\eta$  наблюдается рост единичных кристаллов, в частности нитевидных. Кол-во металла, выделяющегося на единице площади пов-сти растущих граней при электролизе, сохраняется постоянным при разл. величинах силы тока и, соотв., общая площадь растущих граней подстраивается к заданной плотности тока. Быстро растущие грани кристаллов вырождаются в процессе роста, кристалл оказывается оформленным медленно растущими гранями. В отсутствие примесей кристаллы с гранцентр. или объемноцентр. кубич. решетками обычно оформлены гранями (111), (100), (110).

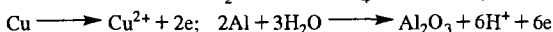
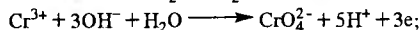
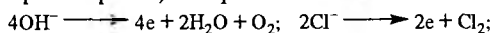
При малых концентрациях ионов в  $p$ -ре массоперенос к растущей пов-сти играет главенствующую роль в определении морфологии роста кристаллов при Э. Высокие плотности тока обеспечивают перенапряжение, достаточное для роста боковых граней нитевидного кристалла, на катоде возникают дендриты. Адсорбция и соосаждение примесей тормозят линейный рост кристаллов, вызывают искажение кристаллич. решетки и понижают устойчивость фронта роста граней, способствуют образованию на электроде соматоидных структур. При больших концентрациях соосаждающихся примесей (P, B, S и др.) кристаллич. решетка оказывается предельно нарушенной, возникают системы аморфного строения – металлич. стекла.

Э.– уникальный метод для изучения механизма зарождения и роста кристаллов, т. к. позволяет изменять пересыщение в широких интервалах и по любой программе. Э.– основа многих электрохим. технологий, в т. ч. электролиза, гальванотехники. Осаждение металлов из развлученных  $p$ -ров в условиях роста дендритов используют для получения порошков Cu, Ni, Fe и др. (см. также *Электроосаждение*).

Лит.: Горбунова К. М., Даиков П. Д., «Успехи химии», 1948, т. 17, с. 710-32; Феттер К., Электрохимическая кинетика, пер. с нем., М., 1967; Каишев Р., Избранные труды, София, 1980; Данилов А. И., Полукаров Ю. М., «Успехи химии», 1987, т. 56, в. 7, с. 1082-1104.

Ю. М. Полукаров.

**ЭЛЕКТРОЛИЗ**, совокупность электрохим. окислит.-восстановит. процессов, происходящих при прохождении электрич. тока через электролит с погруженными в него электродами. На катоде катионы восстанавливаются в ионы более низкой степени окисления или в атомы, напр.:  $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$ ,  $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$  ( $e$  – электрон). Нейтральные молекулы могут участвовать в превращениях на катоде непосредственно или реагировать с продуктами катодного процесса,  $k$ -рые рассматриваются в этом случае как промезут.  $v$ -ва Э. На аноде происходит окисление ионов или молекул, поступающих из объема электролита или принадлежащих материалу анода; в последнем случае анод растворяется или окисляется (см. *Анодное растворение*). Напр.:



Э. включает два процесса: миграцию реагирующих частиц под действием электрич. поля к пов-сти электрода и переход заряда с частицы на электрод или с электрода на частицу. Миграция ионов определяется их подвижностью и числами переноса (см. *Электропроводность электролитов*). Процесс переноса неск. электрич. зарядов осуществляется, как правило, в виде последовательности одноэлектронных  $p$ -ций, т. е. постайино, с образованием промезут. частиц (ионов или радикалов),  $k$ -рые иногда существуют нек-рое время на электроде в адсорбир. состоянии.

Скорости электродных  $p$ -ций зависят от состава и концентрации электролита, материала электродов, электродного потенциала,  $t$ -ры, гидродинамич. условий (см. *Электрохимиче-*

*ская кинетика*). Мерой скорости служит плотность тока – кол-во переносимых электрич. зарядов через единицу площади пов-сти электрода в единицу времени. Кол-во образующихся при Э. продуктов определяется *Фарадевыми законами*. Для выделения 1 грамм-эквивалента  $v$ -ва на электроде необходимо кол-во электричества, равное 26,8 А·ч. Если на каждом из электродов одновременно образуется неск. продуктов в результате ряда электрохим.  $p$ -ций, доля тока ( $\%$ ), идущая на образование продукта одной из  $p$ -ций, наз. *выходом данного продукта по току*.

В электродном процессе участвуют  $v$ -ва, требующие для переноса заряда наименьшего электрич. потенциала; это м. б. не те  $v$ -ва,  $k$ -рые обуславливают перенос электричества в объеме  $p$ -ра. Напр., при Э. водного  $p$ -ра NaCl в миграции участвуют ионы  $Na^+$  и  $Cl^-$ , однако на твердых катодах ионы  $Na^+$  не разряжаются, а протекает энергетически более выгодный процесс разряда протонированных молекул воды:  $H_3O^+ + e \rightarrow \frac{1}{2}H_2 + H_2O$ .

**Применение Э.** Получение целевых продуктов путем Э. позволяет сравнительно просто (регулируя силу тока) управлять скоростью и направленностью процесса, благодаря чему можно осуществлять процессы как в самых «мягких», так и в предельно «жестких» условиях окисления или восстановления, получая сильнейшие окислители и восстановители. Путем Э. производят  $H_2$  и  $O_2$  из воды,  $Cl_2$  из водных  $p$ -ров NaCl,  $F_2$  из расплава KF в  $KH_2F_3$ .

Гидроэлектрометаллургия – важная отрасль металлургии цветных металлов (Cu, Bi, Sb, Sn, Pb, Ni, Co, Cd, Zn); она применяется также для получения благородных и рассеянных металлов, Mn, Cr. Э. используют непосредственно для катодного выделения металла после того, как он переведен из руды в  $p$ -р, а  $p$ -р подвергнут очистке. Такой процесс наз. *электроэкстракцией*. Э. применяют также для очистки металла – электролитич. рафинирования (электрорафинирование). Этот процесс состоит в анодном растворении загрязненного металла и в последующем его катодном осаждении. Рафинирование и электроэкстракцию проводят с жидкими электродами из руды и амальгам (амальгамная металлургия) и с электродами из твердых металлов.

Э. расплавов электролитов – важный способ произ-ва мн. металлов. Так, напр., алюминий-сырец получают Э. криолит-глиноземного расплава ( $Na_2AlF_6 + Al_2O_3$ ), очистку сырья осуществляют электролитич. рафинированием. При этом анодом служит расплав Al, содержащий до 35% Cu (для утяжеления) и потому находящийся на дне ванны электролизера. Средний жидкий слой ванны содержит  $BaCl_2$ ,  $AlF_3$  и NaF, а верхний – расплавленный рафинир. Al и служит катодом.

Э. расплава хлорида магния или обезвоженного карналита – наиб. распространенный способ получения Mg. В пром. масштабе Э. расплавов используют для получения щелочных и щел.-зем. металлов, Be, Ti, W, Mo, Zr, U и др.

К электролитич. способам получения металлов относят также восстановление ионов металла другим, более электроотрицат. металлом. Выделение металлов восстановлением их водородом также часто включает стадии Э.– электрохим. ионизацию водорода и осаждение ионов металла за счет освобождающихся при этом электронов. Важную роль играют процессы совместного выделения или растворения неск. металлов, совместного выделения металлов и мол. водорода на катоде и адсорбции компонентов  $p$ -ра на электродах. Э. используют для приготовления металлич. порошков с заданными св-вами.

Другие важнейшие применения Э.– *гальванотехника, электроосинтез, электрохимическая обработка металлов*, защита от коррозии (см. *Электрохимическая защита*).

**Электролизеры.** Конструкция пром. аппаратов для проведения электролитич. процессов определяется характером процесса. В гидрометаллургии и гальванотехнике используют преим. т. наз. *ящичные электролизеры*, представляющие собой открытую емкость с электролитом, в  $k$ -рой размещают чередующиеся катоды и аноды, соединенные соотв. с отрицат. и положит. полюсами источника постоянного тока. Для изготовления анодов применяют графит, углеродистые материалы, платину, оксиды железа, свинца, никеля, свинец и

его сплавы; используют малоизнашивающиеся титановые аноды с активным покрытием из смеси оксидов рутения и титана (оксидные рутениво-титановые аноды, или ОРТА), а также из платины и ее сплавов. Для катодов в большинстве электролизеров применяют сталь, в т. ч. с разл. защитными покрытиями с учетом агрессивности электролита и продуктов Э., т-ры и др. условий процесса. Нек-рые электролизеры работают в условиях высоких давлений, напр. разложение воды ведется под давлением до 4 МПа; разрабатываются электролизеры и для более высоких давлений. В совр. электролизерах широко применяют пластич. массы, стекло и стеклопластики, керамику.

Во мн. электрохим. произ-вах требуется разделение катодного и анодного пространств, к-рое осуществляют с помощью диафрагм, проницаемых для ионов, но затрудняющих мех. смешение и диффузию. При этом достигается разделение жидких и газообразных продуктов, образующихся на электродах или в объеме р-ра, предотвращается участие исходных, промежут. и конечных продуктов Э. в р-циях на электроде противоположного знака и в приэлектродном пространстве. В пористых диафрагмах через микропоры переносятся как катионы, так и анионы в кол-вах, соответствующих числам переноса. В ионообменных диафрагмах (мембранах) происходит перенос либо только катионов, либо анионов, в зависимости от природы входящих в их состав ионогенных групп. При синтезе сильных окислителей используют обычно бездиафрагменные электролизеры, но в р-р электролита добавляют  $K_2Cr_2O_7$ . В процессе Э. на катоде образуется пористая хромит-хроматная пленка, выполняющая ф-ции диафрагмы. При получении хлора используют катод в виде стальной сетки, на к-рую наносят слой асбеста, играющий роль диафрагмы. В процессе Э. рассол подают в анодную камеру, а из анодной камеры выводят р-р NaOH.

Электролизер, применяемый для получения магния, алюминия, щелочных и щел.-зем. металлов, представляет собой футерованную огнеупорным материалом ванну, на дне к-рой находится расплавленный металл, служащий катодом, аноды же в виде блоков располагают над слоем жидкого металла. В процессах мембранного получения хлора, в электролизезе используют электролизеры фильтр-прессного типа, собранные из отд. рам, между к-рыми помещены ионообменные мембраны.

По характеру подключения к источнику питания различают монополярные и биполярные электролизеры (рис.). Монополярный электролизер состоит из одной электролитич. ячейки

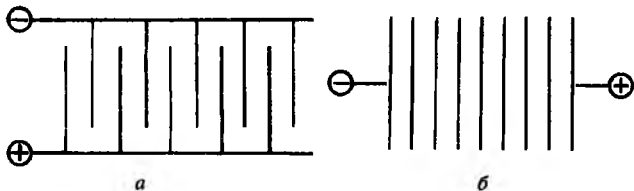


Схема подключения к источнику внеш. тока монополярного (а) и биполярного (б) электролизеров.

с электродами одной полярности, каждый из к-рых может состоять из неск. элементов, включенных параллельно в цепь тока. Биполярный электролизер имеет большое число ячеек (до 100–160), включенных последовательно в цепь тока, причем каждый электрод, за исключением двух крайних, работает одной стороной как катод, а другой как анод. Монополярные электролизеры обычно рассчитаны на большой ток и малые напряжения, биполярные – на сравнительно небольшой ток и высокие напряжения. Совр. электролизеры допускают высокую токовую нагрузку: монополярные до 400–500 кА, биполярные эквивалентную 1600 кА.

Лит.: Фиошин М.Я., Павлов В.Н., Электролиз в неорганической химии, М., 1976; Зимиин В.М., Камарьян Г.М., Мазайко А.Ф., Хлорные электролизеры, М., 1984; Фиошин М.Я., Смирнова М.Г., Электрохимические системы в синтезе химических продуктов, М., 1985; Мазайко А.Ф., Камарьян Г.М., Помашкин О.П., Промышленный мембранный электролиз, М., 1989; см. также лит. к ст. *Электролиз, Электрохимическая обработка металлов.* А. П. Томилов.

**ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ**, полный или частичный распад молекул растворенного в-ва на катионы и анионы. Э.д. называют также распад на катионы и анионы ионных кристаллов при растворении или расплавлении. Э.д., как правило, происходит в полярных р-рителях. При Э.д. разрываются обычно лишь наиб. полярные связи молекул, напр. карбоновые к-ты  $RCOOH$  диссоциируют на  $RCO_2^-$  и  $H^+$ . Э.д. могут подвергаться молекулы нек-рых р-рителей, напр. воды.

Осн. причинами Э.д. являются, с одной стороны, взаимод. растворенного в-ва с р-рителем, к-рое приводит к сольватации ионов, а с другой стороны – значит. ослабление электростатич. взаимод. между сольватир. ионами в среде, обусловленное ее электростатич. полем (диэлектрич. проницаемостью р-рителя). При этом работа, необходимая для разрушения молекул (кристаллич. решетки), обеспечивается за счет энергии сольватации.

Э.д. лежит в основе деления р-ров на два класса – *растворы неэлектролитов* и *растворы электролитов*. Наблюдаемое различие в коллигативных св-вах разбавленных р-ров электролитов и неэлектролитов объясняется тем, что из-за Э.д. увеличивается общее число частиц в р-ре. Это, в частности, приводит к увеличению осмотич. давления р-ра сравнительно с р-рами неэлектролитов, понижению давления пара р-рителя над р-ром, увеличению изменения т-ры кипения и замерзания р-ра относительно чистого р-рителя. Э.д. объясняется также ионная электропроводность электролитов.

Мерой Э.д. является степень диссоциации  $\alpha$  – отношение кол-ва диссоциированных на ионы молекул электролита к их исходному кол-ву в р-ре. Согласно этому определению,  $\alpha$  изменяется от 0 (отсутствие диссоциации) до 1 (полная диссоциация) и зависит от природы растворенного в-ва и р-рителя, а также от концентрации р-ра и т-ры. Как правило, с увеличением диэлектрич. проницаемости р-рителя  $\epsilon$  его  $\alpha$  увеличивается, хотя заметная диссоциация наблюдается в нек-рых р-рителях с низкой  $\epsilon$ .

Способность данного в-ва  $MX$  к Э.д. в определенном р-рителе по схеме  $MX \rightleftharpoons M^+ + X^-$  характеризуется константой Э.д.  $K_D$ , связанной, согласно *действующих масс* закону, со степенью диссоциации  $\alpha$  соотношением:

$$K_D = \frac{\alpha^2 \gamma_{\pm}^2}{1 - \alpha \gamma_{MX}} \quad (1)$$

где  $x$  – молярная концентрация электролита;  $\gamma_{\pm}$  – средний ионный коэф. активности;  $\gamma_{MX}$  – коэф. активности недиссоциированной части электролита. Как и  $\alpha$ , значение константы  $K_D$  зависит от св-в растворенного в-ва, в частности от прочности связи между фрагментами молекул электролита, образующими катион и анион, от диэлектрич. св-в р-рителя, его способности сольватировать ионы, а также от т-ры и давления; в отличие от  $\alpha$ , не зависит от концентрации р-ра. Константа  $K_D$  м.б. определена экспериментально, напр. по зависимости электропроводности р-ра от концентрации электролита или путем прямого измерения содержания своб. ионов в р-ре, напр., спектрофотометрич. методом.

Соответственно понятиям полной и неполной Э.д. электролиты классифицируют на сильные ( $\alpha \approx 1$ ) и слабые ( $\alpha \ll 1$ ) (см. *Электролиты*); полностью диссоциируют в р-ре многие соли неорг. к-т, нек-рые к-ты и основания. Неполная Э.д. наблюдается для солей, катионы к-рых склонны к образованию ковалентных связей с анионами, напр. соли Ag, Cd, Zn. Нек-рые многоосновные к-ты, напр.  $H_2SO_4$ , полностью диссоциируют лишь в отношении отщепления одного иона  $H^+$ , а дальнейшая диссоциация  $HSO_4^-$  затруднена. Разб. р-ры слабых электролитов по своим св-вам близки к идеальным р-рам, для них в ф-ле (1) коэф. активности можно считать равными 1. Тогда ф-ла (1) переходит в закон разведения Оствальда:

$$K_D = \frac{\alpha^2}{1 - \alpha} \quad (2)$$

в к-ром  $\alpha$  можно заменить отношением  $\lambda/\lambda_{\infty}$ , где  $\lambda$  и  $\lambda_{\infty}$  – соотв. эквивалентная электропроводность р-ра при данной

концентрации и при бесконечном разведении. В соответствии с законом Оствальда с уменьшением концентрации  $\rho$ -ра степень диссоциации  $\alpha$  и эквивалентная электропроводность возрастают, причем при бесконечном разведении  $\alpha \rightarrow 1$  и  $\lambda \rightarrow \lambda_\infty$  (см. *Электропроводность электролитов*).

$\rho$ -ры сильных электролитов не являются идеальными и для их описания необходим учет межмолекулярного взаимодействия. При определенных условиях, напр. в  $\rho$ -рителях с малой диэлектрич. проницаемостью, при низких  $\rho$ -рах или при образовании многовалентных ионов, благодаря сильному электростатич. притяжению противоположно заряженных ионов могут образовываться ионные ассоциаты, простейшими из к-рых являются ионные пары. Равновесие между сольватир. ионами и ионными парами характеризуется константой диссоциации, аналогично исходному распаду молекул, или обратной ей величиной – константой ассоциации. В приближении электростатич. взаимодей. между ионами константа диссоциации контактных ионных пар, образованных двумя ионами с радиусами  $r_+$  и  $r_-$  и зарядовыми числами  $z_+$  и  $z_-$ , м. б. рассчитана по Фле:

$$K_D = \exp \left[ - \frac{e^2 z_+ z_-}{4\pi\epsilon_0 \epsilon (r_+ + r_-) kT} \right] \quad (3)$$

где  $e$  – элементарный электр. заряд;  $k$  – постоянная Больцмана;  $\epsilon_0$  – электр. постоянная (диэлектрич. проницаемость вакуума);  $\epsilon$  – диэлектрич. проницаемость  $\rho$ -рителя;  $T$  – абс. т-ра.

Понятие Э. д. было введено С. Аррениусом в 1887. Э. д. играет важную роль во мн. прир. и производств. процессах, определяя как св-ва  $\rho$ -ров электролитов, так и особенности происходящих в них процессов (см. *Реакции в растворах*).

Лит.: Измайлов Н. А., *Электрохимия растворов*, 3 изд., М., 1976; Монок С. В., *Electrolytic dissociation*, L.–N. Y., 1961. М. Ф. Головки.

**ЭЛЕКТРОЛИТЫ**, в-ва, в к-рых в заметной концентрации присутствуют ионы, обуславливающие прохождение электр. тока (ионную проводимость). Э. также наз. проводниками II рода. В узком смысле слова Э. – в-ва, молекулы к-рых в  $\rho$ -ре вследствие *электролитической диссоциации* распадаются на ионы. Различают *электролиты твердые, растворы электролитов* и *ионные расплавы*.  $\rho$ -ры электролитов часто также наз. Э. В зависимости от вида  $\rho$ -рителя различают Э. водные и *электролиты неводные*. Особый класс составляют высокомолекулярные Э. – *полиэлектролиты*.

В соответствии с природой ионов, образующихся при электролитич. диссоциации водных  $\rho$ -ров, выделяют солевые Э. (в них отсутствуют ионы  $H^+$  и  $OH^-$ ), к-ты (преобладают ионы  $H^+$ ) и основания (преобладают ионы  $OH^-$ ). Если при диссоциации молекул Э. число катионов совпадает с числом анионов, такие Э. наз. симметричными (1,1-валентными, напр.  $KCl$ , 2,2-валентными, напр.  $CaSO_4$ , и т. д.). В противном случае Э. наз. несимметричными (1,2-валентные Э., напр.  $H_2SO_4$ , 3,1-валентные, напр.  $Al(OH)_3$ , и т. д.).

По способности к электролитич. диссоциации Э. условно разделяют на сильные и слабые. Сильные Э. практически полностью диссоциированы на ионы в разбавленных  $\rho$ -рах. К ним относятся многие неорг. соли, нек-рые к-ты и основания в водных  $\rho$ -рах, а также в  $\rho$ -рителях, обладающих высокой диссоциирующей способностью (напр., в спиртах, амидах, кетонах). Молекулы слабых Э. лишь частично диссоциированы на ионы, к-рые находятся в динамич. равновесии с недиссоцир. молекулами. К слабым Э. относятся многие орг. к-ты и основания в водных и неводных  $\rho$ -рителях. Степень диссоциации зависит от природы  $\rho$ -рителя, концентрации  $\rho$ -ра, т-ры и др. факторов. Один и тот же Э. при одинаковой концентрации, но в разл.  $\rho$ -рителях образует  $\rho$ -ры с разл. степенью диссоциации.

Электролитич. диссоциация приводит к увеличению общего числа частиц в  $\rho$ -ре, что обуславливает существенное различие между св-вами разбавл.  $\rho$ -ров электролитов и неэлектролитов. Этим, в частности, объясняется увеличение осмотич. давления  $\rho$ -ра и его отклонение от закона Вант-Гофа (см. *Осмос*), пони-

жение давления пара  $\rho$ -рителя над  $\rho$ -ром и его отклонение от природы др. ионов, присутствие ионов в  $\rho$ -ре. При прохождении электр. тока через Э. на погруженных в него электродах происходят окислит.-восстановит. проц., в результате чего в своб. виде выделяются в-ва, к-рые становятся компонентами Э. (см. *Электролиз*).

Э. по своей структуре представляют собой сложные системы, состоящие из ионов, окруженных молекулами  $\rho$ -рителя, недиссоциированных молекул растворенного в-ва, ионных пар и более крупных агрегатов. Св-ва Э. определяются характером ион-ионных и ион-молекулярных взаимодей., а также изменением св-в и структуры  $\rho$ -рителя под влиянием растворенных частиц Э. В полярных  $\rho$ -рителях благодаря интенсивному взаимодействию ионов с молекулами  $\rho$ -рителя образуются сольватные структуры (см. *Сольватация*). Роль сольватации с увеличением валентности ионов и уменьшением их кристаллографич. размеров возрастает. Мерой взаимодей. ионов с молекулами  $\rho$ -рителя является энергия сольватации.

В зависимости от концентрации Э. выделяют область разбавленных  $\rho$ -ров, к-рые по своей структуре близки к структуре чистого  $\rho$ -рителя, нарушаемой, однако, присутствием и влиянием ионов; переходную область и область концентрир.  $\rho$ -ров. Весьма разбавленные  $\rho$ -ры слабых Э. по своим св-вам близки к идеальным  $\rho$ -рам и достаточно хорошо описываются классич. теорией электролитич. диссоциации. Разбавленные  $\rho$ -ры сильных Э. заметно отклоняются от св-в идеальных  $\rho$ -ров, что обусловлено электростатич. межмолекулярным взаимодей. Их описание проводится в рамках *Дебая-Хюккеля теории*, к-рая удовлетворительно объясняет концентрационную зависимость термодинамич. св-в – коэф. активности ионов, осмотич. коэф. и др., а также неравновесных св-в – электропроводности, диффузии, вязкости (см. *Электропроводность электролитов*). При повышении концентрации  $\rho$ -ров сильных Э. возникает необходимость в учете размера ионов, а также влияния сольватационных эффектов на характер межмолекулярного взаимодействия.

В переходной концентрационной области под влиянием ионов происходит существенное изменение структуры  $\rho$ -рителя. При дальнейшем увеличении концентрации Э. почти все молекулы  $\rho$ -рителя связаны с ионами в сольватационные структуры и обнаруживается дефицит  $\rho$ -рителя, а в области концентрированных  $\rho$ -ров структура  $\rho$ -ра все более приближается к структуре соответствующих ионных расплавов или кристаллосольватов. Данные компьютерного моделирования и спектроскопич. исследований, в частности методом рассеяния нейтронов с изотопным замещением, свидетельствуют о значит. степени упорядоченности в концентрированных  $\rho$ -рах Э. и об образовании специфич. для каждой конкретной системы ионных структур. Напр., для водного  $\rho$ -ра  $NiCl_2$  характерен комплекс, содержащий ион  $Ni^{2+}$ , окруженный 4 молекулами воды и 2 ионами  $Cl^-$  в октаэдрич. конфигурации. Ионные комплексы связываются между собой посредством связей галоген – водород – кислород и более сложных взаимодей., включающих молекулы воды.

В ионных расплавах специфика упорядочения характеризуется структурными факторами  $S_{pp}(k)$ ,  $S_{qq}(k)$  и  $S_{pq}(k)$ , описывающими флуктуации ионной плотности  $\rho$  и заряда  $q$  как функции волнового числа  $k$ , к-рое с точностью до постоянной Планка  $h$  совпадает с величиной импульса, передваемого расплаву рассеивающей частицей, напр. нейтроном. Для бинарного электролита

$$S_{pp}(k) = 1/2 [S_{++}(k) + S_{--}(k) + 2S_{+-}(k)],$$

$$S_{qq}(k) = 1/2 [S_{++}(k) + S_{--}(k) - 2S_{+-}(k)],$$

$$S_{pq}(k) = 1/2 [S_{++}(k) - S_{--}(k)],$$

где  $S_{++}(k)$ ,  $S_{--}(k)$ ,  $S_{+-}(k)$  – парциальные структурные факторы, относящиеся к взаимодействию катионов и анионов между собой и 858

друг с другом. Для расплавов типа NaCl ф-ция  $S_{pp}(k)$  близка к нулю, вследствие чего Э. можно рассматривать как смесь двух жидкостей, одна из к-рых характеризуется упорядочением по ионной плотности через ф-цию  $S_{pp}(k)$ , а вторая — «зарядовым» упорядочением через ф-цию  $S_{qq}(k)$ . Ф-ция  $S_{pp}(k)$  имеет типичное поведение для систем с «плотностным» упорядочением, отражая значит. степень беспорядка в расположении частиц. В отличие от этого  $S_{qq}(k)$  имеет резкий пик, отражающий сильное упорядочение в распределении заряда, определяемое экранированием и требованиями локальной электронейтральности. Такое упорядочение ионов приводит к возможности существования в Э. коллективных возбуждений, к-рые могут проявляться в виде пиков динамики структурного фактора  $S_{qq}(k, \omega)$ , описывающего динамику флуктуаций плотности заряда расплава ( $\omega$  — частота, связанная с энергией, передаваемой расплаву рассеивающей частицей). Для ионных расплавов Э., катионы к-рых склонны к образованию ковалентных связей с анионами (напр., для расплава CuCl), наблюдается сильная корреляция взаимод. между анионами и довольно слабая — между катионами.

Переход от одной концентрационной области Э. в другую происходит плавно, вследствие чего рассмотренное выше деление является условным. Тем не менее в промежут. области нек-рые термодинамич. св-ва Э., напр. коэф. р-рности, претерпевают заметные изменения. Описание промежут. и концентрационной областей требует явного рассмотрения как ионов, так и молекул р-рителя и учета разл. видов взаимод. между всеми частицами в р-ре.

В зависимости от т-ры и давления выделяют низкотемпературную и высокотемпературную области св-ва Э., а также области нормальных и высоких давлений. Повышение т-ры или давления в целом снижают мол. упорядоченность р-рителя и ослабляет влияние ассоциативных и сольватационных эффектов на св-ва р-ра Э. При понижении т-ры ниже т-ры плавления нек-рых концентр. Э. могут находиться в стеклообразном состоянии, напр. водные р-ры LiCl.

Наряду с Э. как проводниками второго рода существуют в-ва, обладающие одновременно электронной и ионной проводимостью. К ним относятся р-ры щелочных и щел.-зем. металлов в полярных р-рителях (аммиак, амины, эфиры), а также в расплавах солей. В этих системах при изменении концентрации металла происходит фазовый переход в металл. состояние с существенным (на неск. порядков) изменением электропроводности. При этом в электролитич. области образуется самый легкий анион — сольватированный электрон, придающий р-ру характерный синий цвет.

Э. играют важную роль в науке и технике. Они участвуют в электрохим. и многих биол. процессах, являются средой для орг. и неорг. синтеза и электрохим. произ-ва. Изучение св-в Э. важно для выяснения механизмов электролиза, электрокатализа, электрокристаллизации, коррозии металлов и др., для совершенствования механизмов разделения в-в — экстракции и ионного обмена. Исследование св-в Э. стимулируется энергетич. проблемами (создание новых топливных элементов, солнечных батарей, электрохимических преобразователей информации), а также проблемами защиты окружающей среды.

Лит.: Харнед Г., Оуэн Б., Физическая химия растворов электролитов, пер. с англ., М., 1952; Термодинамика и строение растворов. Материалы симпозиума «Химия водных систем при высоких температурах и давлениях», Иваново, 1986; Match N.H., Tosi M.P., Coulomb liquids, L.—[a.o.], 1984; см. также лит. к ст. Растворы электролитов, Электропроводность электролитов, Электролиты неводные, Электролиты твердые. М. Ф. Головкин.

**ЭЛЕКТРОЛИТЫ НЕВОДНЫЕ**, р-ры электролитов, в к-рых р-рителями являются однокомпонентные жидкости, исключая воду, или многокомпонентные жидкие смеси, как безводные, так и водосодержащие. Отд. группу Э. н. составляют солевые расплавы (см. Электрохимия расплавов).

Выбор р-рителя определяет особенности электролитической диссоциации растворимого в-ва и качество электролита, важное значение имеет также вязкость р-рителя, определяющая подвижность ионов и транспортные св-ва р-ра. В отличие от водных р-ров, большинство Э. н. относится к слабым электролитам, реже — к электролитам ср. силы (см. Электро-

литы). Электропроводность Э. н. обычно на 1–2 порядка ниже электропроводности водных р-ров. Хорошей электропроводностью, как правило, обладают Э. н. на основе полярных мол. жидкостей с высокой диэлектрич. проницаемостью, малой вязкостью и хорошей сольватирующей способностью.

Специфич. особенностью неводных жидкостей является способность их молекул выступать в качестве доноров и/или акцепторов протонов и электронных пар. Протонные Э. н. содержат подвижный протон  $H^+$  — это спирты, фтороводород и др. Как правило, они хорошо сольватируют малые анионы с образованием прочных водородных связей. Р-рители, не содержащие подвижного протона, наз. дипольными апротонными (диметилформамид, диметилсульфоксид, ацетон, ацетонитрил и др.); они активно взаимодей. с большими легко поляризуемыми анионами. Электронодонорные р-рители содержат атомы с неподеленными электронными парами: S (спирты, эфиры, кетоны), N (амины, амиды), S (сульфиды, сульфоксиды), P (фосфины) и др. Они характеризуются высокой способностью сольватировать преим. катионы. Электроакцепторные р-рители м.б. как протонными (спирты, фенолы и др.), так и апротонными (уксусный ангидрид, нитробензол, нитрометан и др.). Поскольку донорами электронной пары является большинство анионов, электроакцепторные р-рители сольватируют преим. анионы.

Степень донорности и акцепторности р-рителей на практике характеризуют эмпирич. параметрами, определяемыми на основе калориметрич. и спектроскопич. исследований. Наиб. распространены донорные и акцепторные числа  $DN$  и  $AN$ . Величина  $DN$  измеряется теплотой смешения  $SbCl_5$  с р-рителем в дихлорэтане. В качестве  $AN$  берется величина пропорциональная хим. сдвигу  $^{31}P$  в спектрах ЯМР триэтилфосфинооксида в разл. р-рителях.

Одновременное влияние на физ.-хим. св-ва Э. н. разл. параметров р-рителя (диэлектрич. проницаемости, вязкости, донорных и акцепторных чисел и др.) приводит к тому, что не существует простых корреляций между св-вами р-рителя и р-ра. Простая зависимость наблюдается лишь в ряду химически подобных р-рителей или в смешанных р-рителях, когда один из компонентов смеси является сольватирующим, а остальные инертными. Напр., в таких р-рителях, как ацетонитрил, диметилформамид, фуфурол, диметилacetамид, обладающих близкими значениями диэлектрич. проницаемости, р-римость KCl различается на неск. порядков, что связано со спецификой взаимод. ионов с молекулами р-рителями, к-рые выступают как доноры или как акцепторы электронных пар. В апротонных р-рителях с достаточно высокими донорными числами и диэлектрич. проницаемостью ряд св-в м.б. приписан в осн. электростатич. взаимодействию. Для протонных р-рителей картина значительно усложняется из-за сольватационных эффектов.

Ионные соед. (и о н о ф о р ы) при растворении в жидкостях с низкой диэлектрич. проницаемостью образуют ионные ассоциаты, что приводит к усилению дифференцирующего действия р-рителя на силу электролита. В этом же направлении работает и уменьшение сольватирующей способности р-рителя, сдвигая равновесие между сольватно-разделенными и контактными ионными парами на сторону последних. Аналогично, добавление к р-ру р-рителя с низкой донорной способностью увеличивает число ионных ассоциатов, в результате чего уменьшается электропроводность р-ра. В противоположном направлении действует добавление р-рителя с большой донорной способностью.

В р-рах ковалентных соед. (и о н о г е н о в) ионы образуются в результате донорно-акцепторного взаимод. между исходными компонентами р-ра. Электролитич. диссоциации ионногенов обычно предшествует ионизация молекул с образованием ионизированных сольватных комплексов, диссоциации к-рых способствует увеличение диэлектрич. проницаемости р-рителя.

Э. н. широко используют для проведения хим. р-ций и электрохим. процессов. Замена водных электролитов на неводные часто приводит к упрощению технологий произ-ва разл. хим. в-в, техн. устройств, существенно улучшая их

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Электролит	Подвижный ион	$\sigma_p$ , См/м (298 К)	$E_a$ , эВ
$\alpha$ -AgI	Ag <sup>+</sup>	337 (423 К)	0,101 <sup>a</sup>
RbAg <sub>4</sub> I <sub>5</sub>	Ag <sup>+</sup>	28	0,104
Ag <sub>6</sub> WO <sub>4</sub> I <sub>4</sub>	Ag <sup>+</sup>	4,2	0,248
(C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> NH)Ag <sub>5</sub> I <sub>6</sub>	Ag <sup>+</sup>	21 (323 К)	0,198 <sup>b</sup>
Cs <sub>2</sub> Ag <sub>3</sub> Br <sub>3</sub> I <sub>2</sub> <sup>c</sup>	Ag <sup>+</sup>	0,1	0,38
Cu <sub>2</sub> RbCl <sub>3</sub> I <sub>2</sub>	Cu <sup>+</sup>	47	0,115
Na <sub>2</sub> O · 10Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>d</sup>	Na <sup>+</sup>	3,3	0,140
Na <sub>2</sub> O · 10Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sup>+</sup>	0,5	0,148
Na <sub>2</sub> Zr <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> PO <sub>12</sub>	Na <sup>+</sup>	14 (573 К)	0,246 <sup>d</sup>
Na <sub>3</sub> Sc <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Na <sup>+</sup>	19 (573 К)	0,144 <sup>e</sup>
Na <sub>2</sub> DySi <sub>4</sub> O <sub>12</sub>	Na <sup>+</sup>	0,50	0,208
CsHSO <sub>4</sub>	H <sup>+</sup>	1,8 (435 К)	0,33 <sup>*</sup>
HUO <sub>2</sub> PO <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O <sup>f</sup>	H <sup>+</sup>	0,32	0,32
H <sub>3</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> · 19H <sub>2</sub> O <sup>g</sup>	H <sup>+</sup>	1,20	0,432
Cs <sub>3</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> · 10H <sub>2</sub> O <sup>g</sup>	H <sup>+</sup>	1,6	0,223
Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> · 5,43H <sub>2</sub> O	H <sup>+</sup>	0,75	0,16
0,75Li <sub>2</sub> GeO <sub>4</sub> · 0,25Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	Li <sup>+</sup>	9,1 (573 К)	0,42
Si <sub>0,8</sub> La <sub>0,2</sub> F <sub>2,2</sub>	F <sup>-</sup>	0,11 (573 К)	0,196
0,91ZrO <sub>2</sub> · 0,09Sc <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	O <sup>2-</sup>	30 (1273 К)	0,43
(Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>0,8</sub> (SrO) <sub>0,2</sub>	O <sup>2-</sup>	0,6 (773 К)	0,8

<sup>a</sup> При T > 420 К. <sup>b</sup> При T > 315 К. <sup>c</sup> Стеклообразное состояние. <sup>d</sup> Монокристалл (перпендикулярно оси c). <sup>e</sup> При T > 505 К. <sup>f</sup> При T > 429 К. <sup>g</sup> При T > 414 К. \* Данные при относит. влажности ок. 60%

качество. Применение Э. н. привело к разработке новых типов хим. источников тока. Важное значение они имеют в фотоэлектрохим. элементах, электролитич. конденсаторах, электроорг. синтезе. Различие в сольватирующей способности р-рителей используется при получении чистых благородных металлов, разделении в-в. Э. н. применяют при электрополировании, анодном окислении металлов и полупроводников и во мн. других процессах.

Лит.: Бургер К., Сольватация, ионные реакции и комплексобразование в ионных средах, пер. с англ., М., 1984; Ионная сольватация, под ред. Г. А. Крестова, М., 1987; Карапетян Ю. А., Эйчнс В. Н., Физико-химические свойства электролитных неводных растворов, М., 1989; Фиалко в Ю. Я., Растворитель как средство управления химическим процессом, Л., 1990; Markus Y., Ion solvation, N. Y., 1985. М. Ф. Головки.

**ЭЛЕКТРОЛИТЫ ТВЕРДЫЕ**, в-ва, в к-рых электропроводность осуществляется движением ионов к.-л. одного знака — катионами или анионами. Ионы передвигаются по свободным позициям в структуре в-ва, разделенным невысокими потенц. барьерами (0,1–0,5 эВ). Кол-во позиций, к-рые могут занимать ионы проводимости, намного больше кол-ва самих ионов. Кроме того, эти позиции могут различаться по степени заселенности ионами. Напр., в элементарной ячейке  $\alpha$ -AgI на 42 позиции приходится 2 иона Ag<sup>+</sup>, причем 12 тетраэдрич. позиций являются предпочтительными. Т. обр., подрешетка ионов проводимости разупорядочена, в то время как остальные ионы Э. т. образуют жесткий каркас, и их перенос возможен по обычным механизмом образования точечных дефектов (вакансий и междоузельных ионов).

Ионная составляющая  $\sigma_i$  общей проводимости Э. т., как правило, на 5–6 порядков больше электронной, т. е. числа переноса (см. *Электропроводность электролитов*) ионов проводимости практически равны 1. Коэф. диффузии  $D_i$  этих ионов сравнимы с таковыми для конц. водных р-ров и соответствуют величинам порядка 10<sup>-5</sup>–10<sup>-6</sup> см<sup>2</sup>/с.

Э. т. относят к суперионным проводникам и часто наз. супериониками. Однако суперионик — более общее понятие, относящееся к высокопроводящим соед. как с ионной проводимостью (Э. т.), так и со смешанной ионно-электронной проводимостью. В электрохим. системах в отличие от Э. т. суперионики со смешанной проводимостью выполняют роль электродов.

Температурная зависимость ионной проводимости Э. т.  $\sigma_i$  описывается ур-нием:

$$\sigma_i = AT^{-1} \exp(-E_a/kT),$$

где A — константа, T — абс. т-ра, E<sub>a</sub> — энергия активации, k — константа Больцмана. Значение  $\sigma_i$  и E<sub>a</sub> для наиб. известных Э. т. приведены в таблице.

Э. т. подразделяются на электролиты с собственным структурным разупорядочением в одной из подрешеток и с примесным. К первым относятся в-ва, структура к-рых либо уже имеет пути проводимости для ионов определенного типа, как, напр., Na-β-глинозем (полиалюминат натрия Na<sub>1+x</sub>Al<sub>11</sub>O<sub>17</sub>), либо приобретает их вследствие фазового перехода, как, напр., AgI (β ↔ α-переход при 420 К). Пути проводимости могут иметь вид каналов [напр., в (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>NH)Ag<sub>5</sub>I<sub>6</sub>], щелей (напр., в Na-β-глиноземе) или трехмерных сеток (напр., в α-AgI).

К Э. т. с примесным разупорядочением относятся твердые р-ры замещения, образующиеся в ионных кристаллах при легировании их ионами с валентностью, отличной от валентности основного иона. Возникающий при этом дефицит (или избыток) заряда компенсируется образованием дефектов противоположного знака. Так, в оксидах Zr, Hf, Ce и Th, легир. оксидами двух- и трехвалентных металлов (Ca, Y, Sc и др.), компенсация заряда примеси осуществляется кислородными вакансиями. Флюорит CaF<sub>2</sub> и изоморфный ему SrF<sub>2</sub> образуют твердые р-ры замещения с фторидами трехвалентных РЗЭ, обладающих высокой подвижностью ионов F<sup>-</sup>. Последние легко обмениваются на ионы O<sup>2-</sup>.

Характерное св-во Э. т. — способность к замещению одних ионов проводимости на другие. Напр., при выдерживании Na-β-глинозема в расплаве AgNO<sub>3</sub> ионы Na<sup>+</sup> м. б. полностью замещены ионами Ag<sup>+</sup>. Если же Ag-β-глинозем поместить в

р-р к-ты, то можно получить (H<sub>3</sub>O)<sup>+</sup>-β-глинозем с высокой проводимостью по протонам — ионам H<sup>+</sup>.

Протонпроводящие Э. т. — в осн. кристаллогидраты твердых орг. и неорг. к-т и их солей, в к-рых перенос H<sup>+</sup> осуществляется либо по сетке водородных связей молекул H<sub>2</sub>O (механизм туннельного перехода), либо перемещением иона гидроксония H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (прыжковый механизм), либо по молекулам, адсорбир. на межзеренных границах поликристаллич. материала. Исключение составляют безводные гидросульфаты и гидроселенаты щелочных металлов (напр., CsHSO<sub>4</sub> и CsHSeO<sub>4</sub>), к-рые приобретают высокую ионную проводимость при т-рах выше структурного фазового перехода, когда число возможных мест локализации протонов оказывается вдвое больше числа самих протонов. Обладают протонной проводимостью и мн. полимерные структуры (см. ниже).

Большинство Ag<sup>+</sup>-проводящих Э. т. получают либо вращиванием монокристаллов (α-AgI, RbAg<sub>4</sub>I<sub>5</sub>), либо твердофазным синтезом (RbAg<sub>4</sub>I<sub>5</sub>, (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>NH)Ag<sub>5</sub>I<sub>6</sub> и др.). Для изготовления Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> и O<sub>2</sub>-проводящих Э. т. используют технологию произ-ва керамики.

Существуют полимерные Э. т., к-рые обладают пластичностью, из них можно изготавливать тонкие пленки толщиной 0,5–250 мкм. По электропроводности они сравнимы с жидкими и твердыми электролитами ( $\sigma_i$  1–10<sup>-3</sup> См/м). Полимерные Э. т. — как правило, аморфные комплексы полимер-соль или полимер-к-та на. Получают их из полиэтиленоксида (ПЭО) и др. сходных по строению полимеров. Ион проводимости определяется природой второго компонента. При этом ион мигрирует вдоль полимерной цепи благодаря сегментальным движениям полимерной матрицы. Температурная зависимость проводимости комплексов удовлетворяет ур-нию, основанному на теории свободного объема:

$$\sigma_i = V \exp[-E_a/(T - T_0)],$$

где T<sub>0</sub> — идеальная т-ра стеклования полимера, T — т-ра системы, V — константа.

В системе ПЭО-H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> образуется комплекс (ПЭО) · H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> с n = 1,33, обладающий протонной проводимостью ок. 10<sup>-3</sup> См/м (298 К). В комплексе ПЭО-NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub> анионы практически неподвижны и протон переносится катионами NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ( $\sigma_i$  2 · 10<sup>-2</sup> См/м). В комплексах ПЭО-LiClO<sub>4</sub> ток переносится как ионами Li<sup>+</sup>, так и ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>, на подвижность к-рых



оказывает влияние неполная диссоциация соли и образование ионных кластеров  $\text{Li}(\text{ClO}_4)_2$  и  $\text{Li}_2(\text{ClO}_4)^+$ .

Аморфные структуры со св-вами Э. т. существуют и среди неорг. соединений. Это – стекла, представляющие собой трехмерные сетки, не имеющие строгой периодичности, но сохраняющие ближний порядок в расположении ионов. Такие структуры типа  $\alpha\text{-RbAg}_4\text{I}_5$  обнаружены в смешанных галогенидных системах  $\text{AgX-CsX}$  и  $\text{AgX-CuX-CsX}$  ( $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ ).

Используют Э. т. в химических источниках тока, ионисторах, хим. сенсорах, в качестве ионселективных мембран, при термодинамич. исследованиях и др.

Лит.: Укше Е. А., Букуи Н. Г., Твердые электролиты, М., 1977; Чепоткин В. Н., Перфильев М. В., Электрохимия твердых электролитов, М., 1978; Атовмян Л. О., Укше Е. А., в сб.: Физическая химия. Современные проблемы, под ред. Я. М. Колотыркина, М., 1983; Гуревич Ю. Я., Твердые электролиты, М., 1986; Муртыгин И. В., Электрохимические процессы в твердых электролитах, М., 1991; Сыромятников В. Г. [и др.], «Успехи химии», 1995, т. 64, в. 3, с. 265–74; Solid electrolytes, ed. by S. Geller., B., 1977; Armand M. B., Chabagno J. M., Duclot M. J., в кн.: Fast ion transport in solids, ed. P. Vashishta, Amst., 1979, p. 131; Poulsen F. W., в кн.: High conductivity solid ionic conductors. Recent trends and applications, ed. by T. Takahashi, L., 1989, p. 166.

**ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ**, см. *Электрохимия*.

**ЭЛЕКТРОМИГРАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ**, методы исследования в р-рах ионизир. в-в и разделения их сложных смесей; основаны на явлении переноса заряженных частиц в электрич. поле, приложенном к изучаемому р-ру (см. также *Электрокинетические явления*).

Осн. параметр, характеризующий перенос частиц, – подвижность  $u$ , т. е. расстояние  $l$ , на к-рое в-во переместится под действием единицы градиента электрич. потенциала  $E$  за единицу времени  $\tau$ :

$$u = l / (E\tau). \quad (1)$$

Процессы, связанные с комплексобразованием, ассоциацией или пересольватацией ионов, а также с изменением состояния р-рителя, приводят к изменению заряда либо радиуса ионов, что оказывает влияние на их подвижность; на этом основано применение Э. м. для исследования р-ций в р-рах.

Неодинаковая подвижность мол. ионов и заряженных частиц разл. хим. природы позволяет использовать Э. м. также для разделения смесей; в данном случае эти методы часто наз. электрофорезом.

**Методы измерения подвижности заряженных частиц.** Подвижность, или скорость миграции индивидуальных ионов, можно определять: 1) по изменению концентрации ионов исследуемого элемента в приэлектродном пространстве при электролизе; 2) путем смещения в электрич. поле узких зон изучаемых ионов; 3) с помощью подвижной границы между зонами (фронтальные методы, изотахофорез).

#### Исследование реакций в растворах

Информацию о равновесных процессах в р-ре получают при изучении зависимости скорости миграции ионов исследуемого элемента от концентрации одного или неск. участвующих в р-ции в-в. По этой зависимости можно выявлять состав продуктов р-ции и определять константы равновесия.

В случае р-ций комплексобразования изучаемый металл  $M$  может находиться одновременно в неск. ионных формах связи с лигандом  $A$ , между к-рыми устанавливается подвижное равновесие. В такой системе общее, или суммарное, перемещение в электрич. поле всех ионов, содержащих  $M$  и имеющих индивидуальные подвижности  $u_i$ , происходит с неск-рой ср. скоростью  $u_c$ , характеризующей суммарный электромиграц. перенос металла в единицу времени:

$$u_c = \frac{\sum_0^n (u_i \alpha_i)}{\sum_0^n [\text{MA}_i]} = \frac{\sum_0^n (u_i \beta_i [A]^i)}{\sum_0^n (\beta_i [A]^i)}, \quad (2)$$

где  $i$  – число лигандов в комплексе;  $\alpha_i = [\text{MA}_i] / \sum_0^n [\text{MA}_i]$  – доля металла, связанного в  $i$ -ую ионную форму;  $\beta_i = [\text{MA}_i] / [M][A]^i$  –

полная константа устойчивости ионной формы;  $[M]$ ,  $[A]$  и  $[\text{MA}_i]$  – соотв. равновесные концентрации металла, лиганда и комплекса.

Кривая электромиграции (рис. 1), отражающая смещение подвижного равновесия между разл. ионными формами при изменении равновесной концентрации лиганда, устанавливает области существования: своб. ионов (I); координационно ненасыщенных форм (II); координационно насыщенных комплексных ионов (III).

Состав комплексных ионов можно определять неск. приемами: по эмпирич. зависимости между подвижностью ионов и величиной их заряда; из соотношения общей и равновесной концентраций лиганда, к-рое определяется по скорости электромиграции введенного в систему вспомогат. металла (по ур-нию 2); по соотношению между коэф. диффузии и подвижностью при одной и той же концентрации лиганда. Константы устойчивости ионных форм рассчитывают путем решения системы из  $n$  ур-ний вида (2), где  $n$  равно числу ионных форм.

При исследовании хим. взаимодействий в р-ре важно сохранение постоянства состава фонового электролита, к-рое может нарушаться вследствие электродных р-ций. Поэтому целесообразно использовать аппаратуру, предотвращающую проникновение продуктов электролиза в рабочую часть прибора. Если это условие выполнено, то Э. м. дают достаточно правильные результаты благодаря тому, что отсутствует необходимость введения в изучаемую систему новых фаз – ионообменных смол, экстрагентов и т. п., вызывающих побочные равновесные процессы.

Помимо равновесий Э. м. позволяют исследовать кинетику комплексобразования, используя явление дополнит. квазидиффузионного размывания под действием электрич. поля первоначально узкой зоны, содержащей разл. ионные формы с разными знаками заряда. Для достижения этого эффекта необходимо приложить поле такой напряженности, чтобы скорость электромиграц. переноса ионов превышала скорость протекания комплексобразования.

Для изучения кинетики р-ций можно использовать также зонную электромиграцию ионов в неравновесном с ними электролите. В обоих случаях применение Э. м. целесообразно при анализе процессов, скорость к-рых лежит в пограничной области между медленными и быстрыми р-циями.

Закономерности электромиграции ионов в расплавах солей исследованы в значительно меньшей степени, чем в водных р-рах. Обычная среда при проведении электромиграции в расплавленных солях – безводные расплавы нитратов и перхлоратов щелочных металлов или эвтектич. смеси, имеющие сравнительно низкую  $t$ -ру плавления.

Для электромиграции в расплавах характерны две осн. проблемы: сильное взаимод. ионов изучаемых металлов и расплавленной соли; отсутствие электрически нейтрального р-рителя, для к-рого можно измерить истинную скорость движения ионов. Поэтому обычно их подвижность определяют относительно прибора, в к-ром проводят электромиграцию. В этом случае данные о подвижности в расплавах смещены на неизвестную постоянную величину.

#### Разделение смесей

Различают след. методы электромиграц. разделения смесей: зонный электрофорез; фокусирующий ионный обмен; фронтальные методы; изотахофорез.

**Зонный электрофорез** чаще всего реализуют в среде пористого наполнителя, пропитанного р-ром электролита. Разделяемая смесь должна быть первоначально сосредоточена в

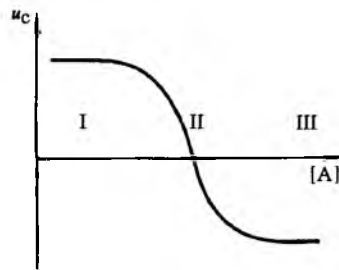


Рис. 1. Зависимость средней скорости миграции металла  $u_c$  от концентрации лиганда  $[A]$ : I, II, III – области осуществления соотв. своб. ионов металла, координационно ненасыщенных форм и координационно насыщенных комплексных ионов.

узкой зоне, имеющей относительно малые линейные размеры. Благодаря устранению конвективных потоков жидкости зоны исследуемых элементов по окончании опытов сохраняют достаточно четкие границы. В качестве наполнителей обычно используют хроматографич. и фильтровальную бумаги, порошки (напр., кварцевый песок), разл. гели (напр., крахмала).

При проведении миграции в пористой среде возможно влияние дополнит. факторов – адсорбции мигрирующих ионов на пов-сти среды, электроосмотич. потока жидкости, обусловленного поверхностным зарядом наполнителя, а также размытием зоны мигрирующего в-ва.

В водных р-рах сильных электролитов, не взаимодей. с разделяемыми в-вами, подвижности ионов мн. элементов из-за

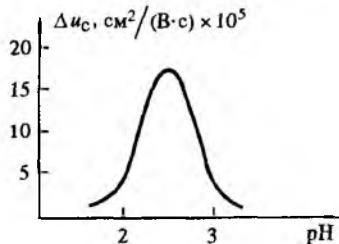


Рис. 2. Зависимость разности средних скоростей миграции La и Ce от pH 0,01%-ного р-ра этилендиаминтетрауксусной к-ты.

сильной гидратации имеют близкие значения, что делает разделение недостаточно эффективным. В р-рах комплексообразующих в-в неодинаковая устойчивость комплексных ионов разделяемых элементов приводит к различию соотношения концентраций ионных форм и, следовательно, суммарных скоростей миграции элементов [см. ур-ние (2)]. Однако эти различия могут наблюдаться лишь в

довольно узкой зоне концентраций лиганда или значений pH (рис. 2). Применяют неск. вариантов зонного электрофореза.

Электрофорез на бумаге осуществляется на листах (полосках) хроматографич. или фильтровальной бумаги, концы к-рой опущены в электродные камеры. Разделяемая смесь наносится на бумагу в виде пятна либо узкой зоны. По способу отведения теплоты, выделяющейся при прохождении через бумагу электрич. тока, используют приборы: с охлаждающими пластинами из изолирующих материалов; с охлаждающей несмешивающейся с водой орг. жидкостью (рис. 3), напр. керосином; с естеств. охлаждением бумаги на воздухе или во влажной камере.

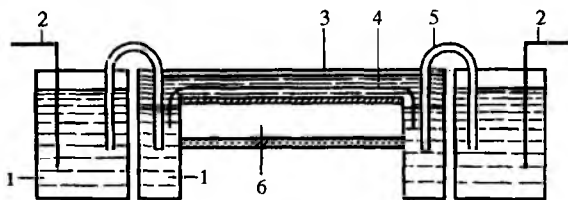


Рис. 3. Схема прибора для электрофореза на бумаге: 1 – буферный электролит; 2 – электроды; 3 – камера с охлаждающей орг. жидкостью; 4 – полоска хроматографич. бумаги; 5 – электролитич. мостик; 6 – водяная рубашка.

При разделении радиоактивных ионов пористой средой служат пленки ацетицеллюлозы, обладающие однородной микропористой структурой.

Тонкослойный электрофорез. Электромиграцию проводят в слоях порошкообразных материалов (целлюлоза, ацетицеллюлоза, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, кварцевый песок и др.).

Электрофорез в гелях – применяют гл.обр. для разделения высокомолекулярных соед., напр. белков. Для этого обычно в виде блоков и колонок используют гели крахмала и полиакриламида. Адсорбция разделяемых в-в и электроосмос в этих материалах незначительны.

Капиллярный электрофорез – осуществляют в заполненных буферным р-ром стеклянных или кварцевых капиллярах длиной 40–100 см и сечением 50–200 мкм. При напряженности электрич. поля 200–500 В/см разделение биол. объектов достигается за 1–2 мин.

Непрерывный электрофорез. Электрич. поле E направлено под прямым углом к направлению движения

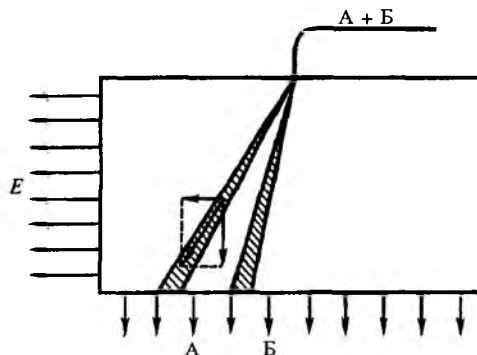


Рис. 4. Схема непрерывного электрофореза.

жидкости, протекающей через пористую среду. Разделяемая смесь (напр., компоненты А и Б) подается узкой струей (рис. 4). Результирующая траектория движения заряженных частиц представляет собой прямую, тангенс угла наклона к-рой равен отношению скорости миграции частиц к скорости прохождения электролита. Стабилизир. материалами могут служить указанные выше пористые среды.

**Фокусирующий ионный обмен.** Этот метод часто наз. электрофоретич. фокусировкой или просто электрофокусированием, связан с наложением градиента концентрации или pH р-ра параллельно электрич. полю. Благодаря этому разделяемые ионы могут изменять величину и знак заряда по мере перемещения в поле градиента. При этом в фиксир. точках системы каждый компонент переходит в изoeлектрич. состояние, в к-ром ср. заряд частиц данного компонента равен нулю. Упомянутые точки являются местом концентрирования (фокусирования) отдельных компонентов смеси (рис. 5). Положение зон фокусирования определяется градиентом концентрации комплексообразующего реагента или pH р-ра и константами устойчивости комплексных ионов разделяемых элементов. При разделении смеси белков или др. амфотерных соед. положение зон определяется значениями их изоэлектрич. точек.

Для создания градиента pH электродные камеры заполняются буферными р-рами с разными значениями pH. Напр., для разделения редкоземельных элементов цериевой группы в 0,001 М р-ре этилендиаминтетрауксусной к-ты pH должен изменяться по длине колонки от 1,7 у анода до 2,4 у катода.

В сер. 60-х гг. 20 в. было предложено создавать градиент pH с помощью амфолитов – смесей алифатич. полиаминокислот. Под влиянием электрич. поля амфолиты распределяются в соответствии со своими изоэлектрич. точками и тем самым образуют градиент pH. Применение амфолитов позволяет

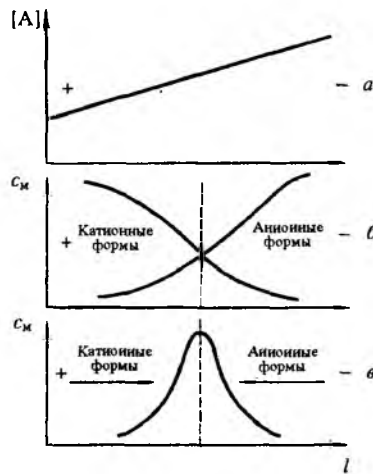


Рис. 5. Схема, поясняющая метод электрофокусирования: а – образование градиента концентрации лиганда [A]; б – распределение ионных форм мигранта; в – концентрирование лиганда в узкой зоне; г – концентрация мигранта.

добиться весьма высокой разрешающей способности метода: в нек-рых случаях удается разделить белки, изоэлектрич. точки к-рых различаются на 0,02 единицы рН.

Описанный метод, являясь самостоятельным, в то же время представляет собой вариант зонного электрофореза. Во всех модификациях последнего идентификацию и количеств. определение в-в в зонах можно проводить как непосредственно на носителе, так и после элюирования. В обоих случаях используют методы радиоактивных индикаторов, фотометрию в прямом и отраженном свете, люминесцентный анализ.

**Фронтальные методы** основаны на измерении скорости перемещения границы раздела р-ров с разной плотностью. Классич. вариант метода был разработан в 1930 и с тех пор применяется для определения подвижности и разделения высокомогл. в-в, в частности белков. В простейшей модификации метода в U-образную трубку помещают р-р белков, а над ним буферный электролит, в к-рый погружены электроды. При наложении электр. поля индивидуальные белки перемещаются с разл. скоростями, образуя серию границ. Их положение регистрируют оптич. методами по изменению коэф. преломления.

**Изоахорофорез.** Осн. частью прибора служит капиллярная трубка с анодным и катодным резервуарами на концах. При анализе анионов анодное отделение и капилляр заполняют т. наз. лидирующим электролитом, содержащим анион с высокой подвижностью. Ср. скорость миграции анионов в этом электролите должна быть выше подвижности любого аниона в исследуемой смеси. Катодное отделение заполняют т. наз. замыкающим электролитом, анион к-рого имеет подвижность меньше, чем подвижность любого др. аниона в смеси. Анализируемый образец, в к-ром нужно определить содержание анионов, вносят между предшествующим и замыкающим электролитами. После подачи напряжения (5–10 кВ) при силе тока до 100 мкА по мере движения анионов к катоду постепенно образуются зоны индивидуальных анионов определенной длины, разделенные четкими границами, ширина к-рых составляет 0,2–0,3 мм при диаметре капилляра 0,1 мм. После этого все зоны будут перемещаться с одинаковой скоростью (отсюда назв. метода). Соотношение концентраций анионов в двух соседних зонах  $c_1$  и  $c_2$  в установившемся режиме будет определяться выражением Кольрауша:

$$c_1/c_2 = n_1/n_2, \quad (4)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – числа переноса.

При анализе катионов лидирующий электролит должен содержать катионы с высокой подвижностью, замыкающий – с миним. для данной системы скоростью миграции.

Кол-во в-ва в зоне  $Q$  и ее длина  $l$  в капилляре постоянного сечения  $S$  связаны простым соотношением:

$$Q = ClS, \quad (5)$$

где  $C$  – коэф. пропорциональности.

В установившемся режиме градиент потенциала при переходе от лидирующего к замыкающему электролитам скачкообразно возрастает в соответствии с подвижностью ионов, составляющих данную зону. Это приводит к температурным скачкам между зонами, регистрируя к-рые с помощью термодпары можно определить расстояние между зонами и по выражению (5) найти кол-во в-ва в зоне.

**Применение.** Э. м. широко используют при анализе биол. образцов, получении чистых препаратов, для диагностики в медицине. В неорг. анализе Э. м. применяют для разделения смесей радиоактивных элементов, а также в качестве метода физ.-хим. исследования.

Лит.: Трояцкий Г. В., Электрофорез белков, Хар., 1962; Константинов Б. В., Ошуркова О. В., «Ж. технич. физики», 1966, т. 36, № 5, с. 942–57; Духин С. С., Дерягин Б. В., Электрофорез, М., 1976; Макарова Т. П., Степанов А. В., «Радиохимия», 1977, т. 19, № 2, с. 125–46; Степанов А. В., Корчевная Е. К., Электромиграционный метод в неорганическом анализе, М., 1979; Остерман Л. А., Исследование биологических макромолекул электрофокусированием, иммуноэлектрофорезом и радиоизотопными методами, М., 1983; Schumacher E., «Helv. Chim. Acta», 1957, v. 40, fasc. 1, p. 221–28; Shaw D. J., Electrophoresis, L.–N. Y., 1969; Everaerts F. M., «J. Chromatogr.», 1972, v. 65, p. 3–17; Mason C., «Lab. Equip. Dig.», 1990, v. 1, p. 221. А. В. Степанов.

**ЭЛЕКТРОН** (символ  $e^-$ ,  $e$ ), стабильная элементарная частица с наименьшим отрицат. электр. зарядом. Абс. величина заряда Э.  $e = 1,6021892 \cdot 10^{-19}$  Кл, или  $4,803242 \cdot 10^{-10}$  ед. СГСЕ. Масса покоя Э.  $m_e = 9,109534 \cdot 10^{-28}$  г. Спин Э. равен  $1/2\hbar$  ( $\hbar$  – постоянная Планка); система Э. подчиняется статистике Ферми – Дирака (см. *Статистическая термодинамика*). Магн. момент Э., связанный с его спином, равен  $-1,00116\mu_0$ , где  $\mu_0$  – магнетон Бора.

Э. – первая элементарная частица, открытая в физике (Дж. Дж. Томсон, 1897); соответствующая ему античастица – позитрон  $e^+$  – была открыта в 1932. Э. относится к классу лептонов, т. е. частиц, не проявляющих сильного взаимодействия, в то же время он участвует в электромагнитном, слабом и гравитационном взаимодействиях (см. *Элементарные частицы*). Э. могут возникать при распаде отрицательно заряженного мюона,  $\beta$ -распаде, др. р-циях элементарных частиц. Примером р-ций с превращением Э. может служить аннигиляция Э. и позитрона с образованием двух  $\gamma$ -квантов:  $e^- + e^+ \rightarrow \gamma + \gamma$ .

В классич. электродинамике Э. рассматривается как частица, движение к-рой подчиняется ур-ниям Лоренца–Максвелла. Сформулировать понятие «размер Э.» можно лишь условно, хотя величину  $r_0 = e^2/m_e c^2$  и принято наз. классич. радиусом Э. Описание поведения Э. в потенц. полях, отвечающее эксперим. данным, удалось дать лишь на базе квантовой теории, согласно к-рой движение Э. подчиняется ур-нию Шрёдингера для нерелятивистских явлений и ур-нию Дирака для релятивистских (см. *Квантовая механика*). Вычисляемые в релятивистской квантовой теории характеристики Э., напр. магн. момент, с чрезвычайной высокой точностью совпадают с их эксперим. значениями.

Э. входят в состав всех атомов и молекул; они определяют многие оптич., электр., магн. и хим. св-ва в-ва. Удаление Э. из нейтрального атома или молекулы на бесконечность приводит к появлению положит. иона; присоединение Э. – к отрицат. иону; миним. энергия, необходимая для удаления Э. либо выделяющаяся при присоединении Э., – важная характеристика частицы, определяющая ее окислит.-восстановит. способность (см. *Потенциал ионизации, Сродство к электрону*).

В химии с Э. связывают образование разл. квантовых состояний молекул. Согласно *адиабатическому приближению* Э. молекулы движутся в фиксир. поле ядер, к-рое считается внешним по отношению к системе Э. Возникновение хим. связи между атомами обусловлено более сильным понижением электронной энергии системы при сближении атомов по сравнению с увеличением энергии отталкивания ядер. Анализ энергии системы Э. при разл. геом. конфигурациях ядер (см. *Поверхность потенциальной энергии*) позволяет судить о наиб. стабильных (равновесных) конфигурациях молекул, относит. стабильности разл. конформеров, колебат.-вращат. уровней для каждого из электронных состояний и, что весьма важно, – о возможных путях и механизмах превращений хим. соед. (см. *Реакционная способность*). Распределение *электронной плотности* в в-вах – реагентах и изменение этого распределения при хим. взаимодей. учитывается при изучении *динамики элементарного акта* р-ции.

Ценную информацию о строении молекул в разл. квантовых состояниях дает изучение углового распределения Э., выбиваемых из молекул при разл. физ. воздействиях, напр. при облучении квантами достаточно высокой энергии либо при столкновениях с Э. (см. *Фотоэлектронная спектроскопия*). Наличие у Э. спина, приводящее к существованию электронных состояний молекул разл. *мультиплетности*, и связанного со спином магн. момента позволяет изучать распределение мультиплетных состояний в магн. поле (см. *Электронный парамагнитный резонанс*). Со спином Э. связаны и различие св-в диа- и парамагнетиков в магн. поле, ферромагнетизм, антиферромагнетизм и т. д. Св-ва мн. материалов, в частности металлов и им подобных соед., определяются системой электронов, образующих своего рода электронный газ (см. *Металлическая связь*). С коллективными состояниями

ми системы электронов связано возникновение сверхпроводящего состояния в-ва (см. *Сверхпроводники*). Управляемые потоки Э. широко используются в технике, напр. в вакуумной электронике, а создаваемые в ускорителях потоки электронов высокой энергии – в исследованиях пов-сти твердых тел. В конденсир. среде Э. может быть захвачен молекулами среды и существовать в таком состоянии длительное время, напр. в р-рах щелочных металлов в аммиаке в отсутствие кислорода – в течение неск. месяцев (см. *Сольватированный электрон*).

Лит.: Андерсон Д., Открытие электрона, пер. с англ., М., 1968; Томсон Г. П., «Успехи физ. наук», 1968, т. 94, в. 2, с. 361–70; Бейзер А., Основные представления современной физики, пер. с англ., М., 1973; Салем Л., Электроны в химических реакциях, пер. с англ., М., 1985; Пономарев Л. И., Под знаком кванта, 2 изд., М., 1989. Н. Ф. Степанов.

**ЭЛЕКТРОННАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ**, взаимная обусловленность движений всех электронов атомной или молекулярной системы как целого. Определяется электростатич. отталкиванием электронов (кулоновская корреляция) и статич. особенностями системы, в частности принципом Паули (фермиевская корреляция). Полный учет Э. к. при расчете энергии и определении электронной структуры системы достигается *конфигурационного взаимодействия методом*. В зависимости от того, какую форму волновой ф-ции молекулы и ее ионов применяют, различают статич., динамич., внутри- и межоболочечную Э. к.

Широко используемый метод молекулярных орбиталей учитывает лишь фермиевскую корреляцию, поэтому все отклонения в поведении реальных систем от описываемого этим методом связывает с кулоновской Э. к. В этом случае Э. к. (в более узком смысле) характеризуют корреляц. энергией – разностью точной энергии системы и энергии, определенной методом мол. орбиталей.

Э. к. учитывают прежде всего при исследовании возбужд. состояний молекул, диссоциации и др., а также при анализе электронной структуры отрицат. мол. ионов. Особенно заметны корреляц. эффекты при вырождении энергетич. уровней молекул.

**ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ**, совокупность электронно-зондовых методов исследования микроструктуры твердых тел, их локального состава и микрополей (электрических, магнитных и др.) с помощью электронных микроскопов (ЭМ) – приборов, в к-рых для получения увелич. изображений используют электронный пучок. Э. м. включает также методики подготовки изучаемых объектов, обработки и анализа результирующей информации. Различают два пл. направления Э. м.: трансмиссионную (просвечивающую) и растровую (сканирующую), основанных на использовании соответствующих типов ЭМ. Они дают качественно разл. информацию об объекте исследования и часто применяются совместно. Известны также отражательная, эмиссионная, оже-электронная, лоренцова и иные виды Э. м., реализуемые, как правило, с помощью приставок к трансмиссионным и растровым ЭМ.

**Некоторые основные понятия.** Электронный луч – направленный пучок ускоренных электронов, применяемый для просвечивания образцов или возбуждения в них вторичных излучений (напр., рентгеновского). Ускоряющее напряжение – напряжение между электродами электронной пушки, определяющее кинетич. энергию электронного луча. Разрешающая способность (разрешение) – наименьшее расстояние между двумя элементами микроструктуры, видимыми на изображении раздельно (зависит от характеристик ЭМ, режима работы и св-в образцов). Светлопольное изображение – увелич. изображение микроструктуры, сформированное электронами, прошедшими через объект с малыми энергетич. потерями [структура изображается на экране электронолучевой трубки (ЭЛТ) темными линиями и пятнами на светлом фоне]. Темнопольное изображение формируется рассеянными электронами (основной пучок электронов при этом отклоняют или экранируют) и используется при изучении сильно рассеивающих объектов (напр., кристаллов); по сравнению со светло-

польным выглядит как негативное. Хроматическая аберрация – снижение скорости электронов после просвечивания объекта, приводящее к ухудшению разрешения; усиливается с увеличением толщины объекта и уменьшением ускоряющего напряжения. Контрастирование (химическое и физическое) – обработка исследуемых образцов для повышения общего контраста изображения и(или) выявления отд. элементов их структуры. Оттенение – физ. контрастирование микрочастиц, макромолекул, вирусов, состоящее в том, что на образец в вакуумной установке напыляется тонкая пленка металла; при этом «тени» (ненапыленные участки) прорисовывают контуры частиц и позволяют измерять их высоту. Негативное контрастирование – обработка микрочастиц или макромолекул на пленке-подложке р-рами соед. тяжелых металлов (U и др.), в результате чего частицы будут видны как светлые пятна на темном фоне (в отличие от позитивного контрастирования, делающего темными сами частицы). Ультрамикроном (ультра-том) – прибор для получения ультратонких (0,01–0,1 мкм) срезов объектов с помощью стеклянных или алмазных ножей. Реплика – тонкая, прозрачная для электронов пленка из полимерного материала либо аморфного углерода, повторяющая микрорельеф массивного объекта или его скола. Сканирование – последоват. облучение изучаемой пов-сти узким электронным лучом – зондом с помощью развертки (в трансмиссионных приборах все поле зрения облучается одновременно). Развертка – периодич. отклонение электронного луча по осям X и Y с целью формирования электронного растра. Растр – система линий сканирования на пов-сти образца и на экране ЭЛТ.

**Трансмиссионная микроскопия** реализуется с помощью трансмиссионных (просвечивающих) электронных микроскопов (ТЭМ; рис. 1), в к-рых тонкопленочный объект просвечивается пучком ускоренных электронов с энергией 50–200 кэВ. Электроны, отклоненные атомами объекта на малые углы и прошедшие сквозь него с небольшими энергетич. потерями, попадают в систему магн. линз, к-рые формируют на люминесцентном экране (и на фотопленке) светлопольное изображение внутр. структуры. При этом удается достичь разрешения порядка 0,1 нм, что соответствует увеличению до  $1,5 \cdot 10^6$  раз. Рассеянные электроны задерживаются диафрагмами, от диаметра к-рых в значит. степени зависит контраст изображения. При изучении сильно рассеивающих объектов более информативны темнопольные изображения.

Разрешение и информативность ТЭМ-изображений во многом определяются характеристиками объекта и способом его подготовки. При исследовании тонких пленок и срезов полимерных материалов и биол. тканей контраст возрастает пропорционально их толщине, но одновременно снижается разрешение. Поэтому применяют очень тонкие (не более 0,01 мкм) пленки и срезы, повышая их контраст обработкой соед. тяжелых металлов (Os, U, Pb и др.), к-рые избирательно взаимодей. с компонентами микроструктуры (хим. контрастирование). Ультратонкие срезы полимерных материалов (10–100 нм) получают с помощью ультрамикротомов, а пористые и волокнистые материалы предварительно пропитывают и заливают в эпоксидные компаунды. Металлы исследуют в виде получа-

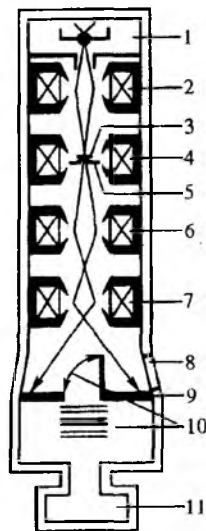


Рис. 1. Схема устройства трансмиссионного электронного микроскопа: 1 – электронная пушка; 2 – конденсор; 3 – образец; 4, 5 – объектив и его диафрагма; 6, 7 – промежуточная и проекционная линзы; 8 – смотровое окно; 9 – люминесцентный экран; 10 – фотокамера с затвором; 11 – вакуумная система.

мой хим. или ионным травлением ультратонкой фольги. Для изучения формы и размеров микрочастиц (микрорекристаллы, аэрозоли, вирусы, макромолекулы) их наносят в виде суспензий либо аэрозолей на пленки-подложки из формара (поливинилформаль) или аморфного С, проницаемые для электронного луча, и контрастируют методом оттенения или негативного контрастирования.

Для анализа металл. фольги, а также толстых (1–3 мкм) срезов др. материалов используют высоко- и сверхвысоковольтные ТЭМ с ускоряющими напряжениями соотв. 200–300 и 1000–3000 кВ. Это позволяет снизить энергетич. потери электронов при просвечивании образцов и получить четкие изображения, свободные от хроматич. аберрации.

Структура гелей, суспензий, эмульсий и биол. тканей с большим содержанием воды м.б. исследована методами криорепликации: образцы подвергают сверхбыстрому замораживанию и помещают в вакуумную установку, где производится раскаливание объекта и осаждение на пов-сть свежего скола пленки аморфного С и оттеняющего металла. Полученная реплика, повторяющая микрорельеф пов-сти скола, анализируется в ТЭМ. Разработаны также методы, позволяющие делать ультратонкие срезы замороженных объектов и переносить их, не размораживая, в ТЭМ на криостол, сохраняющий т-ру объекта в ходе наблюдения на уровне  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$  (криоультратомия и криомикроскопия).

ТЭМ обеспечивает также получение дифракц. картин (электроннограмм), позволяющих судить о кристаллич. структуре объектов и точно измерять параметры кристаллич. решеток (см. также *Электроннография*). В сочетании с непосредственными наблюдениями кристаллич. решеток в высоко-разрешающих ТЭМ данный метод – одно из основных ср-в исследования ультратонкой структуры твердого тела.

**Растровая (сканирующая) микроскопия.** В растровых электронных микроскопах (РЭМ; рис. 2) электронный луч, сжатый магн. линзами в тонкий (1–10 нм) зонд, сканирует пов-сть образца, формируя на ней растр из неск. тыс. параллельных линий. Возникающее при электронной бомбардировке пов-сти вторичные излучения (вторичная эмиссия электронов, оже-электронная эмиссия и др.) регистрируются разл. детекторами и преобразуются в видеосигналы, модулирующие электронный луч в ЭЛТ. Развертки лучей в колонне РЭМ и в ЭЛТ синхронны, поэтому на экране ЭЛТ появляется изображение, представляющее собой картину распределения интенсивности одного из вторичных излучений по сканируемой

площади объекта. Увеличение РЭМ определяется как  $M = Ll/l$ , где  $L$  и  $l$  – длины линий сканирования на экране ЭЛТ и на пов-сти образца.

Выбор регистрируемого вторичного излучения обусловлен задачей исследования. Основной режим работы РЭМ – регистрация вторичных электронов (ВЭ). Поскольку интенсивность ВЭ сильно зависит от угла падения электронного луча на пов-сть, получаемое изображение весьма близко к обычному макроскопич. изображению рельефа объекта, освещаемого со всех сторон рассеянным светом; иначе говоря, формируется топографич. контраст. Эмиссия ВЭ отличается наиб. интенсивностью по сравнению с др. вторичными излучениями. Кроме того, в этом режиме достигается макс. разрешение.

При исследовании неоднородных по составу пов-стей на топографич. изображение ВЭ накладывается дополнит. распределение яркостей, зависящее от ср. атомного номера  $Z$  в-ва образца на каждом микрочастке (т. наз. композиционный, или  $Z$ -контраст), к-рый проявляется сильнее, если регистрировать не вторичные, а упругорассеянные электроны. Этот режим применяют при исследовании шлифов металл. сплавов минералов, композиционных материалов и др. объектов, когда топографич. контраст отсутствует и нужно установить композиционную неоднородность пов-сти.

Тонкопленочные образцы (до 1 мкм) просвечиваются электронным лучом насквозь и прошедшие электроны регистрируются детектором, расположенным под объектом. Изображения, получаемые в этом режиме, иногда более информативны, чем обычные ТЭМ-изображения, т. к. свободны от хроматич. аберрации.

В техн. исследованиях используется также регистрация поглощенных электронов в сочетании с приложением рабочих напряжений к изучаемому транзистору или интегральной схеме. Это позволяет получать изображение, отвечающее распределению электр. потенциалов, и т. обр. выявлять микродефекты в элементах схемы. При этом можно прерывать первичный электронный луч с высокой частотой и визуализировать прохождение по схеме высокочастотных сигналов.

С помощью соответствующих детекторных систем и спектрометров в РЭМ можно регистрировать электромагн. излучения: катодоллюминесценцию, тормозное и характеристич. рентгеновские излучения, а также оже-электроны. Получаемые при этом изображения и спектры дают количеств. информацию о локальном элементном составе поверхностных слоев образца и широко применяются в материаловедении (см. *Электронно-зондовые методы*).

Для изучения структуры пов-сти посредством РЭМ к образцу предъявляется ряд требований. Прежде всего, его пов-сть должна быть электропроводящей, чтобы исключить помехи за счет накопления поверхностного заряда при сканировании. Кроме того, нужно всемерно повышать отношение сигнал/шум, к-рое наряду с параметрами оптич. системы определяет разрешение. Поэтому перед исследованием на диэлектрич. пов-сти путем вакуумного испарения или ионного распыления наносят тонкую (15–20 нм) однородную пленку металла с высоким коэф. вторичной электронной эмиссии (Au, Au-Pd, Pt-Pd). Биол. объекты, содержащие, как правило, большое кол-во воды, перед нанесением покрытия необходимо зафиксировать спец. хим. обработкой и высушить, сохранив естеств. микрорельеф пов-сти (сушка в критич. точке с использованием сжиженных  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2\text{O}$ , хладонов или вакуумнокриогенными методами).

Разрешающая способность РЭМ определяется многими факторами, зависящими как от конструкции прибора, так и от природы исследуемого объекта. Если образец электро- и теплопроводен, однороден по составу и не обладает приповерхностной пористостью, в РЭМ с вольфрамовыми электродами достигается разрешение 5–7 нм, в РЭМ с электронными пушками на полевой эмиссии – 1,0–1,5 нм.

**Перспективные направления развития.** К ним относятся: повышение разрешающей способности ТЭМ и РЭМ; совершенствование способов подготовки образцов; разработка

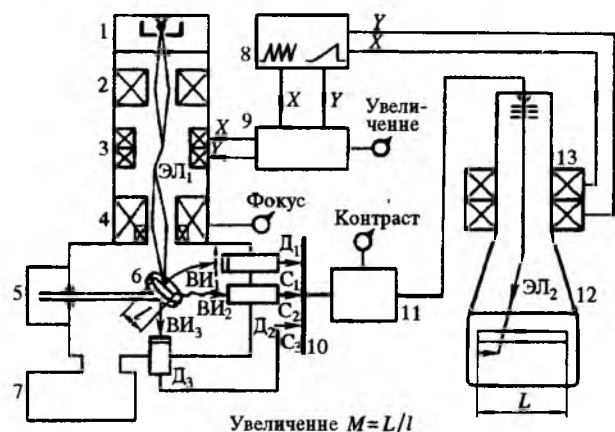


Рис. 2. Схема устройства растрового электронного микроскопа: 1 – электронная пушка; 2 – конденсор; 3 – отклоняющая система; 4 – конечная линза с корректором астигматизма; 5 – объектный столик; 6 – образец; 7 – вакуумная камера; 8 – генератор разверток; 9 – блок управления увеличением; 10 – селектор сигналов (для выбора регистрируемого вторичного излучения); 11 – видеосиловик; 12, 13 – ЭЛТ и ее отклоняющая система; ВИ<sub>1</sub>–ВИ<sub>3</sub> – потоки вторичных излучений; С<sub>1</sub>–С<sub>3</sub> – электр. сигналы; Д<sub>1</sub>–Д<sub>3</sub> – детекторы; ЭЛ<sub>1</sub>, ЭЛ<sub>2</sub> – электронные лучи; X, Y – направления сканирования (строчная и кадровая развертки).

методов получения качественно новой информации и повышения чувствительности методов анализа с помощью спектрометрич. систем; разработка методов компьютерной обработки полученных изображений с целью выявления содержащейся в них количеств. информации о структуре объекта; автоматизация и компьютеризация ТЭМ, РЭМ и соединенной с ними аналит. аппаратуры.

Повышение разрешающей способности микроскопов достигается пл. обр. совершенствованием электронной оптики и применением новых видов электронных пушек. Замена традиционных вольфрамовых термокатодов на ориентир. катоды из LaB<sub>6</sub> позволила повысить электронную яркость пушек в 5–7 раз, а переход к пушкам на полевой эмиссии (автоэмиссии) с холодными катодами из монокристаллич. W – в 50–100 раз, что дало возможность уменьшить диаметр электронного зонда и довести разрешение РЭМ до 1 нм, существенно снизив при этом лучевую нагрузку на образец.

Развитие способов подготовки образцов наиб. активно происходит в области электронно-микроскопич. исследования структуры полимерных материалов и влагодержащих объектов и связано преим. с разработкой криогенных методов (сверхбыстрое замораживание в струе хладона, прижим к металлич. блоку, охлаждаемому жидким He, низкотемпературное замещение воды орг. р-рителями, криоультратомия, криомикроскопия и др.). Эти методы позволяют избежать нарушений структуры и локального состава образцов, наблюдаемых при хим. фиксации и нанесении электропроводных покрытий.

Такая же цель достигается и при использовании низковакуумного растрового электронного микроскопа (НВРЭМ), дающего возможность исследовать поверхность сильно увлажненных и даже живых объектов без предварит. хим. или криогенной фиксации. В НВРЭМ объектная камера отделена от колонны РЭМ диафрагмой малого диаметра, пропускающей сканирующий электронный луч, но препятствующей проходу молекул газов в высоковакуумную часть колонны. Испускаемые поверхностью ВЭ собираются спец. кольцевым детектором, охватывающим объект. Использование НВРЭМ значительно расширяет исследовательские возможности биологов, почвоведов и материаловедов, позволяя в перспективе создать «полевой» вариант РЭМ.

Мощный прорыв в трансмиссионной Э.м. был сделан в 1980-х гг., когда удалось создать ТЭМ с компьютерным анализатором элементного состава на базе спектрометра энергетич. потерь. Метод спектрометрии энергетич. потерь электронов (EELS – Electron Energy Loss Spectrometry) был известен давно и применялся для микроанализа в трансмиссионно-сканирующем режиме ТЭМ. Однако установка спектрометрич. системы из двух магн. призм и электростатич. зеркала между двумя промежут. линзами (а не под экраном и фотокамерой, как обычно) дала возможность гибко регулировать контраст ТЭМ-изображения, получать безаберрационные изображения толстых (до 1 мкм) срезов, а главное, получить элементно-селективные изображения в диапазоне элементов от В до U с разрешением порядка 0,5 нм и чувствительностью обнаружения до 10<sup>-20</sup> г элемента (что соответствует, напр., 150 атомам Са). Такое сочетание характеристик создает большие преимущества Э.м. перед традиционными методами рентгеноспектрального микроанализа при изучении срезов и пленок.

Развитие компьютерной техники обусловило значит. прогресс в области мат. обработки электронных изображений (компьютерная морфометрия). Разработанные аппаратно-программные комплексы позволяют: запоминать изображения, корректировать их контраст; расширять диапазон яркостей путем введения условных цветов; устранять шумы; подчеркивать границы микроучастков, выделять детали микроструктуры в заданном диапазоне размеров и оптич. плотности; проводить статистич. обработку изображений и строить гистограммы распределения микрочастиц по размерам, форме и ориентации; реконструировать объемные изображения структуры композиционных материалов и иных объектов по микрофотографиям серийных срезов; реконструировать

объемные изображения микрорельефа и строить профилограммы сечений по стереомикрофотографиям; рассчитывать локальные микроконцентрации элементов по элементно-селективным изображениям и спектрам; определять параметры кристаллич. решеток по электронограммам и др. Кроме того, встроенные в ТЭМ и РЭМ процессоры позволяют гибко управлять микроскопами, значительно снижают электронно-лучевое повреждение образцов, повышают достоверность и воспроизводимость результатов анализа микроструктуры, облегчают труд исследователей.

К Э.м. близко примыкает туннельная сканирующая микроскопия.

Первый ТЭМ создали М. Кноль и Э. Руска в 1928–31; первые РЭМ – М. фон Арденне (1937) и В.К. Зворыкин (1942); первый НВРЭМ выпустила в 1990 фирма «Хятачи». Сканирующий туннельный микроскоп изобрели в 1981 Т. Беннич и Х. Рорер (Нобел. премия 1986).

Лит.: Шиммель Г., Методика электронной микроскопии, пер. с нем., М., 1972; Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ, пер. с англ., т. 1–2, М., 1984. Г. Н. Давидович, А. Г. Богданов.

**ЭЛЕКТРОННАЯ ПЛОТНОСТЬ**, плотность вероятности распределения электронов в квантовой системе (атоме, молекуле, кристалле). В квантовой химии в понятии Э. п. вкладывают неск. смыслов. Если система  $N$  электронов описывается волновой ф-цией  $\Psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N)$ , где символом  $\xi_j$  обозначен набор всех координат электрона, включая спиновую координату  $\sigma_j$ , то обычно задают Э. п. как ф-цию радиус-вектора электрона  $r$  ( $r = r_1$ ):

$$\rho(r) = N \int |\Psi(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_N)|^2 d\xi_2 \dots d\xi_N d\sigma_1 \quad (1)$$

(интегрирование ведется по всей области изменения указанных переменных). Поскольку согласно Паули принципу ф-ция  $\Psi$  антисимметрична относительно перестановок электронных переменных,  $\rho(r)$  не зависит от того, координаты какого именно электрона фигурируют в ее определении. Э. п.  $\rho(r)$  отражает пространственное распределение заряда и электр. св-ва частицы (дипольный момент и т. п.), ее наз. также зарядовой плотностью.

Если в выражении (1) при интегрировании по спиновой переменной  $\sigma$  учитывать, что проекции спина на выделенную ось различны, то  $\rho(r)$  определяется как спиновая плотность и отражает пространственное распределение спина в мол. системах с ненулевым суммарным спином (радикалы, триплетные возбужденные состояния молекул и др.). Спиновая плотность м. б. изучена экспериментально методами ЭПР.

В экспериментах по рассеянию электронов или по ионизации молекул электронным ударом данные об энергетич. распределении электронов позволяют оценить импульсную Э. п., к-рая определяется ф-лой (1), при условии, что координатное представление ф-ции  $\Psi$  заменено на импульсное, т. е. в роли  $\xi$  использованы вектор импульса электрона  $P$  и спин. Величина  $\rho(P)$  позволяет находить кинетич. энергию и импульсы электронов системы.

Э. п.  $\rho(r)$  чаще всего получают с помощью рентгенографич. экспериментов – т. наз. форм-факторы отвечают фурье-образу  $\rho(r)$  (см. Рентгеновский структурный анализ). Зависимость Э. п. от положений ядер усреднена при этом по термодинамич. ансамблю, т. е. определяется с поправкой на тепловое движение. Оценки  $\rho(r)$  представляют картами типа топографических, на к-рых для определенных сечений трехмерного пространства задаются линии уровня Э. п.  $\rho(r) = \text{const}$ . Как правило, Э. п. имеет максимумы лишь в точках  $R_a$ , отвечающих положениям ядер, и хотя в целом Э. п. – гладкая ф-ция, в указанных точках она имеет особенности: вдоль любого направления, выходящего из точки  $R_a$ , модуль градиента Э. п. не равен нулю и пропорционален заряду ядра  $Z_a$  (т. наз. условие Като). Нек-рые из ядер на картах Э. п. соединены «хребтами», к-рые можно соотносить с хим. связями. Такое соотношение естественно, поскольку топология электронных распределений существенно меняется лишь при таких изменениях ядерной конфигурации, к-рые можно связать с изменением системы связей. Приводят и разностные карты Э. п.



молекул и образующих их атомов, позволяющие судить об особенностях перераспределения Э. п. при образовании молекул или кристаллов из атомов.

С Э. п. обычно связывают эффективные заряды на атомах. Так, если с атомом соотнести нек-рую пространств. область  $\Omega_a$ , то эффективный заряд  $Q_a$  можно определить как  $Q_a = Z_a - \int_{\Omega_a} \rho(r) dr$ . Область  $\Omega_a$  и заряд  $Q_a$  зависят

от геометрии молекулы (и способа выделения  $\Omega_a$  причем атому, вообще говоря, может отвечать неограниченная область пространства). В экспериментах по ЯМР, ЯКР и мессбауэровской спектроскопии изменение Э. п. вблизи ядра нередко интерпретируют с помощью зарядов на атомах. Распределение электронов в области вокруг оболочек атома меняется под действием соседних ядер, что определяется по данным фото- и рентгеноэлектронной спектроскопии. Эти явления также описывают как изменение зарядов на атомах. Все указанные заряды определяются поведением Э. п. в разл. областях пространства и, вообще говоря, не коррелируют друг с другом или с дипольным моментом мол. системы.

Э. п. может быть точно представлена с помощью т. наз. натуральных орбиталей  $\Phi_j$ ,  $j = 1, 2, \dots$  в форме выражения

$$\rho(r) = \sum n_j |\Phi_j(r)|^2, \quad (2)$$

где заселенности  $n_j$  — неотрицат. числа, не превосходящие 2, причем сумма всех заселенностей (при бесконечном, вообще говоря, числе значений  $j$ ) равна  $N$ . В приближении мол. орбиталей все занятые орбитали системы можно считать натуральными. Переход к локализованным орбиталам позволяет описать Э. п. вблизи ядра неск. орбиталами, соотносимыми с хим. связью, или неподеленной парой электронов. При моделировании натуральных орбиталей нередко используют гибридные орбитали (см. *Гибридизация атомных орбиталей*). В рамках ЛКАО-приближения Э. п. определяют через коэф. разложения в ряд натуральных мол. орбиталей по атомным орбиталам, причем пространств. область  $\Omega_a$  соотносится с областью локализации атомной орбитали. Симметрия мол. орбиталей позволяет разбить Э. п. на вклады, создаваемые  $\sigma$ - и  $\pi$ -электронами, и анализировать их раздельно, учитывая при необходимости их взаимное влияние (напр., индукционное) (см.  *$\pi$ -Электронное приближение*).

Согласно теореме Хюенберга—Кона, для основного состояния молекулы Э. п. отражает всю специфику молекулы. Напр., при  $|r| \rightarrow \infty$  Э. п. экспоненциально спадает, причем показатель экспоненты пропорционален *потенциалу ионизации*. Делаются попытки соотнести энергию молекулы с величиной  $\rho(r)$  в рамках к.-л. из вариационных методов (т. наз. методы функционалов плотности), одним из первых вариантов к-рых можно считать приближение Томаса—Ферми; иногда к этим методам относят *самосогласованного поля метод*.

Э. п. — важная физ. характеристика мол. системы, анализ к-рой позволяет соотнести хим. строение молекулы с локальными особенностями электронного распределения. Перераспределение Э. п. молекулы по сравнению с Э. п. входящих в ее состав атомов отражает характер хим. связи и позволяет судить о взаимном влиянии атомов, изменении строения того или иного мол. фрагмента в ряду родственных молекул. Методы изучения и анализа Э. п. интенсивно развиваются.

Лит. см. при ст. *Квантовая химия*.

В. И. Пушнев.

**$\pi$ -ЭЛЕКТРОННОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ**, квантовое, метод изучения энергии, состояний ненасыщенных соед., в к-ром св-ва молекулы соотносятся со строением системы  $\pi$ -орбиталей. В рамках *молекулярных орбиталей методов* все орбитали молекулы, ядерная конфигурация к-рой имеет плоскость симметрии, можно разделить на  $\pi$ -орбитали, меняющие знак при отражении в плоскости симметрии, и  $\sigma$ -орбитали, не меняющие знака. Для многих классов соед., напр. ненасыщенных углеводородов, высшие занятые и низшие виртуальные (незанятые) орбитали относятся к  $\pi$ -типу, а усредненное поле, создаваемое  $\sigma$ -электронами, можно считать локально посто-

янным. Это позволяет пренебречь взаимным влиянием  $\sigma$ - и  $\pi$ -электронных подсистем при изучении низколежащих по энергии электронных состояний.

Для молекул, обладающих плоскостью симметрии, выделение  $\sigma$ - и  $\pi$ -орбиталей не составляет трудности. Напр., для плоской молекулы этилена  $\sigma$ -орбитали считаются построенными из гибридных  $sp^2$ -орбиталей атома С и  $1s$ -орбиталей атомов Н, а  $\pi$ -орбитали — из негибридизированных  $2p$ -орбиталей атомов С. Для молекул, не имеющих плоскости симметрии, строгое выделение системы  $\pi$ -орбиталей невозможно. В этом случае для  $\pi$ -Э. п. используют такие орбитали, к-рые более всего напоминают  $p$ -орбитали атомов. Напр., для пропилена  $\sigma$ -орбитали можно описать с помощью тех же орбиталей, что и в случае этилена, и  $sp^3$ -орбиталей атома С метильной группы. В качестве  $\pi$ -орбиталей рассматривают негибридизированные  $2p$ -орбитали атомов С.

Мол. системы, для к-рых возможно разделение орбиталей на  $\sigma$ - и  $\pi$ -орбитали, наз. часто  $\pi$ -электронными системами или просто  $\pi$ -системами. Как правило,  $\sigma$ -орбитали носят локализованный характер, обычно они двухцентровые.  $\pi$ -Орбитали существенно менее локализованы и могут иметь трех-, четырех- или многоцентровый характер, что в химии связывают с понятием *сопряжения связей* (бутадиен, бензол и т. п.). При изменении строения молекулы (напр., введении заместителей) изменения св-в связывают именно с  $\pi$ -орбиталями, а изменением  $\sigma$ -орбиталей пренебрегают. Взаимное влияние  $\pi$ -орбиталей и остальных мол. орбиталей учитывают как изменение св-в молекулы при введении заместителя (поляризацию) или как дополнит. сопряжение, используя методы, напр., *возмущенной теории*. Надежность результатов, получаемых в  $\pi$ -Э. п., определяется тем, насколько удалены друг от друга локализованные мол. орбитали, взаимодействующие с системой  $\pi$ -орбиталей, а также тем, насколько различаются эти мол. орбитали по энергии.

Как правило, в  $\pi$ -Э. п. для расчетов основного состояния молекулы используют *полуэмпирические методы* квантовой химии, основанные на пренебрежении дифференциальным перекрытием атомных орбиталей. Расчет низколежащих возбужденных состояний возможен с использованием *конфигурационного взаимодействия метода* в том его варианте, в к-ром однократно возбужденные электронные конфигурации получают занемой занятых  $\pi$ -орбиталей на аналогичные вакантные. К таким методам относится, напр., метод Паризера—Парра—Поппа (метод ППП). Взаимодействие  $\sigma$ - и  $\pi$ -орбиталей проявляется как зависимость *молекулярных интегралов* и геометрии молекулы от  $\pi$ -электронной плотности.

В связи с развитием расчетных методов  $\pi$ -Э. п. вытесняется полуэмпирич. методами без выделения  $\pi$ -системы или *неэмпирическими методами*. Однако для мол. систем большого размера (полиацетилены, поликонденсиров. системы) учет всех взаимод. затруднен. Для них обычно используют упрощенные варианты  $\pi$ -Э. п. Напр., в т. наз. приближении Хаббарда ненулевыми мол. интегралами считают лишь одноцентровые интегралы межэлектронного отталкивания. Еще более простым является приближение Хюккеля, в к-ром двухэлектронными взаимод. вообще пренебрегают, а в матрице эффективного гамильтониана, определяющего  $\pi$ -орбитали, сохраняются лишь диагональные элементы и те из недиагональных, к-рые можно соотнести с валентным штрихом в структурной ф-ле молекулы (см. *Хюккеля метод*).

Упомянутые упрощенные варианты  $\pi$ -Э. п. предполагают определение полуэмпирич. параметров по результатам расчета энергии  $\pi$ -системы, потенциалов ионизации или энергий возбуждения простых молекул (без заместителей).  $\pi$ -Э. п. служит для описания наиб. изменчивой, легко поляризуемой и относительно независимой части электронного распределения молекулы. *Корреляционные соотношения* позволяют соотнести энергию  $\pi$ -системы и распределение электронной плотности с хим. св-вами молекулы.

У многих мол. систем среди низших возбужденных состояний есть такие, для описания к-рых необходим учет  $\sigma$ - $\pi$ -возбуждений, напр. если в  $\pi$ -систему включается гетероатом с неподеленными парами электронов. В таких случаях  $\pi$ -Э. п.

становится слишком грубым. То же можно утверждать и для мол. систем с заметным переносом заряда при возбуждении. У молекул, традиционно относимых к π-системам, высшие занятые σ-орбитали могут лежать по энергии выше низших занятых π-орбиталей (пример – бензол). При внеш. воздействии на такие молекулы необходим учет изменения не только π-орбиталей, но и σ-орбиталей (напр., при анализе магн. восприимчивости).

С 80-х гг. стали заметны две тенденции в развитии методов изучения π-электронных систем. Первая – отказ от учета особой роли π-орбиталей и анализ молекулы как целого или же выделение группы низколежащих орбиталей (или групп орбиталей) молекулы независимо от типа их симметрии. Вторая тенденция – переход к чисто топологич. моделированию высших занятых и низших виртуальных мол. орбиталей; топологич. моделирование связано с методами типа метода Хюккеля и теориями реакционной способности, основанными на корреляционных соотношениях или принципах сохранения орбитальной симметрии (см. Вудворда–Хофмана правила).

Лит.: Дьюар М., Теория молекулярных орбиталей в органической химии, пер. с англ., М., 1972; Полуэмпирические методы расчета электронной структуры, пер. с англ., т. 1–2, М., 1980; Травень В. Ф., Электронная структура и свойства органических молекул, М., 1989. В. И. Пулишев.

**ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫЕ МЕТОДЫ**, физ. методы исследования и локального анализа пов-сти твердых тел с помощью пучка сфокусированных электронов (зонда). Пучки электронов получают с помощью электронной пушки – вакуумного устройства, обычно диода, в к-ром электроны вылетают из катода благодаря пл. обр. термоэлектронной эмиссии и ускоряются электр. полем. Фокусировку пучков осуществляют электронными линзами, создающими необходимые электр. и магн. поля. В Э.-з. м. используют первичные медленные (с энергией  $E_0$   $10^{-10}$  эВ) и быстрые ( $E_0$   $10^3$ – $10^6$  эВ) электроны.

После взаимод. пучка первичных электронов с пов-стью исследуемого образца можно регистрировать упруго или неупруго рассеянные электроны, вторичную электронную эмиссию, эмиссию десорбированных атомов или ионов, электромагн. излучение в рентгеновской или оптич. области, наведенный в образце электр. ток или эдс.

По характеру получаемой информации Э.-з. м. можно разделить на 3 группы: 1) методы исследования топографии пов-сти и кристаллич. структуры твердых тел; 2) методы локального анализа; 3) методы исследования электрофиз. характеристик и электронной структуры твердых тел. К первой группе относятся, в частности, *электронная микроскопия* – трансмиссионная (просвечивающая) (ТЭМ) и растровая (РЭМ), методы дифракции медленных (ДМЭ) и быстрых

(ДБЭ) электронов; ко второй – рентгеноспектральный микроанализ (РСМА; см. ниже), *катодолуминоесцентный микроанализ* (КЛМА), электронно-зондовая масс-спектрометрия (ЭМС), *оже-спектроскопия* (ОС), спектроскопия характеристик. потерь энергии электронов (СХПЭ), спектроскопия пороговых потенциалов (СПП); к третьей – наряду с последними тремя из перечисленных методов относятся методы ДБЭ, ДМЭ, наведенной эдс и др. Одной из основных характеристик Э.-з. м. является локальность  $L$  – размер зоны, о составе и строении к-рой получают информацию. Значения этой величины как в поперечном (по пов-сти,  $L_{\perp}$ ), так и в продольном (по глубине,  $L_{\parallel}$ ) направлениях существенно различаются для разных методов, что видно из таблицы. В последней приведены также значения относит. ( $C_{мин}$ ) и абсолютных ( $q_{мин}$ ) пределов обнаружения элементов и относит. стандартные отклонения  $s_r$  (см. *Метрология химического анализа*).

В хим. исследованиях наиб. важны аналит. Э.-з. м., относящиеся ко второй группе. Среди них самый распространенный – метод рентгеноспектрального микроанализа, основанный на генерировании в выбранном локальном участке анализируемого образца характеристик. рентгеновского излучения (см. *Рентгеновская спектроскопия*), по спектру к-рого устанавливают качеств. и количеств. элементный состав выбранного участка.

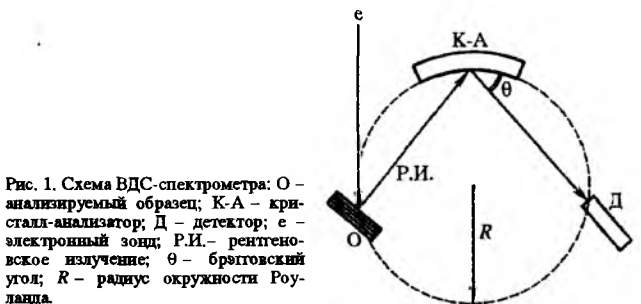
Характеристич. рентгеновское излучение получают облучением образца электронным зондом со след. параметрами: диаметр зонда  $\leq 1$  мкм, сила тока  $i_z$   $10^{-7}$ – $10^{-9}$  А, энергия  $E_0$  1–50 кэВ. При взаимод. первичных электронов с атомами пробы происходят возбуждение и ионизация последних вследствие удаления электронов с ближайших к ядру оболочек – К, L и т. д. (при этом энергия первичных электронов уменьшается на определенную величину, что используется в СХПЭ). Возбужденные и ионизированные атомы релаксируют за время  $\sim 10^{-15}$  с по излучат. или безызлучат. механизму. В первом случае генерируется характеристик. рентгеновское излучение, во втором – образуются оже-электроны. Вероятность излучат. перехода характеризуется отношением  $w$  числа атомов, релаксирующих по излучат. механизму, к общему числу возбужденных атомов. Эта величина растет с ростом атомного номера Z элемента и существенно зависит от того, с какой оболочки выбивается электрон при ионизации атома. Напр., для Na, Ti и W  $w_K$  соотв. равно 0,02, 0,20 и 0,60;  $w_L$  для W составляет 0,02. Поэтому методом РСМА целесообразно определять элементы с  $Z > 11$ , хотя возможно определение элементов с  $Z > 3$ .

Характеристич. рентгеновское излучение с интенсивностью  $I_0$  частично поглощается и выходящее из анализируемого образца излучение имеет интенсивность  $I = I_0 \exp(-\rho \mu x)$ , где  $\rho$  – плотность образца;  $x$  – путь, пройденный излучением в образце;  $\mu$  – массовый коэф. поглощения, нелинейно зависящий от энергии квантов характеристик. рентгеновского излучения.

Выходящее из образца излучение разлагают в спектр (т. е. получают зависимость интенсивности  $I$  от энергии  $E$ ) с помощью рентгеновских спектрометров с волновой (ВДС) или энергетич. (ЭДС) дисперсией. Действие ВДС-спектрометров (рис. 1) основано на условии Вульфа–Брэгга:

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОННО-ЗОНДОВЫХ МЕТОДОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

Электронно-зондовые методы	$L_{\perp}$ , нм	$L_{\parallel}$ , нм	$C_{мин}$ , %	$q_{мин}$ , г	$s_r$	Осн. области и объекты исследования
РЭМ	2	5	—	$10^{-19}$	—	Топография шпифов, изломов
ТЭМ	0,2	10	—	$10^{-20}$	—	Микродефекты кристаллич. структуры
РСМА	$10^3$	$5 \cdot 10^2$	$10^{-2}$	$10^{-15}$	0,01	Локальный элементный состав
КЛМА	$10^3$	$10^3$	$10^{-5}$	$10^{-18}$	0,10	Распределение примесей в полупроводниках и диэлектриках
ОС	50	5	$10^{-1}$	$10^{-20}$	0,10	Локальный элементный состав
СХПЭ	2	10	1	$10^{-20}$	0,20	Микродефекты кристаллич. структуры
ДМЭ	$10^6$	0,5	—	$10^{-7}$	—	Адсорбированные газы
ДБЭ	$10^5$	102	—	$10^{-6}$	—	Кристаллич. структура пов-сти
СПП	$10^5$	1	1	$10^{-12}$	0,30	Состав и электронная структура пов-сти
ЭМС	$10^5$	10	$10^{-4}$	$10^{-16}$	0,10	Поверхностные загрязнения



$n\lambda = 2d \sin \theta$ , где  $\lambda$  – длина волны характеристич. рентгеновского излучения;  $n$  – целое положит. число, называемое порядком отражения;  $d$  – межплоскостное расстояние в кристалле-анализаторе;  $\theta$  – брэгговский угол (угол падения и отражения рентгеновского излучения от кристалла-анализатора).

Для разл. диапазонов  $\lambda$  используют кристаллы-анализаторы с разными  $d$  (напр., LiF, кварц, фталат таллия). Увеличение  $R$  – радиуса окружности Роуанда, проведенной через три точки в образце, кристалле-анализаторе и детекторе, повышает спектральное разрешение  $\Delta E$ , но при этом уменьшает интенсивность  $I$ . Величина  $\Delta E$  достигает обычно 10 эВ. В качестве детектора чаще всего используют проточные пропорциональные счетчики.

ЭДС-спектрометры снабжены охлаждаемыми Si(Li)-детекторами, позволяющими работать при существенно более низких  $i_p$ , чем в ВДС-спектрометрах, но имеющими худшее разрешение ( $\Delta E$  ок. 150 эВ). Одно из достоинств ЭДС-спектрометров – отсутствие наложения аналит. линий с разными  $n$ , что возможно в ВДС-спектрометрах.

По положению линий характеристич. рентгеновского излучения в спектре (рис. 2) идентифицируют атомы, входящие в состав анализируемой пробы (качеств. анализ), по интенсивности выбранных аналит. линий определяют их содержание (количеств. анализ). При этом относят. предел обнаружения ( $C_{мин}$ ) определяется соотношением величин полезного сигнала и фона. Фон в РСМА самый высокий по сравнению с др. методами рентгеновской спектроскопии, вследствие генерирования непрерывного рентгеновского излучения при торможении первичных электронов в пробе. Верхняя энергетич. граница непрерывного рентгеновского излучения определяется энергией  $E_0$  первичных электронов, нижняя – сильным самопоглощением рентгеновского излучения в образце (при  $E \approx 1$  кэВ).

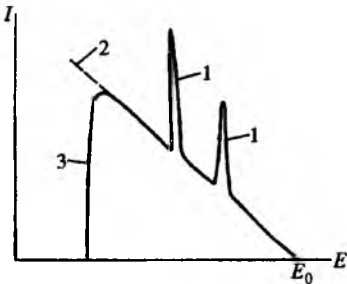


Рис. 2. Рентгеновский спектр в РСМА: 1 – линии характеристич. рентгеновского излучения; 2 – непрерывное рентгеновское излучение без поглощения (фон); 3 – область самопоглощения непрерывного рентгеновского излучения.

При проведении количеств. анализа сопоставляют измеренную интенсивность ( $I_x$ ) характеристич. рентгеновского излучения определяемых атомов (концентрация  $k$ -рых  $C_k$ ) в анализируемой пробе с интенсивностью  $I_{ст}$  характеристич. рентгеновского излучения тех же атомов (концентрация  $C_{ст}$ ) в образце известного состава, т.е. стандартном образце:  $I_x/I_{ст} = FC_x/C_{ст}$ , где  $F$  – поправочный коэф., учитывающий разл. поглощение выходящего излучения в анализируемом и стандартном образцах, разл. рассеяние и торможение первичных электронов в них, а также различие в эффектах возбуждения рентгеновской флуоресценции характеристич. и непрерывным излучением. Для расчетов  $F$  чаще всего используют микро-ЭВМ, установленные на выходе рентгеновских микроанализаторов.

Погрешности количеств. РСМА в лучших случаях не превышают 1–2%. При этом случайные погрешности, связанные с измерениями интенсивности  $I$ , м.б. снижены до величины относят. стандартного отклонения  $s_r < 0,01$ . Систематич. погрешности, определяемые в осн. величиной  $F$ , также м.б. меньше 1%. Осн. источник погрешностей в количеств. РСМА – процесс подготовки пробы к анализу. Поэтому важнейшими операциями являются шлифовка и полировка анализируемых и стандартных образцов, хим. обработка или «металлизация» их пов-сти (для образцов с низкой электроили теплопроводностью).

Хотя относят. пределы обнаружения высоки ( $10^{-1}$ – $10^{-2}\%$ ), абсолютные пределы обнаружения достигают очень низких значений –  $10^{-14}$ – $10^{-15}$  г благодаря высокой локальности ( $L_1 \approx L_2 \approx 1$  мкм). В спец. методах РСМА удается проводить количеств. анализ субмикронных слоев и послойный анализ с разрешением по глубине  $L_{II} < 0,1$  мкм. При количеств. анализе гетерогенных материалов необходимо учитывать эффекты гетерогенного фона (см. Локальный анализ) вблизи межфазных границ (причем зона действия таких эффектов может существенно превышать  $L_1$  и достигать десятков и даже сотен мкм).

РСМА применяют для анализа индивидуальных частиц (в порошках, аэрозолях), микровключений в чистых материалах, определения состава фаз в минералах и сплавах, распределения элементов в тонких слоях и гетероструктурах. РСМА используют для исследования процессов диффузии, кристаллизации, коррозии, получения композиционных материалов и т.д.

Лит.: Рид С., Электронно-зондовый микроанализ, пер. с англ., М., 1979; Черепин В.Т., Васильев М.А., Методы и приборы для анализа поверхности материалов, К., 1982; Количественный электронно-зондовый микроанализ, пер. с англ., М., 1986; Гимельфарб Ф.А., Рентгеноспектральный микроанализ слоистых материалов, М., 1986.

Ф.А. Гимельфарб.

**ЭЛЕКТРОННО-КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ**, составляющая полного взаимод. частиц в молекуле или твердом теле, возникающая в приближении, основанном на разделении электронных движений и колебаний ядер. Э.-к. в. наз. также вибронным взаимодействием (от англ. vibrational electronic), хотя термин «вибронный» в широком смысле означает все электронно-колебат. (вибронные) квантовые состояния и соответствующие этим состояниям уровни энергии.

Разделение переменных, характеризующих электронные и ядерные движения в молекуле, обычно проводится в рамках т. наз. грубого приближения Борна–Оппенгеймера (см. Адиабатическое приближение), в к-ром электронная волновая функция  $\Phi_0^e$  задается лишь для нек-рой фиксир. геом. конфигурации ядер  $Q_0 = \{R_\alpha^0\}$ , где  $R_\alpha$  – радиус-вектор ядра  $\alpha$ , индекс «0» указывает на то, что рассматривается фиксир. конфигурация, а фигурные скобки – на то, что учитывается все множество независимых радиусов-векторов. В этом приближении потенциал Э.-к. в. определяется выражением:

$$V_{ev} = \sum_{i,\alpha} \left( \frac{z_\alpha}{|r_i - R_\alpha|} - \frac{z_\alpha}{|r_i - R_\alpha^0|} \right), \quad (1)$$

где  $r_i$  – радиусы-векторы электронов;  $z_\alpha$  – заряд ядра  $\alpha$ ;  $|r_i - R_\alpha| = R_{i\alpha}$  – расстояние от ядра  $\alpha$  до электрона  $i$ ; суммирование ведется по индексам всех электронов и ядер. Любая другая конфигурация, получающаяся в результате малых смещений ядер  $\delta R_\alpha$ , м.б. описана линейнонезависимыми обобщенными координатами  $q_v$ :

$$R_\alpha = R_\alpha^0 + \delta R_\alpha = R_\alpha^0 + \sum_v (\partial R_\alpha / \partial q_v) q_v.$$

Для такой конфигурации потенциал Э.-к. в.  $V_{ev}$  можно записать в виде ряда разложения по степеням  $q_v$ :

$$V_{ev} = \sum_v \frac{\partial V_{ev}}{\partial q_v} q_v + \frac{1}{2} \sum_{v,\nu} \frac{\partial^2 V_{ev}}{\partial q_v \partial q_\nu} q_v q_\nu + \dots, \quad (2)$$

причем все производные взяты в точке  $Q_0 = \{R_\alpha^0\}$  многомерного пространства ядерных конфигураций. Эти производные зависят только от электронных переменных, тогда как колебат. координаты  $q_v$  суть малые смещения ядер. Поскольку потенциал  $V_{ev}$  содержит произведение тех и других, то он и называется потенциалом Э.-к. в.

В адиабатич. приближении электронная волновая ф-ция  $\Phi_i(r, R)$  зависит от переменных  $\{R_\alpha\}$  мгновенной ядерной конфигурации (в отсутствие вращения молекулы), поэтому Э.-к. в. задается операторами неадиабатич. связи электронного и колебат. движений. В простейшем случае двухатомной молекулы мгновенная ядерная конфигурация определяется

всего лишь одной координатой  $R = |R_1 - R_2|$ , а энергия Э.-к. в. и поправки к волновым ф-циям, обусловленные этим взаимодей., зависят от множества величин вида  $\langle \Phi_i | \frac{d}{dR} | \Phi_j \rangle$

и  $\langle \Phi_i | \frac{d^2}{dR^2} | \Phi_j \rangle$  ( $i, j = 1, 2, \dots$ ; угловые скобки означают интегрирование по электронным переменным), к-рые после преобразований м. б. сведены к выражениям, подобным (1) и (2) для грубого приближения Борна-Оппенгеймера.

Как правило, Э.-к. в. проявляется особенно сильно тогда, когда в молекуле имеются два близко расположенные квантовые состояния одного и того же типа симметрии, напр. состояния 1 и 2 с волновыми ф-циями соотв.  $\Psi_1 = \Phi_1(r, R)\chi_1(R)$  и  $\Psi_2 = \Phi_2(r, R)\chi_2(R)$ , где  $\chi_1$  и  $\chi_2$  – волновые ф-ции для ядерной подсистемы в отсутствие Э.-к. в. В силу того, что адиабатич. представление волновых ф-ций приближенно, более точное описание этих квантовых состояний имеет вид:

$$\Psi_1 = \Psi_1 + \lambda\Psi_2 \quad (\lambda \ll 1) \quad \text{и} \quad \Psi_2 = \mu\Psi_1 + \Psi_2 \quad (\mu \ll 1).$$

Обычно эта ситуация передается такими словами: «в состоянии 1 к ф-ции  $\Psi_1$  примешана ф-ция  $\Psi_2$ , а в состоянии 2 к ф-ции  $\Psi_2$  примешана ф-ция  $\Psi_1$ ». Следует отметить, что связанные с Э.-к. в. энергетич. поправки к адиабатич. приближению гораздо меньше, чем таковые к грубому приближению Борна-Оппенгеймера.

Учет Э.-к. в. приводит к ряду весьма важных эффектов. Для высокосимметричных молекул Э.-к. в. обуславливает появление Яна-Теллера эффектов, в частности расщепление уровней высокосимметричной конфигурации при понижении ее симметрии. Для молекул с более низкой симметрией оно изменяет правила отбора в мол. спектрах и приводит к перераспределению интенсивности линий и полос в этих спектрах. Так, правила отбора уже нельзя сформулировать отдельно для электронных и колебат. переходов, они будут определяться полными электронно-колебат. волновыми ф-циями  $\Psi_1$  и  $\Psi_2$ . В частности, если переход между возбужденным 1 ( $\Psi_{11}$ ) и основным 0 ( $\Psi_{00}$ ) состояниями в адиабатич. приближении был запрещен, а переход между возбужденным 2 ( $\Psi_{22}$ ) и основным состояниями разрешен, то при учете Э.-к. в. волновая ф-ция  $\Psi_1$  первого возбужденного состояния 1 в общем случае будет содержать примесь ф-ции  $\Psi_{22}$  и переход, становится разрешенным. В этом случае говорят о «взаимодействии интенсивности» переходом  $0 \rightarrow 1$  у перехода  $0 \rightarrow 2$ .

При возбуждении молекулы связанное электронно-колебат. состояние, в к-рое она переходит, по энергии м. б. очень близко к отталкивательному электронно-колебат. состоянию. За счет Э.-к. в. происходит безызлучательный переход в отталкиват. состояние, что приводит к диссоциации молекулы (см. Преддиссоциация).

Э.-к. в. определяет неадиабатич. характер многих хим. р-ций, для к-рых описание поведения реагирующей системы невозможно в рамках представления о движении точки, изображающей эту систему, по единственной потенц. пов-сти (см. Динамика элементарного акта). Области вблизи барьера на пути р-ции по пов-сти потенц. энергии отвечают, как правило, сближению потенц. пов-стей (одной и той же симметрии) и перестройке электронной конфигурации системы. В этих областях учет Э.-к. в. становится, по существу, обязательным. В ходе р-ции система взаимодействующих атомов и молекул проходит хотя бы через одну такую область, где адиабатич. приближение перестает быть справедливым и его необходимо заменять на приближения, лучше учитывающие Э.-к. в. (наряду с др. эффектами, напр., спин-орбитальным взаимодействием).

Лит.: Берсукер И.Б., Полингер В.З., Вибронные взаимодействия в молекулах и кристаллах, М., 1983; Жилинский Б.М., Теория сложных молекулярных спектров, М., 1989. Н. Ф. Степанов.

**ЭЛЕКТРОННЫЕ СПЕКТРЫ**, мол. спектры, обусловленные квантовыми переходами из одного электронного состояния молекулы в другое. Переходы, при к-рых происходит по-

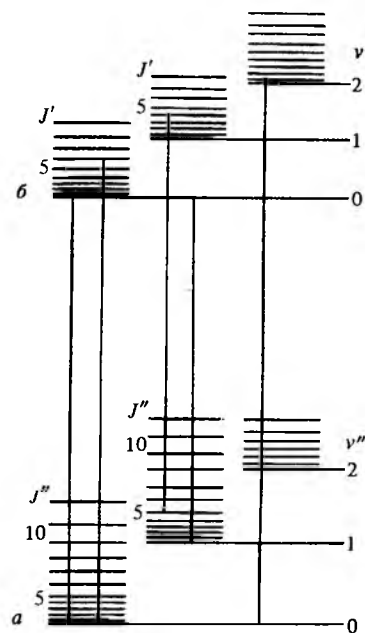


Рис. 1. Схема уровней энергии двухатомной молекулы: а и б – электронные уровни;  $v'$  и  $v''$  – квантовые числа колебат. уровней;  $J'$  и  $J''$  – квантовые числа вращат. уровней.

глощение кванта электромагн. излучения, образуют Э. с. поглощения. Переходы, сопровождающиеся испусканием излучения, образуют Э. с. испускания. Э. с. расположены, как правило, в видимой и УФ областях спектра, они являются ценным источником сведений о строении молекул и межмол. взаимодействиях.

Существование у каждого из электронных состояний молекулы колебат. и вращат. уровней энергии приводит к тому, что электронный переход в Э. с. оказывается представленным не одной линией (как в случае атомов), а сложной системой линий, принадлежащих разным электронно-колебательно-вращат. переходам (рис. 1). Волновое число линии  $\nu$  такого спектра описывается выражением

$$\nu = \nu_{эл} + \nu_{кол} + \nu_{вр}$$

Величина  $\nu_{эл}$  представляет собой разность электронных энергий молекулы в минимумах поверхности потенц. энергии молекулы  $\nu_{кол}$  и  $\nu_{вр}$  – разности энергий соотв. для колебат. и вращат. уровней.

**Классификация электронных состояний** молекулы основывается на ряде признаков, из к-рых, прежде всего, следует отметить мультиплетность и тип симметрии. Мультиплетность электронного состояния  $M$  задается квантовым числом  $S$  результирующего электронного спина ( $M = 2S + 1$ ) и характеризует кратность вырождения состояния по спину. Состояние с  $M = 1$  ( $S = 0$ ) наз. синглетным (обозначается буквой S), состояние с  $M = 2$  ( $S = 1/2$ ) – дублетным (D), состояние с  $M = 3$  – триплетным (T) и т.д. В магн. поле вырождение состояний снимается: дублетное состояние расщепляется на два подуровня, триплетное – на три подуровня (см. Вырождение энергетических уровней). Электронное состояние с наименьшей энергией наз. основным (как правило,  $S_0$ -состояние), остальные состояния – возбужденные ( $S_1, S_2, T_1, T_2, \dots$ ). У большинства известных молекул в своб. состоянии основное состояние является синглетным. Молекулы с нечетным числом электронов, к числу к-рых относится, напр., NO, имеют обычно дублетное основное состояние. Среди молекул, имеющих в качестве основного триплетное состояние, прежде всего выделяют мол. кислород  $O_2$ .

Возбужденные состояния молекул, образовавшиеся в результате поглощения кванта света, как правило, быстро теря-

ют энергию возбуждения (деактивируются), причем механизмы дезактивации м. б. различными. Время жизни низших возбужденных  $S_1$ -состояний колеблется для разных молекул между  $10^{-10}$  и  $10^{-7}$  с, для  $T_1$ -состояний от 0,0001 с до неск. секунд. Лежащие более высоко по энергии возбужденные состояния часто дезактивируются безызлучательно и имеют времена жизни менее  $10^{-11}$  с.

Электронные состояния двухатомных и линейных многоатомных молекул классифицируют также по величине проекции их результирующего орбитального (углового) момента  $M_L$  на ось молекулы. Состояния с разл.  $M_L$ , принято обозначать буквами греч. алфавита  $\Sigma$  ( $M_L = 0$ ),  $\Pi$  ( $M_L = 1$ ),  $\Delta$  ( $M_L = 2$ ) и т. д. Такая классификация, по существу, определяется осевой симметрией линейных молекул.

Классификация состояний нелинейных молекул также проводится часто по симметрии ядерной подсистемы (перестановочной симметрии для тождественных ядер и точечной симметрии, напр. для их равновесных конфигураций: см. *Симметрия молекул*). Наличие точечной группы симметрии позволяет установить характер преобразований волновых ф-ций при операциях симметрии. Так, если молекула обладает центром симметрии, волновые ф-ции одних электронных состояний сохраняют свой вид при операциях инверсии, тогда как волновые ф-ции других состояний при этом меняют знак. В первом случае говорят о четном состоянии, к-рое обозначают нижним индексом «g», во втором – о нечетном состоянии (индекс «u»).

Отыскание волновых ф-ций, описывающих электронные состояния молекулы, производится с помощью методов квантовой химии (см., напр., *Молекулярных орбиталей методы*). Часто волновая ф-ция строится в одноэлектронном приближении, когда мол. орбитали (МО) записываются в виде линейной комбинации атомных орбиталей (см. *ЛКАО-приближение*). При качеств. рассмотрении электронно-возбужденных состояний часто ограничиваются учетом их симметрии и указанием того, как меняются МО исходного электронного состояния при возбуждении (при переходе в конечное состояние). При т. наз. одноэлектронном переходе электрон одной из орбиталей, напр.  $\sigma$ - или  $\pi$ -орбитали либо  $n$ -орбитали неподеленной пары электронов, меняет свое состояние, переходит на вакантную орбиталь (обозначается звездочкой:  $\pi^*$ ,  $\sigma^*$  либо  $n^*$ ). В зависимости от того, с какой занятой орбитали на какую вакантную орбиталь переходит электрон, возникают переходы типа  $\pi \rightarrow \pi^*$ ,  $n \rightarrow \pi^*$ ,  $\sigma \rightarrow \pi^*$ ,  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  и т. п.

**Правила отбора.** В Э. с. проявляются далеко не все энергетически возможные для молекулы переходы. В случае одноэлектронных возбуждений разрешенными, т. е. имеющими отличную от нуля интенсивность линии в Э. с., являются переходы между состояниями одинаковой мультиплетности, напр. между синглетными состояниями ( $S \rightleftharpoons S$ ) или между триплетными состояниями ( $T \rightleftharpoons T$ ), тогда как интеркомбинационные переходы типа  $S \rightleftharpoons T$  запрещены. Имеются запреты и по типам симметрии волновых ф-ций состояний.

Интенсивность полосы в Э. с. определяется прежде всего вероятностью перехода между электронными состояниями, к-рая, в свою очередь, связана с дипольным моментом перехода  $P$ :

$$P = \int \Psi_n^* \hat{P} \Psi_m dt, \quad (1)$$

где  $\Psi_n^*$  и  $\Psi_m$  – волновые ф-ции исходного и конечного состояний;  $\hat{P}$  – оператор дипольного момента (см. *Квантовые переходы*). Интеграл берется по пространств. координатам и спиновым переменным всех электронов и ядер ( $dt$  – элемент пространства всех этих переменных). Волновую ф-цию  $\Psi$  в грубом приближении Борна–Оппенгеймера (см. *Адиабатическое приближение*) представляют в виде произведения ф-ций  $\Psi_{эл}$  (зависит от координат электронов) и  $\Psi_{яд}$  (зависит от координат ядер). Тогда выражение (1) принимает вид:

$$P = \int \Psi_{эл}^* \hat{P} \Psi_{эл} dq \int \Psi_{яд}^* \Psi_{яд} dv \quad (2)$$

( $dq$  и  $dv$  – элементы пространства соотв. электронных и ядерных переменных). Величина  $P$  не равна нулю, если не равен нулю ни один из интегралов в выражении (2). Т. к. оператор дипольного момента  $\hat{P}$  не зависит от спиновых переменных, первый интеграл, вообще говоря, не равен нулю, в частности, если состояния имеют одинаковую мультиплетность. Интеркомбинационные переходы между состояниями разной мультиплетности, хотя и наблюдаются в действительности, имеют очень малую вероятность. Причиной нарушения интеркомбинационного запрета служит *спин-орбитальное взаимодействие*, оно учитывается методами *возмущений теории*.

Второй интеграл означает, что в колебат. структуре разрешенного по симметрии электронного перехода будут активны только те колебания, для к-рых подынтегральная ф-ция  $\Psi_{эл}^* \hat{P} \Psi_{эл}$  является полносимметричной или содержит полносимметричную составляющую. Запреты по симметрии нарушаются из-за *электронно-колебательного взаимодействия*.

**Колебательная структура Э. с.** Энергетич. интервалы между колебат. уровнями энергии одного и того же электронного состояния молекулы существенно больше, чем между вращат. уровнями. Поэтому колебат. структуру Э. с. принято называть *грубой структурой*. Каждый электронно-колебат. переход представлен в спектре системой линий, связанных с переходами между разными вращат. уровнями (тонкая структура). Эта система линий регистрируется на приборах с высоким разрешением. Для сравнительно простых молекул, находящихся в газообразном состоянии, Э. с., полученные на приборах с малым или средним разрешением, состоят из колебательно-вращат. полос (полосатые спектры).

Э. с. многоатомных молекул обычно получают для конденсир. фазы (жидкие и твердые р-ры, кристаллы). Эти спектры, как правило, имеют вид широкого бесструктурных или слабо структурированных полос. Лишь при низких т-рах (обычно 77 К, 20 К или 4,2 К) в матрицах из замороженных  $n$ -парафинов (матрицы Шпольского) полосы распадаются на большое число линий или узких полос (квазилиний), отражающих колебат. структуру каждого из электронных переходов. В отличие от обычных широкополосных Э. с. такие квазилинейчатые Э. с. являются для молекул характеристичными. Для молекул в др. средах при низких т-рах удается получить тонкоструктурный спектр флуоресценции, если возбуждать молекулы лазером с длиной волны возбуждения, приходящейся на область чисто электронного перехода (см. *Лазерная спектроскопия*).

**Спектры поглощения.** У подавляющего числа известных многоатомных молекул Э. с. поглощения определяются переходами из основного синглетного состояния  $S_0$  в возбужденные синглетные состояния  $S_i$  (т. наз.  $S_0 \rightarrow S_i$ -спектры). При комнатной и более низких т-рах почти все молекулы находятся на нулевом колебат. уровне. Полосы поглощения обусловлены переходами с нулевого колебат. уровня  $S_0$ -состояния на разл. колебательные уровни  $S_i$ -состояний (рис. 2). Ввиду того, что возбужденные состояния быстро дезактивируются, в Э. с. поглощения обычно не наблюдаются полосы, связанные с переходами  $S_1 \rightarrow S_i$  или  $T_1 \rightarrow T_i$ . Их удается зарегистрировать лишь с помощью импульсных ламп или лазеров, позволяющих создать на короткое время заметную заселенность  $T_1$ - и  $S_1$ -состояний. Получаемые при этом спектры  $T_1 \rightarrow T_i$ - и  $S_1 \rightarrow S_i$ -поглощения наз. спектрами наведенного поглощения.

Поглощение света отдельно взятой молекулой – анизотропный процесс. Дихроизм поглощения для кристаллов, ориентированных пленок, жидких кристаллов принято характеризовать величиной  $d$ :

$$d = \frac{D_{\parallel} - D_{\perp}}{D_{\parallel} + D_{\perp}},$$

где  $D_{\parallel}$  и  $D_{\perp}$  – оптич. плотности для линейно поляризованного света определенной длины волны с плоскостью поляризации, соотв. параллельной и перпендикулярной выделенному в в-ве

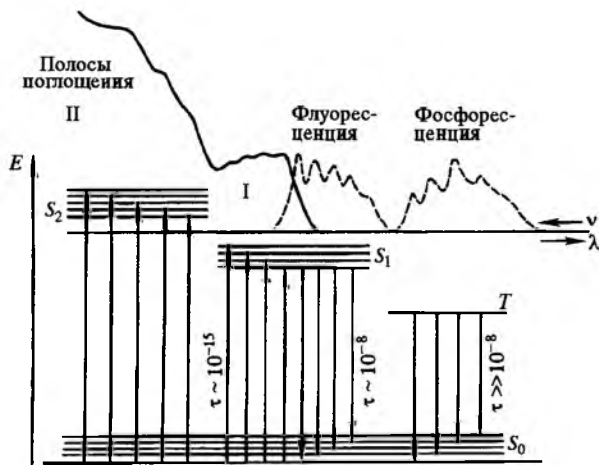


Рис. 2. Электронные спектры испускания (I) и поглощения (II). Указаны времена жизни ( $\tau$ , с) и типы ( $S_0, S_1, S_2, T_1$ ) энергетич. состояний.  $E$  - энергия;  $\lambda$  - длины волн;  $\nu$  - волновые числа линий поглощения или испускания.

направлению, напр. оси ориентации (растяжения) пленки. Зависимость  $d(\lambda)$  наз. спектрами дихроизма.

Весьма часто в многоатомных молекулах можно выделить сравнительно небольшие фрагменты, наз. хромофорами и группами (хромофорами), к-рые в осн. ответственны за поглощение излучения. Электронное возбуждение при этом определяется гл. обр. изменением электронного распределения именно в локальных областях этих групп.

Поглощение света в-вом характеризуют обычно пропусканием  $a$  и  $\epsilon$  м, равным отношению интенсивностей прошедшего и падающего пучков, либо коэф. экстинкции, связанным с логарифмом пропускания (см. *Абсорбционная спектроскопия*). Полосам поглощения в Э. с. соответствуют молярные коэф. экстинкции от  $10^3$  до  $10^6$ , тогда как в случае, напр., запрещенных по симметрии электронных переходов эти коэф. обычно не превышают  $10-10^2$ .

**Спектры испускания.** Многоатомные молекулы в конденсир. фазе способны заметно испускать свет лишь при переходах из  $S_1$ - и  $T_1$ -состояний. Испускание, связанное с излучат. переходом  $S_1 \rightarrow S_0$ , получило назв. флуоресценции, а связанное с переходом  $T_1 \rightarrow S_0$  - фосфоресценции (см. *Люминесценция*). Возбужденные молекулы до акта испускания света успевают частично дезактивироваться и оказываются на нулевом колебат. уровне  $S_1$ - или  $T_1$ -состояния.

При возбуждении в-ва линейно поляризованным светом испускание оказывается анизотропным. Степенью поляризации излучения наз. величину  $p = (I_{\parallel} - I_{\perp}) / (I_{\parallel} + I_{\perp})$ , где  $I_{\parallel}$  - интенсивность той компоненты излучения, к-рая поляризована так же, как и возбуждающий свет, а  $I_{\perp}$  - интенсивность перпендикулярно поляризованной этому направлению компоненты. Степень поляризации излучения каждого в-ва в  $p$ -ре зависит, в частности, от природы  $p$ -рителя и от длины волны возбуждающего света.

**Применение Э. с.** По интенсивности полос Э. с. можно судить о концентрации данного в-ва в  $p$ -ре (см. *Спектрофотометрия*). Так, по спектрам поглощения удастся зарегистрировать следы в-ва до  $10^{-4}-10^{-6}$  моль/л, тогда как при анализе смесей с использованием замороженных матриц Шпольского можно подчас определить неск. индивидуальных компонентов смеси с абс. чувствительностью до  $10^{-11}$  г (концентрация в-ва в таких матрицах обычно составляет  $10^{-3}-10^{-6}$  моль/л). На основе квазилинейчатых спектров люминесценции разработан высокочувствит. и селективный мол. спектральный анализ сложных орг. смесей. По изменению интенсивности отд. полос судят об увеличении или уменьшении кол-ва отд. компонентов смеси при изменении условий (напр., рН среды), о наличии в системе тех или иных

хромофорных групп и их взаимод., величине дипольного момента молекул, симметрии молекул и др. Э. с., получаемые при низких  $T$ -рах в матрицах, позволяют судить о «замороженных» свободных радикалах и их превращениях, а при разрешенной колебат. структуре дают возможность определять спектроскопич. постоянные, напр. фундам. частоты колебаний для разл. электронных состояний.

Для этих же целей широко используют и Э. с. молекул в газовой фазе, хотя детальная информация м. б. получена в осн. лишь для малоатомных молекул. Для получения информативных электронно-колебат. спектров паров многоатомных молекул разработан спец. метод, основанный на охлаждении в-ва в сверхзвуковой струе инертного газа. Совр. методы анализа электронно-колебат. спектров позволяют получать сведения о тонких эффектах спин-орбитальных, электронно-колебат. и электрон-фононных взаимод. в возбужденных электронных состояниях молекулы, об орбитальной природе этих состояний.

Для получения Э. с. используют разл. комбинации методов, напр. возбуждение молекул световыми импульсами малой длительности, в т. ч. пико- и фемтосекундными с послед. зондированием образовавшихся возбужденных состояний излучением другой частоты. Подобные методы позволяют следить за эволюцией мол. систем во времени, в частности при хим. превращениях.

Поскольку Э. с. молекул зависят от условий их получения (фазовое состояние в-ва,  $T$ -ра образца, рН среды и др.), они применяются для исследований *межмолекулярных взаимодействий* и их связи с внеш. условиями, особенно в тех случаях, когда эти взаимод. велики (напр., при образовании водородных связей).

Лит.: Ельяшевич М. А., *Атомная и молекулярная спектроскопия*, М., 1962; Герцберг Г., *Электронные спектры и строение многоатомных молекул*, пер. с англ., М., 1969; Свердлов О. В., *Электронные спектры в органической химии*, 2 изд., Л., 1985. Р. Н. Нурмухаметов.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС** (ЭПР, электронный спиновый резонанс), явление резонансного поглощения электромагн. излучения парамагн. частицами, помещенными в постоянное магн. поле; один из методов *радиоспектроскопии*. Используется для изучения систем с ненулевым электронным спиновым магн. моментом (т. е. обладающих одним или неск. неспаренными электронами): атомов, своб. радикалов в газовой, жидкой и твердой фазах, точечных дефектов в твердых телах, систем в триплетном состоянии, ионов переходных металлов.

**Физика явления.** В отсутствие постоянного магн. поля  $H$  магн. моменты неспаренных электронов направлены произвольно, состояние системы таких частиц выстроено по энергии. При наложении поля  $H$  проекции магн. моментов на направление поля принимают определенные значения и вырождение снимается (см. *Зеемана эффект*), т. е. происходит расщепление уровня энергии электронов  $E_0$ . Расщепление между возникшими подуровнями зависит от напряженности поля  $H$  и равно  $E_1 - E_2 = \Delta E = g \mu_B H$  (рис. 1), где  $g$  - фактор спектроскопич. расщепления (см. ниже),  $\mu_B$  - магнетон Бора, равный  $9,274 \cdot 10^{-24}$  Дж/Тл; в системе единиц СИ вместо  $H$  следует использовать магн. индукцию  $B = \mu_0 H$ , где  $\mu_0$  - магн. проницаемость своб. пространства, равная  $1,257 \cdot 10^{-6}$  Гн/м. Распределение электронов по подуровням подчиняется закону Больцмана, согласно к-рому отношение заселенностей подуровней определяется выражением  $n_1/n_2 = \exp(-\Delta E/kT)$ , где  $k$  - постоянная Больцмана,  $T$  - абс.  $T$ -ра. Если на образец действовать переменным магн. полем с частотой  $\nu$ , такой, что  $h\nu = g \mu_B H$  ( $h$  - постоянная Планка), и направленным перпендикулярно  $H$ , то индуцируются переходы между соседними подуровнями, причем переходы с поглощением и испу-

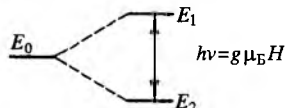


Рис. 1. Расщепление энергетического уровня электрона в постоянном магнитном поле.  $E_0$  - уровень в отсутствие поля,  $E_1$  и  $E_2$  - уровни, возникающие в присутствии поля  $H$ .



сканием кванта  $h\nu$  равновероятны. Т.к. на нижнем уровне число электронов больше в соответствии с распределением Больцмана, то преим. будет происходить резонансное поглощение энергии переменного магн. поля (его магн. составляющей).

Для непрерывного наблюдения поглощения энергии условия резонанса недостаточно, т.к. при воздействии электромагн. излучения произойдет выравнивание заселенностей подуровней (эффект насыщения). Для поддержания больцмановского распределения заселенностей подуровней необходимы релаксационные процессы. Релаксационные переходы электронов из возбужденного состояния в основное реализуются при обмене энергией с окружающей средой (решеткой), к-рый осуществляется при индуцированных решеткой переходах между электронными подуровнями и определяется как спин-решеточная релаксация. Избыток энергии перераспределяется и между самими электронами – происходит спин-спиновая релаксация. Времена спин-решеточной релаксации  $T_1$  и спин-спиновой релаксации  $T_2$  являются количеств. мерой скорости возврата спиновой системы в исходное состояние после воздействия электромагн. излучения. Зафиксированное регистрирующим устройством поглощение электромагн. энергии спиновой системой и представляет собой спектр ЭПР.

**Основные параметры спектров ЭПР** – интенсивность, форма и ширина резонансной линии,  $g$ -фактор, константы тонкой и сверхтонкой (СТС) структуры. На практике обычно регистрируется 1-я, реже 2-я производные кривой поглощения, что позволяет повысить чувствительность и разрешение получаемой информации.

Интенсивность линии определяется площадью под кривой поглощения (рис. 2, а), к-рая пропорциональна числу парамагн. частиц в образце. Оценку их абс. кол-ва осуществляют сравнением интенсивности спектров исследуемого образца и эталона. При регистрации 1-й производной кривой поглощения (рис. 2, б) используют процедуру двойного интегрирования. В ряде случаев интегральную интенсивность можно приближенно оценить, пользуясь выражением  $S_{пл} = I_{\max} (\Delta H_{\max})^2$ , где  $S_{пл}$  – площадь под кривой поглощения,  $I_{\max}$  – интенсивность линии,  $\Delta H_{\max}$  – ширина линии. 1-я и особенно 2-я производные (рис. 2, в) весьма чувствительны к форме линии поглощения.

Форма линии в спектре ЭПР сравнивается с лоренцевой и гауссовой формами линии, к-рые аналитиче-

ски выражаются в виде:  $y = a/(1 + bx^2)$  (лоренцева линия),  $y = a \exp(-bx^2)$  (гауссова линия). Лоренцевы линии обычно наблюдаются в спектрах ЭПР жидких р-ров парамагн. частиц низкой концентрации. Если линия представляет собой суперпозицию мн. линий (неразрешенная СТС), то форме ее близка к гауссовой.

Важным параметром является ширина линии  $\Delta H_{\max}$ , к-рая связана с шириной линии на полувысоте  $\Delta H_{1/2}$  соотношениями  $\Delta H_{\max} = (2\sqrt{3})\Delta H_{1/2}$  (лоренцева форма) и  $\Delta H_{\max} = (2\ln 2)^{1/2}\Delta H_{1/2}$  (гауссова форма). Реальные линии ЭПР, как правило, имеют промежуточную форму (в центре лоренцева, по краям – гауссова формы). Времена релаксации  $T_1$  и  $T_2$  определяют ширину резонансной линии  $\Delta H_{1/2} \approx 1/T_1 + 1/T_2$ . Величина  $T_1$  характеризует время жизни электронного спина в возбужденном состоянии, в соответствии с принципом неопределенности при малых  $T_1$  происходит уширение линии ЭПР. В парамагн. ионах  $T_1$  имеет порядок  $10^{-7} - 10^{-9}$  с и определяет осн. канал релаксации, обуславливающий появление очень широких линий (вплоть до таких, к-рые невозможно наблюдать в обычных условиях). Использование гелиевых т-р позволяет наблюдать спектры ЭПР за счет увеличения  $T_1$ . В своб. орг. радикалах  $T_1$  достигает порядка секунд, поэтому главный вклад в ширину линии вносят релаксационные процессы, связанные со спин-спиновым взаимодействием и определяемые временем  $T_2$ , обратно пропорциональным  $\Delta H_{1/2}$ :  $1/T_2 \sim \kappa \gamma_e \Delta H_{1/2}$ , где  $\gamma_e$  – гиромагн. отношение для электрона,  $\kappa$  – параметр, зависящий от формы линии, в частности  $\kappa = 1$  для лоренцевой линии и  $\kappa = (\pi \ln 2)^{1/2}$  для гауссовой линии. Физ. смысл  $T_2$  заключается в том, что каждый электронный спин в системе создает локальные поля в местах нахождения др. электронов, модулируя резонансное значение поля  $H$  и приводя к уширению линии.

$g$ -Фактор формально определяется как фактор спектроскопич. расщепления Ланде, равный

$$g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{J(J+1)}$$

где  $L, S, J$  – квантовые числа соотв. орбитального, спинового и полного моментов кол-ва движения. В случае чисто спинового магнетизма  $L = 0$  (ситуация своб. электрона)  $g = 2,0023$ . Отклонение от этой величины свидетельствует о примеси орбитального магнетизма (спин-орбитальное взаимодействие), приводящего к изменению величины резонансного поля. Ценную информацию величина  $g$ -фактора дает при анализе спектров ЭПР парамагн. ионов с сильным спин-орбитальным взаимодействием, т.к. она весьма чувствительна к лигандному окружению иона, к-рое формирует кристаллич. поле (см. Кристаллического поля теория). Для ионов  $g$ -фактор определяется в виде  $g = 2(1 - \lambda/\Delta)$ , где  $\lambda$  – константа спин-орбитального взаимодействия (или спин-орбитальной связи),  $\Delta$  – т. наз. расщепление в поле лигандов. Для орг. своб. радикалов величина  $\Delta$  очень велика,  $\lambda$  мала и отрицательна, поэтому для этих систем  $g$ -фактор близок к таковому для своб. электрона и изменяется в пределах третьего знака после запятой.

Магнитные взаимодейд. в спиновых системах в общем случае анизотропны, что определяется анизотропией волновых ф-ций (орбиталей) неспаренного электрона за исключением систем с неспаренным электроном в  $s$ -состоянии. Резонансное значение магн. поля и величина  $g$ -фактора зависят от ориентации магн. поля и кристаллографич. (или молекулярных) осей. В жидкой фазе анизотропные взаимодейд. усредняются, приводя к изотропному (усредненному) значению  $g$ -фактора. В отсутствие усреднения (твердая фаза) в зависимости от структуры и хим. окружения спиновой системы, реализуется цилиндрич. (осевая) или более низкая симметрия. В случае цилиндрич. симметрии различают  $g_{\parallel}$  и  $g_{\perp}$ , причем  $g_{\parallel}$  – величина при поле  $H$ , параллельном оси симметрии  $z$ ,  $g_{\perp}$  – величина при  $H$ , перпендикулярном оси  $z$ .

Тонкая структура возникает в спектрах ЭПР парамагн. ионов, содержащих более одного неспаренного элект-

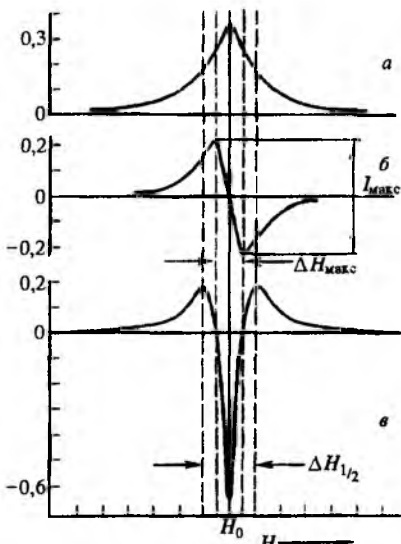


Рис. 2, а – кривая поглощения ЭПР, б – первая производная поглощения, в – вторая производная поглощения;  $\Delta H_{1/2}$  – ширина линии на полувысоте кривой поглощения;  $\Delta H_{\max}$  и  $I_{\max}$  – соответственно ширина и интенсивность линии между точками максимального наклона.

рона ( $S > 1/2$ ). В частности для иона с  $S = 3/2$ , при наложении постоянного магн. поля образуются  $2S + 1 = 4$  подуровня, расстояния между к-рыми для своб. иона одинаковы, и при поглощении кванта  $h\nu = g\mu_B H$  должен наблюдаться один резонансный пик. В ионных кристаллах за счет неоднородности кристаллич. поля интервалы между подуровнями спиновой системы оказываются разными. В результате этого поглощение электромагн. излучения происходит при разл. значениях поля  $H$ , что приводит к появлению в спектре трех резонансных линий.

**Сверхтонкая структура.** Наиб. ценную информацию дает анализ СТС спектров ЭПР, обусловленной взаимодействием магн. момента неспаренного электрона с магн. моментами ядер. В простейшем случае атома водорода неспаренный электрон находится в поле  $H$  и локальном поле, созданном ядерным спином протона ( $I = 1/2$ ); при этом имеются две возможные ориентации ядерных спинов относительно поля  $H$ : в направлении этого поля и в противоположном, что приводит к расщеплению каждого зеемановского уровня на два (рис. 3). Т. обр., вместо одной линии резонансного поглощения при фиксированной частоте возникают две ли-

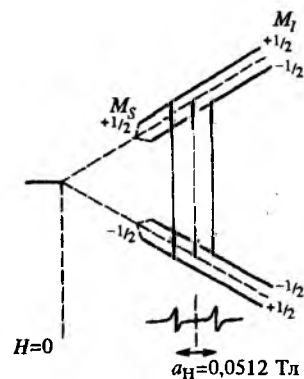


Рис. 3. Энергетические уровни атома водорода в постоянном магнитном поле. Вертикальная пунктирная стрелка показывает переход, к-рый наблюдался бы в отсутствие СТВ. Сплошные вертикальные стрелки соответствуют двум переходам сверхтонкой структуры. В спектре ЭПР (ниже схемы) расстояние между линиями – константа СТВ с ядром протона.  $M_S$  и  $M_I$  – соответственно проекция спинов электрона и протона, связанные с их магнитными моментами.

определяемое выражением  $a_{\text{ядро}} = 8 \frac{\pi}{3} \frac{\mu_I}{I} |\psi_I|^2$ , где  $\mu_I$  – ядерный магн. момент,  $|\psi_I|^2$  – спиновая плотность в точке ядра, к-рая не обращается в нуль только для электронов в  $s$ -состоянии, т. е. для электронов на  $s$ -орбиталях или на соответствующей

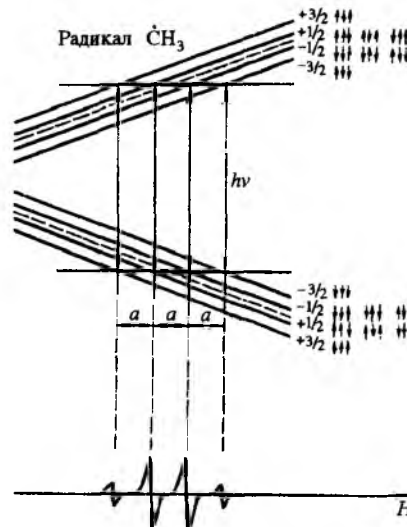


Рис. 4. Уровни сверхтонкой структуры и ориентации ядерных спинов для трех эквивалентных ядер со спином  $1/2$  (протонов) в переменном магнитном поле. Интенсивность линий в спектре ЭПР отражает вырождение по ориентациям ядерных спинов (показаны справа).

молекулярной орбитали. В таблице приведены рассчитанные значения макс. контактного СТВ для  $s$ -электронов нек-рых атомов, ядра к-рых обладают ненулевым магн. моментом.

**СВОЙСТВА АТОМОВ С МАГНИТНЫМИ ЯДРАМИ, КОНСТАНТЫ СТВ  $a$  НЕСПАРЕННОГО ЭЛЕКТРОНА С ЯДРОМ**

Атом	Массовое число	Содержание в природной смеси, %	Ядерный спин	$a \cdot 10^4$ Тл
H	1	99,98	$1/2$	512
Li	6	7,52	1	54,29
	7	92,48	$3/2$	143,37
Na	23	100	$3/2$	316,11
K	39	93,26	$3/2$	82,38
Rb	85	72,15	$5/2$	361,07
	87	27,85	$3/2$	1219,25
Cs	133	100	$7/2$	819,84

нии. Расстояние между ними наз. константой сверхтонкого взаимодействия (СТВ); для атома водорода  $a_H = 5,12 \cdot 10^{-2}$  Тл. В общем виде при наличии СТВ неспаренного электрона с ядром, обладающим спином  $I$ , линия поглощения ЭПР расщепляется на  $(2I + 1)$  компонент СТВ равной интенсивности. В случае СТВ с  $n$  эквивалентными ядрами в спектре возникают  $n + 1$  эквидистантно расположенных линий с отношением интенсивностей, пропорциональным коэффициентам биномиального разложения  $(1 + x)^n$ . Мультиплетность и интенсивность линий определяется ориентацией ядерных спинов в каждом конкретном случае, что видно на примере спектра ЭПР метильного радикала (рис. 4). Следует подчеркнуть, что каждая линия спектра отвечает совокупности частиц, имеющих одну и ту же комбинацию ядерных спинов, создающих одно и то же локальное магн. поле, а весь спектр – это статистическое среднее по всему ансамблю спиновой системы.

Различают два типа СТВ: анизотропное, обусловленное диполь-дипольным взаимодействием неспаренного электрона и ядра, и изотропное (контактное), возникающее при ненулевой спиновой плотности неспаренного электрона в точке ядра. Анизотропное взаимодей. зависит от угла  $\theta$  между направлением поля  $H$  и линией, соединяющей электрон и ядро; его величина определяется ф-лой

$$a_{\text{анизо}} = \mu_z (3 \cos^2 \theta - 1) / r^3,$$

где  $\mu_z$  – компонента магн. момента ядра вдоль поля  $H$ ,  $r$  – расстояние между электроном и ядром. Анизотропное СТВ проявляется в твердой и вязкой средах при беспорядочной ориентации парамагн. частиц в виде уширения компонент СТС и изменения их формы. В маловязких средах это взаимодей. усредняется до нуля в результате быстрого вращения частиц и остается только изотропное (контактное) СТВ,

В  $\pi$ -электронных системах (большинство орг. своб. радикалов) спиновая плотность в точке ядра равна нулю (узловая точка  $p$ -орбитали) и реализуются два механизма возникновения СТВ (спиновой переноса): конфигурационное взаимодей. и эффект сверхсопряжения. Механизм конфигурационного взаимодей. иллюстрируется рассмотрением  $\text{CH}$ -фрагмента (рис. 5). Когда на  $p$ -орбиталях появляется неспаренный электрон, его магн. поле взаимодей. с парой электронов  $\sigma$ -связи  $\text{C}-\text{H}$  так, что происходит их частичное распаривание (спиновая поляризация), в результате чего на протоне появляется отрицат. спиновая плотность, поскольку энергии взаимодей. спинов  $\alpha\alpha$  и  $\alpha\beta$  различны. Состояние, указанное на рис. 5,  $a$ ,

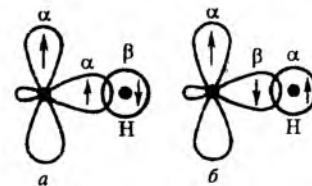


Рис. 5. Возможные спиновые конфигурации для  $\sigma$ -орбитали, связывающей атом водорода во фрагменте  $\text{C}-\text{H}$ , и  $p$ -орбитали атома углерода со спином  $\alpha$ ;  $a$  – спины на связывающей  $\sigma$ -орбиталях и  $p$ -орбиталях атома углерода параллельны,  $b$  – те же спины антипараллельны.

более устойчиво, т. к. для углеродного атома, несущего неспаренный электрон, в соответствии с правилом Хунда реализуется макс. мультиплетность. Для систем этого типа существует связь между константой СТВ с протоном и спиновой плотностью на соответствующем углеродном атоме, определяемая соотношением Мак-Коннела:  $a_H = Q\rho_C$ , где  $Q = -28 \cdot 10^{-4}$  Тл,  $\rho_C$  – спиновая плотность на атоме углерода. Спиновый перенос по механизму конфигурационного взаимодействия реализуется для ароматич. протонов и  $\alpha$ -протонов в орг. своб. радикалах.

Эффект сверхсопряжения заключается в непосредственном перекрытии орбиталей неспаренного электрона и магн. ядер. В частности, в алкильных радикалах СТВ по этому механизму возникает на ядрах  $\beta$ -протонов. Напр., в этильном радикале на  $\alpha$ -протонах СТВ определяется конфигурационным взаимодействием, а на  $\beta$ -протонах – сверхсопряжением. Эквивалентность СТВ с тремя протонами метильной группы в рассматриваемом случае обусловлена быстрым вращением группы  $CH_3$  относительно связи C—C. В отсутствие своб. вращения (или в случае затрудненного вращения), что реализуется в жидкой фазе для мн. систем с разветвленными алкильными заместителями или в монокристаллич. образцах, константа СТВ с  $\beta$ -протонами определяется выражением  $a_H = B_0 + B_2 \cos^2 \theta$ , где  $\theta$  – двугранный угол между  $2p_z$ -орбиталью  $\alpha$ -углеродного атома и связью  $CH$ ,  $B_0 \approx 4 \cdot 10^{-4}$  Тл определяет вклад спиновой поляризации по ядерному остову (конфигурационное взаимодействие),  $B_2 \approx 45 \cdot 10^{-4}$  Тл. В пределе быстрого вращения  $a_H = 2,65 \cdot 10^{-3}$  Тл.

В спектроскопии ЭПР триплетных состояний ( $S=1$ ) помимо электрон-ядерных взаимодействий (СТВ) необходимо учитывать взаимодействие неспаренных электронов друг с другом. Оно определяется диполь-дипольным взаимодействием, усредняемым до нуля в жидкой фазе и описываемым параметрами нулевого расщепления  $D$  и  $E$ , зависящими от расстояния между неспаренными электронами (см. *Радикальные пары*), а также обменным взаимодействием (изотропным), обусловленным непосредственным перекрытием орбиталей неспаренных электронов (спиновый обмен), к-рое описывается обменным интегралом  $J_{обм}$ . Для бирадикалов, в к-рых каждый из радикальных центров имеет одно магн. ядро с константой СТВ на этом ядре  $a$ , в случае быстрого (сильного) обмена  $J_{обм} \gg a$ , и каждый неспаренный электрон бирадикальной системы взаимодействует с магн. ядрами обоих радикальных центров. При слабом обмене ( $J_{обм} \ll a$ ) регистрируются спектры ЭПР каждого радикального центра независимо, т. е. фиксируется «монорадикальная» картина. Зависимость  $J_{обм}$  от  $r$ -ры и  $r$ -рителя позволяет получить динамич. характеристики бирадикальной системы (частоту и энергетич. барьер спинового обмена).

**Техника эксперимента.** В спектроскопии ЭПР используют радиоспектрометры, принципиальная блок-схема к-рых представлена на рис. 6. В серийных приборах частота электромагн. излучения задается постоянной, а условие резонанса достигается путем изменения напряженности магн. поля. Большинство спектрометров работает на частоте  $\nu$  9000 МГц, длина волны 3,2 см, магн. индукция 0,3 Тл. Электромагн. излучение сверхвысокой частоты (СВЧ) от источника К по волноводам В поступает в объемный резонатор Р, содержа-

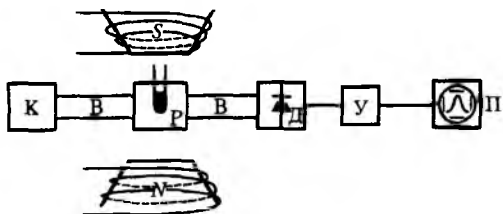


Рис. 6. Блок-схема спектрометра ЭПР. К – источник СВЧ излучения, В – волноводы, Р – объемный резонатор, Д – детектор СВЧ излучения, У – усилитель, NS – электромагнит, П – регистрирующее устройство.

щий исследуемый образец и помещенный между полюсами электромагнита NS. В условиях резонанса СВЧ излучение поглощается спиновой системой. Модулированное поглощение СВЧ излучение по волноводу (В) поступает на детектор Д. После детектирования сигнал усиливается на усилителе У и подается на регистрирующее устройство П. В этих условиях регистрируется и интегральная линия поглощения ЭПР. Для повышения чувствительности и разрешения спектрометров ЭПР используют высокочастотную (ВЧ) модуляцию (обычно 100 кГц) внешнего магн. поля, осуществляемую с помощью модуляционных катушек. ВЧ модуляция и спец. фазочувствит. детектирование преобразуют сигнал ЭПР в первую производную кривой поглощения, в виде к-рой и происходит регистрация спектров ЭПР в большинстве серийных спектрометров. В нек-рых спец. случаях используют спектрометры, работающие в диапазоне длин волн 8 мм и 2 мм, что позволяет существенно улучшить разрешение по  $g$ -фактору (своб. радикалы, парамагн. ионы).

Чувствительность совр. спектрометров достигает  $10^{-9}$  М ( $10^{11}$  частиц в образце) при оптимальных условиях регистрации и ширине линии  $10^{-4}$  Тл. Важной характеристикой является временная шкала метода, определяемая частотой СВЧ излучения, подающегося на образец ( $\nu = 10^{10}$  с), что позволяет исследовать динамику в спиновых системах в диапазоне частот  $10^6$ – $10^{10}$  с $^{-1}$ .

**Применение.** Методом ЭПР можно определять концентрацию и идентифицировать парамагн. частицы в любом агрегатном состоянии, что незаменимо для исследования кинетики и механизма процессов, происходящих с их участием. Спектроскопия ЭПР применяется в радиационной химии, фотохимии, катализе, в изучении процессов окисления и горения, строения и реакционной способности орг. своб. радикалов и ион-радикалов, полимерных систем с сопряженными связями. Методом ЭПР решается широкий круг структурно-динамич. задач. Детальное исследование спектров ЭПР парамагн. ионов  $d$ - и  $f$ -элементов позволяет определить валентное состояние иона, найти симметрию кристаллич. поля, количественно изучать кинетику и термодинамику многоступенчатых процессов комплексобразования ионов. Динамич. эффекты в спектрах ЭПР, проявляющиеся в специфич. уширении отдельных компонент СТС, обусловленном модуляцией величины констант СТВ за счет внутри- и межмолекулярных процессов, позволяют исследовать эти р-ции, напр. электронный обмен между ион-радикалами и исходными молекулами типа  $A^+ + A \rightleftharpoons A + A^+$ , лигандный обмен типа  $LR + L' \rightleftharpoons L'R + L$ , внутримол. процессы вращения отдельных фрагментов в радикалах, конформац. выроджденные переходы, внутримол. процессы перемещения атомов или групп атомов в радикалах и т. д.

**Модификация метода.** В двойном электрон-ядерном резонансе (ДЭЯР) образец подвергается одновременному воздействию СВЧ излучения и переменного магн. поля в области частот ЯМР. При этом СВЧ излучение и постоянное магн. поле поддерживаются в условиях резонанса, а частота ЯМР, т. е. переменное магн. поле, обеспечивающее реализацию ЯМР при данном постоянном магн. поле, меняется в диапазоне, отвечающем величинам СТВ конкретной спиновой системы. При выполнении условия ядерного резонанса происходит изменение интенсивности сигнала ЭПР. Спектр ДЭЯР, т. обр., представляет собой график изменения интенсивности сигнала ЭПР в зависимости от изменения частоты ЯМР. Метод значительно упрощает спектры исследуемых объектов. Напр., если спектр ЭПР радикала  $(C_6H_5)_3C$  содержит 196 линий СТС, то в спектре ДЭЯР регистрируется три пары линий, отвечающих трем наборам протонных констант СТВ для этого радикала (*орто*-, *мета*-, *пара*-протоны трех фенильных колец).

В двойном электрон-электронном резонансе (ДЭЭР) измеряют уменьшение интенсивности одного сверхтонкого перехода при одновременном насыщении (за счет большой мощности соответствующей СВЧ частоты) второго сверхтонкого перехода, т. е. линий СТС, напр., в

спектрах, изображенных на рис. 4. Обе модификации ЭПР дают очень точные значения констант СТВ.

Метод электронного спинового эха (ЭСЭ) заключается в воздействии на спиновую систему коротких и мощных СВЧ импульсов в условиях ЭПР и наблюдение релаксации возбужденной т. обр. системы в исходное состояние. Помимо непосредственного измерения времен релаксации спиновой системы метод позволяет получать информацию о скорости медленных движений своб. радикалов (см. также *Спинового эха метод*).

Оптически детектируемый ЭПР (ОД ЭПР) дает информацию о своб. радикалах в радикальных парах, возникающих при радиационном или УФ воздействии в кристаллах и жидкой фазе. Спиновое состояние радикальной пары (синглетное или триплетное) можно изменить вынужденным путем, вызывая спиновые переходы партнеров пары под действием резонансного микроволнового поля во внешнем магн. поле. Спектр ЭПР при этом регистрируется путем изменения выхода продуктов из радикальной пары любым аналит. методом. Наиб. чувствительность получается при использовании оптич. методов, особенно по измерению люминесценции. При изменении напряженности магн. поля записываемый спектр люминесценции в точности повторяет спектр ЭПР радикалов, возникающих в радикальных парах. Чувствительность метода составляет  $10^{-10}$  частиц в образце, что позволяет получать сведения о спектрах ЭПР, строении и превращениях короткоживущих радикалов, время жизни к-рых составляет порядка  $10^{-8}$  с.

Явление ЭПР открыто Е. К. Завойским в 1944.

Лит.: Вертц Дж., Болтон Дж., Теория и практические приложения метода ЭПР, М., 1975; Landolt-Bornstein, Numerical data and functional relationships in science and technology. New series, B., v. П/1, 1965-66, П/2, 1966, П/8, 1976-80, П/10, 1979, П/11, 1981, П/12, 1984, П/17, 1987-89. А. И. Прокофьев.

**ЭЛЕКТРОНОГРАФИЯ**, метод исследования атомной структуры в-ва, гл. обр. кристаллов, основанный на дифракции электронов (см. *Дифракционные методы*). Существует неск. вариантов метода. Основным является Э. на просвет, при этом используют дифракцию электронов высоких энергий (50-300 кэВ, что соответствует длине волны ок.  $5 \cdot 10^{-3}$  нм).

Э. проводят в спец. приборах - электронографах, в к-рых поддерживается вакуум  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  Па, время экспозиции ок. 1 с, или в трансмиссионных электронных микроскопах (см. *Электронная микроскопия*). Образцы для исследований готовят в виде тонких пленок толщиной 10-50 нм, осаждая кристаллич. в-во из р-ров или суспензий, либо получая пленки вакуумным распылением. Образцы представляют собой мозаичный монокристалл, текстуру или поликристалл.

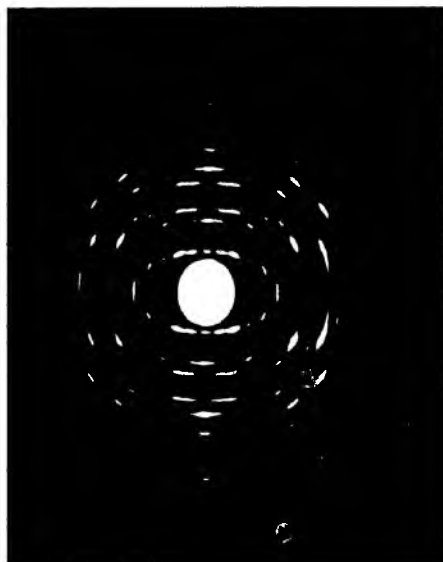


Рис. 1. Электронограмма от текстуры  $In_2Se_3$ .

Дифракционная картина - электронограмма - возникает в результате прохождения начального монохроматич. пучка электронов через образец и представляет собой совокупность упорядоченно расположенных дифракц. пятен - рефлексов (рис. 1), к-рые определяются расположением атомов в исследуемом объекте. Рефлексы характеризуются межплоскостными расстояниями  $d_{hkl}$  в кристалле и интенсивностью  $I_{hkl}$ . Где  $h, k$  и  $l$  - миллеровские индексы (см. *Кристаллы*). По величинам и по расположению рефлексов определяют элементарную ячейку кристалла; используя также данные по интенсивности рефлексов, можно определить атомную структуру кристалла. Методы расчета атомной структуры в Э. близки к применяемым в *рентгеновском структурном анализе*. Расчеты, обычно проводимые на ЭВМ, позволяют установить координаты атомов, расстояния между ними и т. д. (рис. 2).

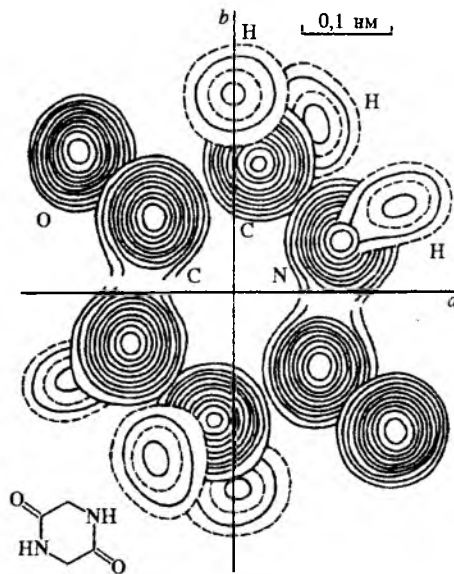


Рис. 2. Кристаллическая структура 2,5-дикетопиперазина, рассчитанная с помощью ЭВМ. Сгущение линий соответствует положениям атомов С, N, O и Н.

Электронографически можно проводить фазовый анализ в-ва (в этом случае совокупность значений  $I_{hkl}$  и  $d_{hkl}$  сравнивают с имеющимися базами данных), можно изучать фазовые переходы в образцах и устанавливать геом. соотношения между возникающими фазами, исследовать полиморфизм и политипию. Методом Э. исследованы структуры ионных кристаллов, кристаллогидратов, оксидов, карбидов и нитридов металлов, полупроводниковых соединений, орг. в-в, полимеров, белков, разл. минералов (в частности, слоистых силикатов) и др. Э. часто комбинируют с электронной микроскопией высокого разрешения, позволяющей получать прямое изображение атомной решетки кристалла.

При изучении массивных образцов используют дифракцию электронов на отражение, когда падающий пучок как бы скользит по пов-сти образца, проникая на глубину 5-50 нм. Дифракц. картина в этом случае отражает структуру пов-сти. При этом можно изучать явления адсорбции посторонних атомов, эпитаксию, процессы окисления и т. п. Если кристалл обладает атомной структурой, близкой к идеальной, и дифракция на просвет или на отражение происходит на глубине ~ 50 нм или более, то получается дифракционная картина с т. наз. линиями Кикучи, на основании к-рой можно делать выводы о совершенстве структуры.

В Э. электронов низких энергий (10-300 эВ) электроны проникают на глубину всего в 1-2 атомных слоя. По интенсивности отраженных пучков можно установить строение поверхностной атомной решетки кристаллов. Этим методом установлено отличие поверхностной структуры кристаллов

Ge, Si, GaAs, Mo, Au и мн. др. от внутр. структуры, т.е. наличие поверхностной сверхструктуры. Так, напр., для Si на грани (111) образуется структура, обозначаемая  $7 \times 7$ , т.е. период поверхностной решетки в этом случае превышает период внутр. атомной структуры в 7 раз, в др. кристаллах образуются поверхностные решетки  $2 \times 2$ ,  $2 \times 4$ ,  $4 \times 4$  и т.п.

В Э. при дифракции в электронном микроскопе применяют др. спец. методы, напр. метод сходящегося пучка и нанодифракции тонкого луча. В первом случае получают дифракц. картины, по к-рым можно определять симметрию (пространств. группу) исследуемого кристалла. Второй метод дает возможность изучать мельчайшие кристаллы с попеременно в неск. нм. Известна также Э. молекул в газах, к-рая позволяет устанавливать строение свободных молекул орг. и неорг. в-в, молекул в парах ряда соединений, напр. галогенидов металлов.

Лит.: Вайнштейн Б. К., Структурная электронография, М., 1956; Высокоточная электронография в исследовании слоистых минералов, М., 1979; Electron diffraction technique, v. 1-2, ed. by I. M. Cowley, Oxf., 1992-93.

Б. К. Вайнштейн.

**ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ**, выделение фазы (металла, сплава, оксида и др.) на пов-сти электрода в результате протекания электрохим. р-ции. Э. металлов лежит в основе гидроэлектрометаллургии (см. *Электролиз*) и *гальванотехники*. Металлы Au, Ag, Cu, Bi, Pb, Sn, Cd, Co, Ni, Fe, Zn, Mn осаждаются из водных р-ров простых солей. Нек-рые элементы — W, Mo, P, S — м.б. выделены в виде сплавов с металлами группы железа, Al, Mg, Be, Zr и др., имеющие высокий отрицат. электродный потенциал (см. *Электрохимический ряд напряжений*), осаждаются из неводных р-ров или расплавов солей.

Э. металла происходит при более отрицат. электродном потенциале, чем его равновесный потенциал в данном р-ре (см. *Поляризация*). Выделение Ag, Pb, Cd из водных р-ров простых солей происходит при небольших значениях поляризации электрода  $\Delta E$ ; Co, Ni, Fe выделяются при высокой поляризации электрода; для Cu, Bi, Zn поляризация  $\Delta E$  имеет промежут. значение. Величина  $\Delta E$  растет с увеличением тока  $i$  через электрохим. систему. Подвод разряжающихся ионов к пов-сти катода осуществляется путем диффузии, конвекции и миграции. Ток  $i_d$  при к-ром скорость разряда ионов сравнивается со скоростью их доставки к пов-сти катода путем диффузии, наз. предельным *диффузионным током*. Дальнейший рост тока становится возможным при возрастании потенциала электрода до значений, достаточных для протекания новой электрохим. р-ции (выделения  $H_2$  или др. металлов). В режиме предельного диффузионного тока на катоде наблюдается рост дендритов и порошкообразных отложений, при более низких токах осаждаются плотные металлич. слои.

При содержании в р-ре ионов неск. металлов и достижении потенциала их совместного разряда на катоде образуется осадок сплава. Для получения компактных слоев сплавов стремятся сблизить потенциалы разряда ионов, изменяя активность разряжающихся ионов (напр., путем подбора соответствующих лигандов) или избират. торможением разряда более электроположит. металла (напр., введением в р-р ПАВ). Наиб. часто встречающийся случай совместного разряда ионов — выделение металла и  $H_2$ .

Кол-во электричества, затраченное на выделение металла, отнесенное к общему кол-ву пропущенного электричества, наз. выходом металла по току. Выделяющийся  $H_2$  может включаться в материал катода и растущий осадок, ухудшая их физ.-мех. св-ва. Особенно сильное воздействие водород оказывает на высокопрочные стали, вызывая развитие трещин, — т. наз. водородное охрупчивание. Для устранения охрупчивания после нанесения покрытия изделия прогревают до восстановления исходных мех. св-в.

Согласно закону Фарадея, кол-во выделяющегося металла на единице площади пов-сти за единицу времени пропорционально току, поэтому распределение тока по пов-сти электрода важно для получения равномерных по толщине покрытий, особенно на сложно профилир. изделиях. Распределение тока зависит от электрохим. поляризуемости  $dE/di$ , омич.

сопротивления р-ра, соосаждения примесей и локального выхода металла по току.

Морфология пов-сти электроосажденных слоев и их структура определяются плотностью тока, т-рой, интенсивностью перемешивания р-ра, концентрацией компонентов, присутствием в р-ре ПАВ или др. примесей. Повышение т-ры, интенсивности перемешивания или снижение плотности тока способствуют росту более крупных и совершенных кристаллов.

Э. металлов обычно протекает в неравновесных условиях и в присутствии адсорбир. компонентов р-ра. Следствием этого является отклонение физ. и мех. св-в электроосажденных металлов, особенно сплавов, от значений, характерных для равновесных условий. Осадки имеют более высокую твердость, пониженные пластичность и электропроводность, малый размер кристаллов. Плотность дислокаций достигает  $10^{11}$ – $10^{12}$  см<sup>-2</sup>, что соответствует предельным степеням деформации металла. Из-за повышенной концентрации вакансий в электроосажденных слоях наблюдается ускоренная взаимная диффузия компонентов в многослойных покрытиях. Особенно сильно отличаются от равновесных св-ва электроосажденных сплавов, для к-рых характерно образование сильно пересыщенных твердых р-ров и др. метастабильных фаз, иногда отсутствующих на диаграмме равновесия. В нек-рых случаях на катоде осаждаются аморфные системы — т. наз. металлич. стекла.

Соосаждение с металлом разл. примесей может происходить не только в результате совместного разряда ионов (напр., водорода, фосфора или серы), но и путем захвата из р-ра заряженных частиц и нейтральных молекул ПАВ. Включение в растущий осадок крупных неметаллич. частиц ( $Al_2O_3$ ,  $MoS_2$ , алмаза и др.) приводит к образованию композиц. покрытий, к-рые м.б. использованы в качестве абразивных или антифрикц. покрытий. Э. металлов и сплавов используется для придания пов-сти изделия особых физ.-мех. св-в: магнитных (изготовление магнитопроводов и магн. экранов, нанесение рабочих слоев на диски элементов памяти ЭВМ), электрических (токонесущие слои волноводов и печатных плат, элементы сопротивлений и нагревателей), высокой твердости, сопротивления износу, отражат. способности, а также для покрытия контактов с низким переходным сопротивлением. См. также *Электрокристаллизация*.

Лит.: Ротнян А. Л., Тихонов К. И., Шошина И. А., Теоретическая электрохимия, Л., 1981; Антропов Л. И., Теоретическая электрохимия, 4 изд., М., 1984.

Ю. М. Полукаров.

**ЭЛЕКТРООСМОС**, см. *Электрокинетические явления*.

**ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ**, величина, характеризующая способность атома к поляризации ковалентных связей. Если в двухатомной молекуле А—В образующие связь электроны притягиваются к атому В сильнее, чем к атому А, то атом В считается более электроотрицательным, чем А.

Л. Полинг предложил (1932) для количеств. характеристики Э. использовать термохим. данные об энергии связей А—А, В—В и А—В — соотв.  $E_{AA}$ ,  $E_{BB}$  и  $E_{AB}$ . Энергия гипотетической чисто ковалентной связи А—В ( $E_{ков}$ ) принимается равной среднеарифметич. или среднегеометрич. значению величин  $E_{AA}$  и  $E_{BB}$ . Если Э. атомов А и В различны, то связь А—В перестает быть чисто ковалентной и энергия связи  $E_{AB}$  станет больше  $E_{ков}$  на величину  $\Delta_{AB}$ :

$$\Delta_{AB} = E_{AB} - E_{ков}$$

Чем больше различие Э. ( $\chi$ ) атомов А и В, тем больше величина  $\Delta_{AB}$ . Используя эмпирич. ф-лу

$$0,208 \sqrt{\Delta_{AB}} = |\chi_A - \chi_B|$$

(множитель 0,208 возникает при переводе значений энергии из ккал/моль в эВ) и принимая для атома водорода произвольное значение Э.  $\chi_H$ , равное 2,1, Полинг получил удобную шкалу относит. числовых значений Э., часть к-рых приведена в табл. Наиб. электроотрицателен самый легкий из галогенов — F, наименее — тяжелые щелочные металлы.

Для количеств. описания Э., помимо термохим. данных, используют также данные о геометрии молекул (напр., метод

ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ АТОМОВ ПО ПОЛИНГУ

						H
Li	Be	B	C	N	O	2,1
1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3,0
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br
0,8	1,0	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8
Rb	Sr	In	Su	Sb	Te	I
0,8	1,0	1,7	1,8	1,9	2,1	2,5

Сандерсона), спектральные характеристики (напр., метод Горди).

Широко используют также шкалу Оллреда и Рокоу, в к-рой Э. рассчитывают по ф-ле:

$$\chi = 0,359Z^*/r^2 + 0,744,$$

где  $Z^*$  – т. наз. эффективный заряд ядра по Слэйтеру,  $r$  – атомный ковалентный радиус. Наиб. ясный физ. смысл имеет метод Малликена, к-рый определяет Э. атома как полусумму его сродства к электрону и потенциала ионизации. Получены шкалы Э. для разл. валентных состояний атомов, для ионов, молекул и групп атомов. Э., базирующиеся на методе Малликена и распространенные на широкий круг разнообразных объектов, наз. абсолютными Э. Для практич. расчетов предложены шкалы Э. Бацанова и Луо–Бенсона.

Величины Э. широко применяют в физ.-хим. исследовани-ях благодаря наличию простых эмпирич. ф-л, связывающих Э. с длиной, частотой колебаний, полярностью и др. характеристиками хим. связей. Напр., ф-ла Шомакера–Стивенсона связывает длину связи ( $r_{AB}$ ) с ковалентными радиусами атомов ( $r_A, r_B$ ) и их Э.:

$$r_{AB} = r_A + r_B - 0,09|\chi_A - \chi_B|.$$

Лит.: Бацанов С. С., Электроотрицательность элементов и химическая связь, Новосибир., 1962; Хьюн Дж., Неорганическая химия, пер. с англ., М., 1987; Филадельф Г. Г., Горбунов А. И., «Росс. хим. журнал», 1995, т. 39, № 2, с. 39–42; Pauling L., The nature of the chemical bond, 3 ed., Ithaca (N. Y.), 1960; Pearson R. G., «Inorg. Chem.», 1988, v. 27, № 4, p. 734–40; Luo Yu-Ran, Benson S. W., «Acc. Chem. Res.», 1992, v. 25, № 8, p. 375–81.

И. П. Ромм.

**ЭЛЕКТРОПЕРЕНОС** (электродиффузия), передвижение компонентов металлич. расплавов (напр., компонентов жидких сплавов Na–K, Hg–Cd, Ga–Bi) при пропускании постоянного электрич. тока. Наблюдается также в твердых в-вах, только в этих случаях Э. происходит значительно медленнее. Известен Э. изотопов в металлах (эффект Хейфнера, открыт в 1953); обычно легкий изотоп мигрирует к аноду. До сих пор Э. мало изучен.

Э. фактически проявляется только в движении примесей, если концентрация их невелика. Характеризуется Э. электр. подвижностью  $u_i$  ионов  $i$ -го компонента, равной скорости упорядоченного движения при напряженности поля 1 В/см, и зависит от эффективного заряда  $z_i^*$ . Эти величины связаны ур-нием Эйнштейна:

$$u_i = z_i^* e D_0 / kT,$$

где  $D_0$  – коэф. молекулярной диффузии,  $e$  – элементарный электр. заряд,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – абс. т-ра.

При достаточно длит. пропускании тока Э. уравновешивается обратной диффузией и конвекцией и достигается стационарное (неизменное во времени) распределение концентраций  $c_i$ -го компонента в образце, определяемое соотношением:

$$c_2 = c_1 \exp(u_i \Delta \Psi / D_{эф}),$$

где  $c_1$  и  $c_2$  – концентрация  $i$ -го компонента в точках 1 и 2,  $\Delta \Psi$  – разность электр. потенциалов между точками 1 и 2,  $D_{эф}$  – эффективный коэф. диффузии. При высоких значениях  $\Delta \Psi$  /  $D_{эф}$  степень разделения компонентов при Э. весьма велика (составляет  $10^3$  и более). Порядок величин  $u_i$  ионов в жидких металлах и в р-рах электролитов близок и составляет  $10^{-3}$ – $10^{-4}$  см<sup>2</sup>/(В·с).

Одним из факторов, определяющих Э., является электронный ветер – увлечение ионов и атомов компонентов потоком электронов проводимости. Для разб. бинарного р-ра справедливо ур-ние:

$$z_2^* = z_2 - z_1 \sigma_2 / \sigma_1,$$

где  $z_1$  и  $z_2$  – истинные заряды ионов основного компонента и примеси,  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  – сечения рассеяния ими электронов,  $z_2^*$  – эффективный заряд примеси. Действующая на ион результирующая сила  $F_2$  равна разности электростатич. силы и силы электронного ветра:

$$F_2 = (z_2 - z_{2эф}^*) e E,$$

где  $z_{2эф}^* = z_1 \sigma_2 / \sigma_1$  – эффективный заряд, обусловленный электронным ветром,  $E$  – напряженность электр. поля. Если  $\sigma_2 / \sigma_1 \gg 1$ , что наблюдается, напр., для большинства примесей в жидких щелочных металлах и в Ga, вклад  $z_{2эф}^*$  намного превышает вклад собственного заряда примесного иона. В таких случаях Э. под действием электронного ветра значительно эффективнее, чем под действием электростатич. силы, но осуществляется не к катоду, а к аноду. Так, для Bi в Ga при 200 °C  $z_2^* = -5,5$ , а в щелочных металлах его  $z_2^*$  может достигать –80 единиц заряда электрона.

В общем случае эффективные заряды компонентов зависят от состава расплава и т-ры. При изменении концентраций компонентов бинарного расплава иногда наблюдается инверсия Э. Так, в сплаве Na–K при содержании Na более 48% по массе Na движется к аноду, K – к катоду. При меньшем содержании Na направления движения компонентов меняются. Т-ра обычно слабо влияет на эффективные заряды.

Известен также дырочный ветер – увлечение ионов и атомов дырками (вакансиями в зоне электронов проводимости).

В твердых металлах, в отличие от жидких, Э. в осн. подвергаются ионы и атомы в активир. состоянии. Известен также Э. (самоперенос) в твердых чистых металлах – направленное движение ионов при пропускании через металл постоянного тока.

Э. используют в полупром. масштабах для глубокой очистки металлов (Ga, In, P3Э) в жидкой фазе. Для P3Э Э. в твердом состоянии – осн. метод очистки, т. к. P3Э реагируют со всеми газами, кроме благородных, и здесь недоступны традиц. методы очистки, особенно от примесей кислорода, азота и углерода. Э. применяют для выращивания монокристаллов и эпитаксиальных слоев полупроводниковых соед., напр. GaAs (электроэпитаксия). Э. в твердой фазе – одна из причин отказов полупроводниковых приборов и электронных устройств, работающих при высоких плотностях тока. Изучение закономерностей Э. позволяет сильно увеличить срок службы этих приборов. В области Э. можно ожидать новых открытий, особенно в случаях Э. на границе твердых и жидких фаз, при фазовых переходах. Об этом свидетельствует факт аномально высокой подвижности примесей при зонной плавке и резании металлов (эффект Бобровского).

Явление Э. открыл М. Жирардин в 1861.

Лит.: Фикс В. Б., Ионная проводимость в металлах и полупроводниках, М., 1969; Бобровский В. А., Электродиффузионный износ инструмента, М., 1970; Белащенко Д. К., Исследование расплавов методом электропереноса, М., 1974; Михайлов В. А., Богданова Д. Д., Электроперенос в жидких металлах, Новосибир., 1978; Кузьменко П. П., Электроперенос, термомперенос и диффузия в металлах, К., 1983; Фикс В. Б., «Природа», 1986, № 6, с. 88–97; Fort D., «J. less-common metals», 1987, v. 134, p. 45–65.

С. И. Дракин, В. А. Михайлов.

**ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ**, физ.-хим. явления, обусловленные пространств. разделением зарядов разного знака на границе раздела фаз и приводящие к образованию на пов-сти раздела двойного электр. слоя и межфазного скачка потенциала; один из типов *поверхностных явлений* в коллоидной химии.

К Э. я. относятся: *электрокатиллярные явления*, связанные с влиянием электр. потенциала на работу образования пов-сти; *электрокинетические явления* (*электрофорез, электроосмос*, потенциалы течения, потенциалы оседания); *электромембранные явления*, вызванные наличием скачка потенциала в поверхностных слоях биол. или искусств. мембран и



выражающиеся в транспорте электронов (ионов) через (или вдоль) мембраны (напр., в процессе окислительного фосфорилирования при клеточном дыхании). Специфика Э. я. в сравнении с др. типами поверхностных явлений обусловлена дальнедействующим характером электростатич. (кулоновских) взаимод. ионов с возникающими вследствие этого диффузным распределением ионов вблизи границы раздела фаз. Поэтому наблюдается сильная зависимость Э. я. не только от скачка потенциала, но и от концентрации компонента и состава фаз.

Э. я. играют огромную роль в прир. явлениях, жизнедеятельности организмов; широко используются в технол. процессах. Так, Э. я. лежат в основе процессов минералообразования и разрушения горных пород, атм. явлений (напр., грозových разрядов), переноса энергии к клеткам организмов, передачи нервных импульсов, функционирования зрения, определяют процессы загрязнения окружающей среды разл. в-вами и др. В технике Э. я. используются при обработке металлов и сплавов, проведении сорбционных и ионообменных процессов, в катализе, электрокатализе и др.

Лит.: Шукин Е. Д., Перлов А. В., Амелина Е. А., Колпацкая химия, М., 1992; Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Электрохимия, М., 1987. См. также лит. при ст. Поверхностные явления. О. А. Петрий.

**ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИТОВ**, способность электролитов проводить электрич. ток при приложении электрич. напряжения. Носителями тока являются положительно и отрицательно заряженные ионы – катионы и анионы, к-рые существуют в р-ре вследствие электролитич. диссоциации. Ионная Э. э., в отличие от электронной, характерной для металлов, сопровождается переносом в-ва к электродам с образованием вблизи них новых хим. соед. (см. *Электролиз*). Общая (суммарная) проводимость состоит из проводимости катионов и анионов, к-рые под действием внешнего электрич. поля движутся в противоположных направлениях. Доля общего кол-ва электричества, переносимого отд. ионами, наз. числами переноса, сумма к-рых для всех видов ионов, участвующих в переносе, равна единице.

Количественно Э. э. характеризуют эквивалентной электропроводностью  $\lambda$  – проводящей способностью всех ионов, образующихся в 1 грамм-эквиваленте электролита. Величина  $\lambda$  связана с уд. электропроводностью  $\sigma$  соотношением:

$$\lambda = 1000\sigma/c, \quad (1)$$

где  $c$  – концентрация р-ра в г-эquiv/л. Эквивалентная электропроводность зависит от природы растворенного в-ва и р-рителя, структуры р-ра, а также от концентрации, т-ры, давления. Предельно разбавленному р-ру, в к-ром все молекулы диссоциированы на ионы, соответствует предельное значение  $\lambda_{\infty}$ . В соответствии с *Кольрауша законом*  $\lambda_{\infty}$  равна сумме эквивалентных электропроводностей катионов и анионов. Эквивалентная электропроводность отд. иона пропорциональна скорости его движения в р-ре и характеризует подвижность иона в р-ре.

Описание концентрац. зависимости  $\lambda$ , как и других св-в р-ров электролитов (см. *Растворы электролитов*), обычно базируется на ионном подходе, в рамках к-рого р-ритель рассматривается как бесструктурная диэлектрич. среда, в к-рой ионы движутся в соответствии с законами гидродинамики и характером межмолекулярного взаимодействия. Простейшей моделью является модель заряженных твердых сфер, движущихся в вязком р-рителе под влиянием силы, обусловленной градиентом потенциала. При этом сила сопротивления движению иона в р-ре определяется ур-нием Стокса (см. *Вискозиметрия*). В рамках применимости этого ур-ния выполняется правило Вальдена–Писаржевского, в соответствии с к-рым для одного и того же электролита в любых р-рителях произведение предельного значения эквивалентной электропроводности  $\lambda_{\infty}$  на вязкость р-рителя  $\eta$  является постоянной величиной, к-рая не зависит от природы р-рителя, но является ф-цией т-ры. Сравнительно хорошо это правило выполняется только для слабо сольватир. ионов, в частности ионов, имеющих большие размеры в кристаллич. фазе. С

увеличением концентрации значение  $\lambda$  уменьшается в осн. в р-рах слабых электролитов и в области малых концентраций удовлетворительно описывается законом разведения Оствальда (см. *Электролитическая диссоциация*).

В р-рах сильных электролитов концентрац. зависимость  $\lambda$  определяется межмолекулярным взаимодействием. В области применимости *Дебая–Хюккеля теории* имеются две причины для торможения ионов вследствие межмолекулярного взаимодействия. Первая из них связана с тем, что движение иона тормозится ионной атмосферой, к-рая имеет заряд, противоположный центральному иону, и под влиянием поля движется в направлении, противоположном перемещению иона (электрофоретич. эффект). Вторая причина связана с тем, что при движении иона под действием электрич. поля его ионная атмосфера деформируется и теряет сферич. симметрию, причем большая часть заряда ионной атмосферы концентрируется позади центрального иона (релаксац. эффект). Учет обоих эффектов приводит к ур-нию Онсагера:

$$\lambda = \lambda_{\infty} - (A + B\lambda_{\infty})\sqrt{c}, \quad (2)$$

где  $A$  и  $B$  – эмпирич. постоянные, являющиеся ф-циями т-ры, вязкости и диэлектрич. проницаемости р-рителя.

Как и теория Дебая–Хюккеля, ур-ние Онсагера ограничено областью умеренно разбавленных р-ров. Для описания концентрир. р-ров возникает необходимость в учете некулоновской части межмолекулярного взаимод., в частности в учете ионных размеров. Для этой цели применяют методы кинетич. теории ионных систем. К дополнит. уменьшению  $\lambda$  приводит образование ионных ассоциатов – пар, тройников и т. п., к-рое, как и эффект неполной диссоциации, сокращает общее число своб. ионов в р-ре. Для учета этого эффекта в ур-нии Онсагера заменяют общую концентрацию ионов концентрацией своб. ионов  $\alpha c$  ( $\alpha$  – степень электролитич. диссоциации), что приводит к ур-нию Фуосса–Онсагера

$$\lambda = \alpha[\lambda_{\infty} - (A + B\lambda_{\infty})\sqrt{\alpha c}]. \quad (3)$$

В переменных электрич. полях при достаточно высокой частоте ион не уходит далеко от центра ионной атмосферы, вследствие чего она не деформируется. Обусловленный деформацией релаксац. эффект не возникает, что приводит к увеличению  $\lambda$  – т. наз. эффект Дебая–Фалькенхагена. Величина  $\lambda$  возрастает также в постоянных электрич. полях достаточно высокой напряженности ( $10^4$ – $10^5$  В/см). В этих условиях ионы движутся настолько быстро, что ионная атмосфера не успевает образоваться, вследствие чего практически отсутствуют и релаксац. и электрофоретич. эффекты. В результате  $\lambda$  стремится к предельному значению  $\lambda_{\infty}$  (т. наз. эффект Вина). В слабых электролитах эффект Вина выявляется также смещением диссоциативного равновесия в сильном электрич. поле в сторону образования ионов.

Влияние т-ры и давления на Э. э. обусловлено изменением предельного значения  $\lambda_{\infty}$  вследствие изменения структуры р-рителя и характера ион-молекулярного взаимод., изменения влияния межмолекулярного взаимод. и смещения диссоциативного равновесия. Более детальное описание механизма Э. э. в широкой области концентраций, т-р и давлений возможно в рамках ион-молекулярного подхода. При этом уд. электропроводность рассчитывают через электрич. поток  $j(t) = \sum_a z_a v_a(t)$  и автокорреляц. ф-цию  $J(t) = \langle j(t)j(0) \rangle = \langle j^2(0) \rangle$  с помощью соотношения:

$$\sigma = \frac{\rho e^2}{\mu} \int_0^{\infty} J(t) dt, \quad (4)$$

где  $\rho$  – кол-во ионов электролита в единице объема р-ра,  $e$  – элементарный электрич. заряд,  $\mu$  – приведенная масса катиона и аниона,  $z_a$  – степень окисления иона сорта  $a$ ,  $v_a(t)$  – его скорость в момент времени  $t$ .

Специфич. механизм электропроводности характерен для к-т и оснований, содержащих соотв. ионы  $H^+$  и  $OH^-$ , к-рые в водных р-рах (или других протонных р-рителях) имеют по-

движность на порядок больше остальных ионов. Для объяснения аномально высокой проводимости ионов  $H^+$  и  $OH^-$  предполагается, что под влиянием электрич. поля протоны перемещаются не только путем миграции, но и по механизму протонного обмена, включающему перенос протона в кислой среде от ионов гидроксония  $H_3O^+$  к молекуле воды, а в щелочной — от молекулы воды к иону  $OH^-$ .

Эксперим. изучение Э. э. — важное направление физико-химического анализа, поскольку зависимость Э. э. от состава р-ра позволяет судить о концентрации солей, качественный состав к-рых известен (см. также Кондуктометрия). Измерения  $\lambda$  используют для определения подвижностей ионов.

Лит.: Скорцениetti В. В., Теоретическая электрохимия, 4 изд., Л., 1974; Измайлов Н. А., Электрохимия растворов, 3 изд., М., 1976; Эрден-Груз Т., Явления переноса в водных растворах, пер. с англ., М., 1976. См. также лит. к ст. Растворы электролитов. М. Ф. Голоева.

**ЭЛЕКТРОРАФИНИРОВАНИЕ**, см. Электролиз, Электрохимия.

**ЭЛЕКТРОСИНТЕЗ** (электрохимический синтез), способ получения хим. соед. в процессе электролиза. В качестве анодов обычно используют оксиды Pb(IV), Ni, Mn(IV) и др. металлов, благородные металлы (Pt, Ir, Ru), графит и его модификации (стеклоуглерод, пирографит). Катоды чаще всего служат Pb, Hg, Cu, Zn, Ni, Fe или др. металлы. Исходное в-во растворяют в полярном р-рителе (вода, низшие алифатич. спирты, ацетонитрил, ДМФА, диоксан). Наиб. эффективны процессы Э., если молекулы исходного в-ва диссоциируют в р-ре на ионы, а также если исходное в-во — орг. соед., в молекулах к-рого имеются полярные функц. группы. Если исходное в-во не является электролитом, необходимо добавление в-ва, придающего системе электропроводящие св-ва, но не участвующего в электродном процессе (фоновый электролит). Если исходное в-во не растворяется в используемом полярном р-рителе (напр., в воде), вводят дополнит. соразритель — в-во, растворимое в воде и растворяющее исходное в-во. Этот прием часто используют при Э. орг. в-в.

Осн. характеристики пром. Э. следующие: 1) токовая нагрузка на электролизер. Для биполярных электролизеров различают линейную нагрузку  $I_L$  — ток в А, к-рый подводится к электролизеру, и эквивалентную нагрузку  $I_L \cdot n$ , где  $n$  — число электродов. Эквивалентная нагрузка определяет производительность электролизера. Макс. токовая нагрузка в пром. электролизерах редко превышает 50 кА. 2) Напряжение — разность электрич. потенциалов, прикладываемая к клеммам электролизера. Общее напряжение при Э. складывается из падения напряжения в электродах и токоподводящих шинах; теоретич. напряжения разложения для данной электрохим. системы, равного алгебраич. разности равновесных потенци-

алов анода и катода, рассчитываемых по Нернста уравнению; перенапряжения (см. Поляризация); падения напряжения из-за внутр. сопротивления электролита (гл. обр. в слое между электродами) и падения напряжения на диафрагме, разделяющей катодное и анодное пространства. 3) Плотность тока. Электродная плотность тока выражается отношением тока к площади пов-сти контакта электрода с электролитом, на к-рой происходит электродный процесс (измеряется в  $A/m^2$ ). Пром. Э. ведется при плотностях тока от 500 до 3000  $A/cm^2$ . Объемная плотность тока измеряется в А на 1 л р-ра электролита и характеризуется совершенством конструкции электролизера.

4) Выход по току (в %) характеризует долю тока, к-рая расходуется на получение целевого продукта.

5) Коэф. полезного использования электроэнергии — отношение теоретически необходимого кол-ва электроэнергии для получения единицы массы в-ва к практически затраченному, Теоретически необходимое кол-во электроэнергии  $W_0$  равно энергии, к-рую нужно затратить при протекании Э. со 100%-ным выходом по току при напряжении, равном напряжению разложения. Практически расход электроэнергии постоянного тока  $W_n$  определяется ф-лой:

$$W_n = V/K_e \eta_n$$

где  $V$  — напряжение в В,  $K_e$  — электрохим. эквивалент в  $г/(A \cdot час)$ ,  $\eta_n$  — выход по току (в %). Коэф. полезного использования электроэнергии  $\eta_n = W_0/W_n$ .

**Электролиз неорганических веществ.** Пром. получение неорг. окислителей основано гл. обр. на анодном процессе (электроокислении), катодные процессы находят ограниченное применение. Анодные процессы проводят, как правило, в бездиафрагменных электролизерах, используя в качестве катодов сталь. Для подавления нежелат. процессов восстановления в р-р добавляют дихромат натрия; образующаяся на катоде хромит-хроматная пленка предотвращает восстановит. процессы.

В пром-сти применяют Э. для получения надсерной (пероксодисерной) к-ты  $H_2S_2O_8$  и ее солей — персульфатов; способ основан на электроокислении серной к-ты и сульфатов. Надсерная к-та и нек-рые ее соли используются в произ-ве пероксида водорода. Перманганат калия  $KMnO_4$  получают электроокислением манганата  $K_2MnO_4$  или анодным растворением сплава Mn с Fe — ферромарганца. Диоксид марганца  $MnO_2$  в значит. масштабах производится электролизом сернокислых р-ров сульфата марганца  $MnSO_4$ . Путем электроокисления синтезируют кислородсодержащие соед. хлора в разл. степенях окисления и др. продукты. Техн. характеристики наиб. важных процессов неорг. Э. представлены в табл. 1.

Табл. 1.— ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСИНТЕЗА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Продукт	Исходное в-во (его содержание в р-ре, г/л)	Электроды		Условия электролиза			Выход по току, %	Расход энергии, кВт·ч/кг
		анод	катод	плотн. тока, $KA/m^2$	напряжение, В	т-ра, °С		
Гипохлорит натрия $NaClO$	$NaCl$ (50–100), $Na_2Cr_2O_7$ (4–10)	*ОРТА*	Нержавеющая сталь	2,0	1,6	15–25	До 98	—
Хлорат натрия $NaClO_3$	$NaCl$ (280), $Na_2Cr_2O_7$ (3–6)	$PbO_2$	Сталь-3**	До 3,5	—	70–80	94–96	6,0–7,3
Перхлорат натрия $NaClO_4$	$NaClO_4$ (700), $Na_2Cr_2O_7$ (5)	$PbO_2$	Нержавеющая сталь	2,5	2,1	35–60	85–97	3,3–4,2
Хлорная к-та $HClO_4$	$HCl$ (3–5), $HClO_4$ (40)	Pt	Нержавеющая сталь	2,5	8,0	–20	80–85	4,7
Пероксодисерная к-та $H_2S_2O_8$	$H_2SO_4$ (500–600)	Pt	Нержавеющая сталь	5–10	3,0–3,3	15–17	70–75	3,7–4,2
Пероксоборат $NaH_2BO_4$	Бура (40), $Na_2CO_3$ (130), $NaHCO_3$ (15–20)	Pt	Ni	5–6	4–6	10–12	55–60	—
Перманганат калия $KMnO_4$	$K_2MnO_4$ (140), $KMnO_4$ (90), $K_2CO_3$ (40)	Ni	Нержавеющая сталь	0,9	2,6–3,0	50–60	83	—
То же	$KOH$ (250)	Mn(Fe)	Нержавеющая сталь	1,5–4,5	—	15–30	50	—
Диоксид марганца $MnO_2$	$MnSO_4$ (350), $H_2SO_4$ (200)	Pb	Pb	750	2,5–3,0	20–25	90–94	—

\* Оксидный рутениево-титановый анод \*\* Содержит 0,3% углерода.

Табл. 2.- ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСИНТЕЗА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Продукт	Исходное в-во	Состав электролита (концентрация, г/л)	Электроды		Условия электролиза			Выход по току, %	Тип электролизера; материал диафрагмы
			анод	катод	плотн. тока, кА/м <sup>2</sup>	напряжение, В	т-ра, °С		
Адиондинитрил	Акрилонитрил	Соль Макки* (350)	Pb/Ag	Pb	2,5-10,0	8-15	20-30	90-93	Фильтр-прессный; сульфированный полистирол
То же	Акрилонитрил	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> (100), [(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>4</sub> N] <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (5)	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Графит	0,6	3-4	8-10	85-90	Ящичный; без диафрагмы
Тетраэтилвинилен	Этилмагнийхлорид	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl (50), (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O (400)	Pb	Сталь-3	0,3	15-30	30-40	100	Кожухотрубный; полиэтилен
Себацдиновая к-та	Монометиладипинат	CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> C(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CO <sub>2</sub> H (340), CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> C(CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CO <sub>2</sub> Na (30), CH <sub>3</sub> OH (62)	Ti/Pt	Сталь-3	4,0-6,0	12-18	60	75	Кожухотрубный; без диафрагмы
Салициловый альдегид	Салициловая к-та	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (120), H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (120), NaHSO <sub>3</sub> (3)	Pb/Ag	Cu/Ag	1,5	13-15	15	45-55	Ящичный; пористая резина
Диацетокетогулоновая к-та	Диацетонсорбоза	NaOH (30)	Ni	Нержавеющая сталь	1,0	3-6	55-70	94	Фильтр-прессный; без диафрагмы
Глюконат кальция	Глюкоза	CaCO <sub>3</sub> (50), NaBr (20)	Графит	Ni	0,5	5-8	35	80-90	Ящичный; без диафрагмы
n-Аминофенол	Нитробензол	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (300)	Pb/Ag	Монель-металл	2,0	3,8-4,6	25	73	Ящичный; керамика
Трифторуксусная к-та	Ацетилфторид	KF (50), HF (940)	Ni	Fe	4-6	0,6-0,3	5-15	85	Ящичный; без диафрагмы

\* Метилтриэтиламмониевая соль n-толуолсульфокислоты.

**Электросинтез органических веществ.** В орг. Э. различают процессы прямые и непрямые. В прямых процессах протекает обмен электронами между орг. в-вом и электродом с образованием промежут. ион-радикалов или своб. радикалов, к-рые вступают в разл. хим. процессы. На катоде орг. в-во присоединяет электроны, образуя анионы. Если в-во содержит кратную связь, последняя разрывается с образованием анион-радикалов. Эти частицы способны взаимодей. с протонами, образуя продукты гидрирования, а также димеризоваться и реагировать с нуклеоф. реагентами. Практически те же типы р-ций протекают и на аноде, только первичным процессом является отдача электронов, приводящая к возникновению катионов и катион-радикалов, к-рые взаимодей. друг с другом (димеризация), с р-рителем (анодное замещение) или с присутствующими в р-ре электрохимически неактивными в-вами (р-ции сочетания).

Молекулы орг. соед. во мн. случаях не обладают достаточной реакц. способностью и не вступают в р-ции на электродах. Э. с участием таких в-в проводят т. наз. непрямые электровосстановлением или электроокислением, осуществляемыми в объеме р-ра в присутствии катализаторов-переносчиков (медиаторов) – солей переходных металлов, кислород-содержащих анионов. Роль электролиза в данном случае сводится к регенерации на электродах хим. восстановителя или окислителя, к-рые превращают исходное в-во в целевой продукт.

Осн. процессы орг. Э. и их техн. характеристики представлены в табл. 2. Орг. Э. наиб. целесообразен для организации малотоннажных произ-в (фармацевтич. препаратов, душистых в-в, химикатов для фотографии и др.).

**Лит.:** Фиошина М. Я., Смирнова М. Г., *Электросанте окислителей и восстановителей*, 2 изд., Л., 1981; *Справочник по электрохимии*, под ред. А. М. Сухотина, Л., 1981, с. 347-404; Томиллов А. П., Смирнов В. А., Каган Е. Ш., *Электрохимические синтезы органических препаратов*, Ростов-на-Дону, 1981; Якименко Л. М., Серышев Г. А., *Электрохимический синтез неорганических соединений*, М., 1984; *Прикладная электрохимия*, под ред. А. П. Томилова, 3 изд., М., 1984; *Органическая электрохимия*, пер. с англ., кн. 1-2, М., 1988.

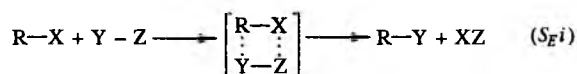
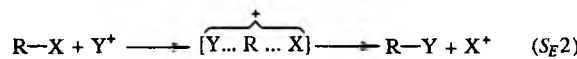
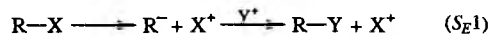
**ЭЛЕКТРОФИЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ**, гетеролитич. р-ции орг. соед. с электроф. реагентами (электрофилами, от греч. *electron* – электрон и *philéō* – люблю). К электрофилам относят ионы и молекулы, к-рые имеют достаточно низкую по энергии вакантную орбиталь (льонсовские к-ты) – H<sup>+</sup>, D<sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>, Alk<sup>+</sup>, AlAlk<sub>3</sub>, Hal<sup>+</sup>, BF<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>H<sup>+</sup>, NO<sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>+</sup> и др. – и при р-ции с субстратом акцептируют на нее оба связывающих электрона.

В основе Э. р. лежит π-электронодонорная способность олефинов, ацетиленов и ароматич. углеводородов по отношению к электрофилам, а также возможность передачи гетеро-

атомами и простыми связями С—С и С—Н своих электронных пар.

К р-циям электроф. замещения в алифатич. ряду относятся р-ции обмена металлов (гл. обр. ртути) в металлоорг. соед. на другой металл, водород или галоген; водородно-дейтериевый обмен; р-ции изомеризации и др.

Возможны три механизма р-ций: мономолекулярный S<sub>E</sub>1 и бимолекулярные S<sub>E</sub>2 и S<sub>E</sub>i:



В этих р-циях Y<sup>+</sup> – электрофил, X<sup>+</sup> – электронодефицитная уходящая группа, наз. электрофугом (от лат. *fugio* – убегаю).

При мономол. процессе S<sub>E</sub>1 происходит ионизация субстрата с образованием карбаниона (эта стадия обычно определяет скорость р-ции), а затем быстрая стадия связывания карбаниона с электрофилом. В ходе р-ции по этому механизму происходит, как правило, рацемизация, хотя в нек-рых случаях возможно сохранение или даже обращение конфигурации.

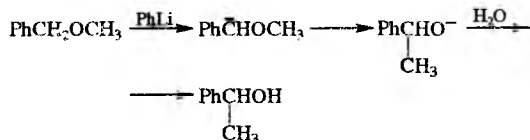
В р-циях, протекающих по механизму S<sub>E</sub>2, возможна атака электрофила со стороны уходящей группы (при этом конфигурация субстрата сохраняется) и с противоположной стороны (конфигурация обращается). В первом случае уходящая группа может отделяться одновременно с образованием новой связи (механизм S<sub>E</sub>i); в этом случае также наблюдается сохранение конфигурации.

Механизм электроф. замещения зависит от природы, субстрата и р-рителя, как и в случае нуклеоф. замещения. Повышение полярности р-рителя увеличивает возможность ионизации в р-циях, протекающих по механизму S<sub>E</sub>1, а также ускоряет р-ции типа S<sub>E</sub>2, тогда как на р-ции типа S<sub>E</sub>i влияние гораздо меньше. Большое влияние оказывает природа электрофуга: в случае карбкатионных электрофугов наблюдается механизм S<sub>E</sub>1, тогда как для металлосодержащих – S<sub>E</sub>2 или S<sub>E</sub>i.

Заместители в субстрате, обладающие отрицат. индуктивным и мезомерным эффектами, ускоряют р-ции типа S<sub>E</sub>1. Р-ции типа S<sub>E</sub>2 также ускоряются при наличии заместителей, обладающих отрицат. индуктивным эффектом, и замедляются при наличии заместителей с положит. индуктивным эффек-

том. Так, относит. скорость изотопного замещения ртути  $\text{CH}_3\text{HgX} + \text{Hg}^*\text{X}_2 \longrightarrow \text{CH}_3\text{Hg}^*\text{X} + \text{HgX}_2$  возрастает в 8 раз при переходе от  $\text{X} = \text{Br}$  к  $\text{X} = \text{I}$  и в 240 000 раз при переходе от  $\text{X} = \text{OSOCH}_3$  к  $\text{X} = \text{NO}_2$ .

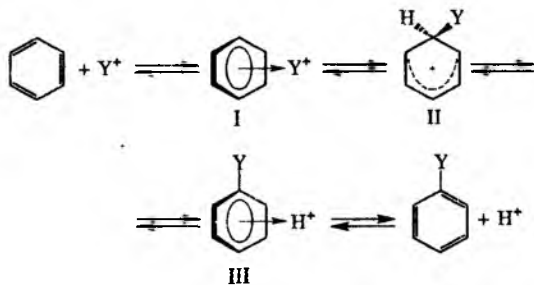
В нек-рых случаях электроф. замещение может сопровождаться перегруппировками углеродного скелета молекулы. Напр., бензиловые эфиры при действии литийорг. агентов изомеризуются в спирты (перегруппировка Виттига):



Для аммониевых солей характерна *Стивенса перегруппировка*. Описаны также электроф. перегруппировки Клайзена, Фриса и др.

Один из важнейших типов р-ций в орг. химии – электроф. замещение в ряду ароматич. соед.; последние благодаря наличию  $\pi$ -системы легко создают центры с повышенной электронной плотностью. К таким р-циям относятся нитрование, нитрозирование, ацилирование по Фриделю–Крафтсу и др.

В начальной стадии электрофил  $\text{Y}^+$  образует с ароматич. субстратом промежут. комплекс (I). Обычно считают, что для ароматич. соед., активированных электронодонорными заместителями, структура (I) соответствует  $\pi$ -комплексу, в к-ром  $\text{Y}^+$  расположен над плоскостью кольца (впервые концепция  $\pi$ -комплексов в Э. р. была выдвинута М. Дьюаром в 1946):



Образование  $\pi$ -комплекса, как правило, характеризуется очень высокими скоростями (до  $10^{10} \text{ c}^{-1}$ ). Лимитирующая стадия – формирование циклогексациденильного катиона (II), т. наз.  $\sigma$ -комплекса (комплекса Уэланда, или арениониевого иона), либо, реже, распад II через промежуточный  $\pi$ -комплекс III (см. также рис.). Образование  $\sigma$ -комплексов доказано в нек-рых газофазных р-циях электроф. замещения с помощью радиохим. методов, масс-спектрометрии и ион-циклотронного резонанса; в условиях высокого вакуума  $\sigma$ -комплексы м. б. достаточно устойчивыми. Из р-ров препаративно выделены соли ряда катионов II. При использовании высокореакционных способных реагентов лимитирующей стадией может стать стадия образования  $\pi$ -комплекса.

В р-циях электроф. замещения монозамещенных производных бензола новая группа вступает в *орто*-, *мета*- или *пара*-положение; при этом заместители либо облегчают, либо затрудняют протекание р-ции. По правилам ориентации заместители, проявляющие положит. индуктивный эффект (+I) и положит. мезомерный эффект (+M), активируют ароматич. ядро и являются *орто*- или *пара*-ориентантами. Заместители, проявляющие -I и +M-эффекты, также *орто*- или *пара*-ориентанты; однако, в случае когда индуктивный эффект больше мезомерного (напр., у  $\text{Hal}$ ), ароматич. ядро пассивируется, если же индуктивный эффект меньше мезомерного ( $\text{OR}$ ,  $\text{SR}$ ,  $\text{NR}_2$  и др.), – ядро активируется. Заместители, проявляющие -I и -M-эффекты ( $\text{CN}$ ,  $\text{NO}_2$ ), пассивируют ядро и являются *мета*-ориентантами (см. табл.). По иной классификации *орто*- и *пара*-ориентанты относят к заместителям I рода, а

*мета*-ориентанты – к заместителям II рода. Причина разл. реакц. способности *орто*-, *мета*- и *пара*-положений – изменение распределения электронной плотности в кольце под влиянием заместителей.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ В АРОМАТИЧЕСКОМ ЯДРЕ В ЭЛЕКТРОФИЛЬНЫХ РЕАКЦИЯХ

Заместители	Тип электронного эффекта	Влияние на скорость реакции	Тип ориентация
Алкилы	+I, M = 0	Ускоряют	<i>орто</i> -, <i>пара</i> -
O-, OR, NRR', C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> , CH = CH <sub>2</sub>	+M > -I	Ускоряют	<i>орто</i> -, <i>пара</i> -
Hal, (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	-I > +M	Замедляют	<i>орто</i> -, <i>пара</i> -
CH <sub>3</sub> , (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N <sup>+</sup>	-I, M = 0	Замедляют	<i>мета</i> -, <i>пара</i> -
NO <sub>2</sub> , CN, CHO, COR, COOR, CONal	-I, -M	Замедляют	<i>мета</i> -
CH <sub>2</sub> Cl, CH <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> , CH <sub>2</sub> OH	+I, -I, M = 0	Замедляют	<i>орто</i> -, <i>мета</i> -, <i>пара</i> -

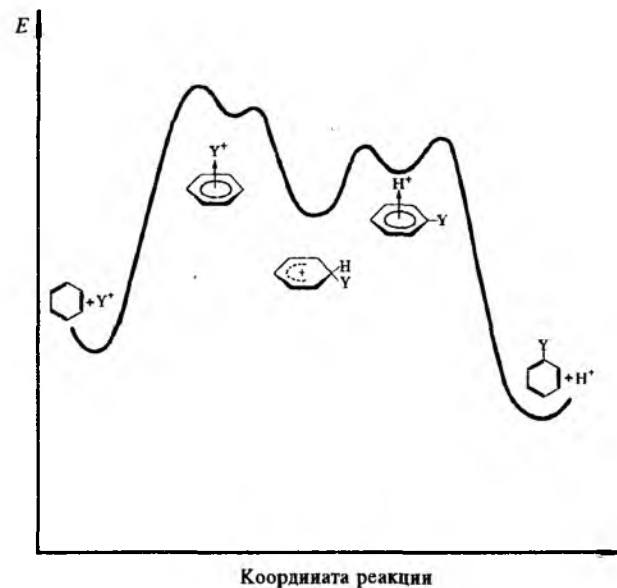
Соотношение *орто*-, *мета*- и *пара*-изомеров в продуктах р-ции зависит от природы электроф. агента. Так, при хлорировании толуола образуется до 75% *орто*-производного, а при меркурировании – до 80% *пара*-замещенного продукта.

Для количеств. характеристики ориентирующего влияния заместителей используют факторы парциальной скорости (ФПС), т. е. скорости замещения в определенное положение ароматич. ядра относительно скорости замещения в одно положение бензола. ФПС выражают через константы скорости по всем положениям для замещенного ( $k_{\text{C}_6\text{H}_5\text{X}}$ ) и незамещенного ( $k_{\text{C}_6\text{H}_6}$ ) продуктов и долю каждого изомера (z) в процентах:

$$f = \frac{6k_{\text{C}_6\text{H}_5\text{X}} \cdot z}{yk_{\text{C}_6\text{H}_6} \cdot 100}$$

где y – число эквивалентных положений (для *орто*- и *мета*-изомеров y = 2, для *пара*-изомера y = 1).

Для эксперим. определения ФПС используют конкурирующее замещение в смеси  $\text{C}_6\text{H}_6$  и  $\text{C}_6\text{H}_5\text{X}$  при действии к.-л. электрофила. Возникающая смесь продуктов анализируется с определением *орто*-, *мета*- и *пара*-замещенных типа  $\text{YC}_6\text{H}_4\text{X}$ , а также производного бензола  $\text{YC}_6\text{H}_5$ .



Схематич. изображение изменения энергии системы в р-циях электроф. замещения в ароматич. ядре.

Электроф. замещение в ароматич. ряду подчиняется ур-нию Гаммета (см. *Корреляционные соотношения*). Однако последнее неприменимо для орто-положений, поскольку не учитывает пространств. факторы. Используя электроф. константы заместителей  $\sigma_{пара}^{+}$  и  $\sigma_{мета}^{+}$ , можно вычислить парциальные скорости образования пара- и мета-изомеров:

$$\lg k = \rho\sigma^{+} + \lg k_0,$$

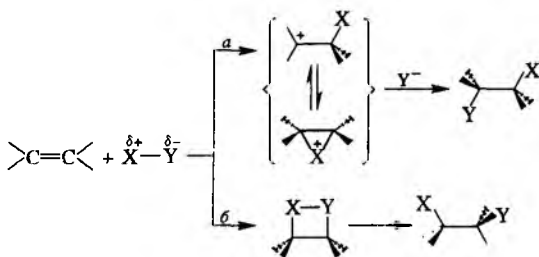
где  $k$  и  $k_0$  – константы скорости образования пара(мета)-изомера монозамещенного бензола и незамещенного бензола соответственно.

Для характеристики селективности электрофила по отношению к субстрату используют фактор селективности ( $S_f$ ), к-рый определяют по ур-нию:

$$S_f = \lg \frac{f_{пара}}{f_{мета}},$$

где  $f_{пара}$  и  $f_{мета}$  – ФПС для пара- и мета-замещения ароматич. соед. В р-циях галогенирования и ацилирования по Фриделю–Крафту проявляется высокая селективность электрофила по отношению к субстрату, протонирование и нитрование занимает промежут. положение, а алкилирование по Фриделю–Крафту малоселективно.

Весьма распространены р-ции электроф. присоединения к двойной и тройной связи C—C (AdE-реакции). Как правило, эти процессы рассматривают как двухступенчатые, на лимитирующей стадии к-рых образуется катионоидный интермедиат (ионный путь а):



В нек-рых случаях (напр., при взаимодействии олефинов с  $BR_3$ ,  $HNaI$  и др.) присоединение может осуществляться по мол. механизму (путь б).

Во мн. случаях р-ции AdE идут стереоселективно (напр., присоединение галогенов приводит к анти-аддуктам). Электроф. присоединение полярных молекул к алкенам и алкинам протекает по Марковникову правилу и Зайцева–Вагнера правилу.

Лит.: Реакционная способность и пути реакции, пер. с англ., М., 1977; Смит В. А., «Изв. Сиб. отд. АН СССР», сер. хим. н., 1980, в. 3, № 7, с. 128–38; Керн Ф., Саидберг Р., Углубленный курс органической химии, пер. с англ., М., 1981; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 314–455; Минкин В. И., Симкин Б. Я., Миняев Р. М., Квантовая химия органических соединений. Механизмы реакций, М., 1986; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 304–502; Агрономов А. Е., Избранные главы органической химии, 2 изд., М., 1990; Шабаров Ю. С., Органическая химия, т. 1–2, М., 1994. М. Е. Клецкий.

ЭЛЕКТРОФОРЕЗ, см. *Электрокинетические явления, Электромиграционные методы*.

ЭЛЕКТРОФОТОГРАФИЯ, см. *Репрография*.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА металлов от коррозии, основана на зависимости скорости коррозии от электродного потенциала металла. В общем случае эта зависимость имеет сложный характер и подробно описана в ст. *Коррозия металлов*. В принципе, металл или сплав должен эксплуатироваться в той области потенциалов, где скорость его анодного растворения меньше нек-рого конструктивно допустимого предела, к-рый определяют, исходя из срока службы оборудования или допустимого уровня загрязнения технол. среды продуктами коррозии. Кроме того, должна быть мала вероятность локальных коррозионных повреждений. Это т. наз. потенциостатич. защита.

К собственно Э. з. относят катодную защиту, при к-рой потенциал металла специально сдвигают из области активно-го растворения в более отрицат. область относительно потенциала коррозии, и анодную защиту, при к-рой электродный потенциал сдвигают в положит. область до таких значений, когда на пов-сти металла образуются пассивирующие слои (см. *Пассивность металлов*).

Катодная защита. Сдвиг потенциала металла м. б. осуществлен с помощью внеш. источника постоянного тока (станции катодной защиты) или соединением с др. металлом, более электроотрицательным по своему электродному потенциалу (т. наз. протекторный анод). При этом пов-сть защищаемого образца (детали конструкции) становится эквипотенциальной и на всех ее участках протекают только катодные процессы, а анодные, обуславливающие коррозию, перенесены на вспомогат. электроды. Если, однако, сдвиг потенциала в отрицат. сторону превысит определенное значение, возможна т. наз. перезащита, связанная с выделением водорода, изменением состава приэлектродного слоя и др. явлениями, что может привести к ускорению коррозии. Катодную защиту, как правило, совмещают с нанесением защитных покрытий; необходимо учитывать возможность отслаивания покрытия.

Катодную защиту широко применяют для защиты от морской коррозии. Гражданские суда защищают с помощью Al-, Mg- или Zn-протекторных анодов, к-рые размещают вдоль корпуса и вблизи винтов и рулей. Станции катодной защиты используют в тех случаях, когда требуется отключение защиты для устранения электр. поля корабля, при этом потенциал обычно контролируют по хлорсеребряным электродам сравнения (х. с. э.). Критерием достаточности защиты является значение потенциала  $-0,75$  В по х. с. э. или сдвиг от потенциала коррозии, составляющий  $0,3$  В (на практике обычно  $0,05-0,2$  В). Существуют автоматич. станции катодной защиты, расположенные на судне либо на берегу (при стоянке или ремонте). Аноды обычно изготовлены из платинированного титана, линейной или круглой формы, с околочисленными непроводящими экранами для улучшения распределения потенциала и плотности тока вдоль корпуса судна. Конструкция анодов обеспечивает их защиту от мех. повреждений (напр., в ледовых условиях).

Особенно важно использование катодной защиты для стационарных нефтегазопромысловых сооружений, трубопроводов и хранилищ к ним на континентальном шельфе. Подобные сооружения не могут быть введены в сухой док для восстановления защитного покрытия, поэтому Э. з. является осн. методом предотвращения коррозии. Морская нефтепромысловая вышка, как правило, снабжена в своей подводной части протекторными анодами (на одну вышку приходится до 10 т и более протекторных сплавов).

Широко распространена катодная защита подземных сооружений. Практически все магистральные и городские трубопроводы, кабели, подземные хранилища и скважины, особенно в засоленных грунтах, снабжены устройствами для катодной защиты в сочетании с защитными покрытиями. Как правило, Э. з. осуществляется от станций катодной защиты, протекторные аноды применяют лишь при отсутствии источников тока. Потенциал сооружения контролируют по сульфатно-медным электродам сравнения; ток катодной защиты периодически регулируют, исходя из потенциала защиты в разл. точках сооружения. По мере разрушения защитного покрытия ток защиты увеличивают. Протекторные аноды м. б. изготовлены из железокремниевых сплавов или графитопластов, снабжаются околочисленной засыпкой (кокс, уголь) для снижения общего сопротивления растеканию тока с анода в землю. По мере удаления анода от защищаемого сооружения увеличивают необходимое напряжение защиты (обычно до 48 В, для сильно удаленных анодов до 200 В), при этом улучшается распределение защитного тока. Для защиты разветвленных городских сетей или для совместной защиты неск. сооружений применяют глубинные аноды, расположенные под землей на глубине 50–150 м.

Важное значение имеет Э. з. подземных сооружений в поле блуждающих токов, осн. причина возникновения таких токов – работа электротранспорта, реже – заземление электрооборудования. Борьба с коррозией в этих условиях сводится к контролю потенциала и установке дренажных устройств, обеспечивающих электр. соединение источников токов утечки с защищаемым сооружением. Используют автоматич. дренажные устройства с включением и выключением в соответствии со значением защитного потенциала. Такие дренажные устройства обеспечивают надежную защиту вне зависимости от изменения знака потенциала на защищаемом сооружении.

Катодную защиту стальной арматуры в железобетоне применяют для свай, фундаментов, дорожных сооружений (в т. ч. горизонтальных покрытий) и зданий. Арматура, сваренная, как правило, в единую электр. систему, корродирует при проникновении в бетон влаги и хлоридов. Последние могут попадать в результате воздействия морской воды или использования солей-антиобледенителей дорожных сооружений, применения хлоридов для ускорения твердения бетона. Весьма эффективна санация бетона старых зданий с установкой катодной защиты. При этом устанавливают первичные аноды из кремнистого чугуна, платинированных титана или ниобия, графита, титана с металлооксидным покрытием, к-рые обеспечивают подвод тока к вторичным (распределительным) анодам (титановой сетке с металлооксидным покрытием или электропроводящим неметаллич. покрытием, титановому стержню с покрытием), расположенным вдоль всей поверхности сооружения и закрытым сверху относительно тонким слоем бетона. Потенциал арматуры регулируют, изменяя внеш. ток.

Разрабатываются способы катодной защиты кузовов транспортной техники (автомобилей). Протекторные аноды используют для защиты отд. декоративных элементов кузова, при этом электронные устройства обеспечивают постоянный или импульсный ток; аноды, наклеиваемые на кузов, изготавливают из электропроводящего полимера (напр., графитопластика, углепластика) или нержавеющей стали. Для увеличения зоны действия защиты необходимо размещать аноды в наиб. коррозионноопасных точках или использовать электропроводящую окраску.

**Анодная защита** применяется в хим. и смежных с ней отраслях пром-сти в принципиально иных условиях, чем катодная защита; оба типа Э. з. в агрессивных средах дополняют друг друга. Металл конструкции или сооружения должен иметь область пассивности с достаточно низкой скоростью растворения, к-рая лимитируется не только разрушением металла, но и возможным загрязнением среды. Широко применяют анодную защиту для оборудования, работающего в серной к-те, средах на ее основе, водных р-рах аммиака и минер. удобрений, фосфорной к-те, в целлюлозно-бумажной пром-сти и ряде отд. произ-в (напр., роданида натрия). Особенно важна анодная защита теплообменного оборудования из легир. сталей в произ-ве серной к-ты; защита холодильников со стороны к-ты позволяет повысить рабочую т-ру, интенсифицировать теплообмен, повысить эксплуат. надежность. Регулирование потенциала металла осуществляют автоматич. станциями анодной защиты (регуляторами потенциала), работающими с контролем потенциала и управляющим сигналом от электрода сравнения. Вспомогат. электроды изготавливают из высоколегир. сталей, кремнистого чугуна, платинированной латуни (бронзы) или меди. Электроды сравнения – выносные и погружные, близкие по составу к анионному составу агрессивной среды (сульфатно-ртутные, сульфатно-медные и т. п.). М. б. использованы любые электроды, имеющие в данной среде к.-л. устойчивый потенциал, напр. потенциал коррозии (электроды из чистого цинка) или потенциал электрохим. р-ции (осаждения покрытия, выделения хлора или кислорода). Зона действия защитных потенциалов зависит от области оптим. запассивованности металла и изменяется от неск. В (титановые сплавы) до неск. десятков мВ (нержавеющие стали при повышенных т-рах).

Анодная защита ванн для хим. осаждения покрытий обеспечивает защиту ванны от коррозии и случайных осадений

покрытия на стенки ванны. Возможно возникновение вторичной пассивной области потенциалов, расположенных положительнее области питтингообразования, что обеспечивает анодную защиту от *питтинговой коррозии*. Для стабилизации систем защиты применяют протекторные катоды с высоким положит. потенциалом (графитопластовые электроды), поляризация создается с помощью оксидных электродов или кислородных электродов, используемых в *топливных элементах*.

В электрохим. произ-вах для защиты оборудования от токов утечки по электролиту устанавливают дополнит. электроды, устраняющие протекание тока через защищаемую пов-сть.

*Лит.:* Красноярский В. В., Электрохимический метод защиты металлов от коррозии, М., 1961; Фрейман Л. И., Макаров В. А., Брыксин Е. И., Потенциостатические методы в коррозионных исследованиях и электрохимической защите, Л., 1972; Люблинский Е. Я., Протекторная защита морских судов и сооружений от коррозии, Л., 1979; Кузуб В. С., Анодная защита технологического оборудования, М., 1989. В. А. Макаров.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА**, раздел теоретич. электрохимии, рассматривающий закономерности, к-рым подчиняется скорость *электродных процессов*. Электр. ток, проходящий через границу электрод – ионная система, связан с протеканием электродного процесса (фарадеевский ток) и с зарядением *двойного электрического слоя* (ток заряжения). Если св-ва пов-сти электрода не изменяются во времени, протекающий через электрод ток определяется только скоростью самого электродного процесса и размерами электрода. В этих условиях плотность тока  $i$  служит мерой скорости электрохим. р-ции. Если электрод находится при равновесном потенциале  $E_p$ , ток  $i = 0$ . При пропускании через электрод электр. тока потенциал электрода отклоняется от  $E_p$  на величину  $\Delta E$ , к-рая называется *поляризацией* электрода. Для величины  $\Delta E$  часто используют термин «перенапряжение» (обозначение  $\eta$ ).

Поляризация электрода обусловлена конечной скоростью электродного процесса, а потому она является ф-цией плотности тока. Функциональная зависимость  $\Delta E$  от  $i$  (или  $i$  от  $\Delta E$ ) называется *поляризационной характеристикой* электрода. Задача Э. к. заключается в установлении общих закономерностей, к-рым подчиняются поляризационные характеристики электродов, с целью регулирования скорости электродных процессов. Решение задач Э. к. имеет большое практич. значение, поскольку уменьшение поляризации  $\Delta E$  при заданной плотности тока позволяет существенно повысить КПД использования электрохим. систем. Э. к. является теоретич. основой *электрохимической защиты* металлов от коррозии.

Поскольку электродные процессы являются гетерогенными и состоят из ряда последоват. стадий, общая поляризация  $\Delta E$  определяется совокупностью поляризаций  $\Delta E_j$ , соответствующих отд. стадиям. Стадия, дающая наиб. вклад в суммарную величину  $\Delta E$ , является лимитирующей, она определяет вид поляризац. характеристики. Чтобы определить лимитирующую стадию, сравнивают закономерности исследуемого электродного процесса с закономерностями, характерными для разл. стадий. Определение лимитирующей стадии позволяет, меняя условия, изменить скорость электродного процесса в нужном направлении.

Во всех без исключения электродных процессах имеют место стадия массопереноса реагирующих в-в (к пов-сти электрода или от его пов-сти в объем) и стадия разряда – ионизации, связанная с переходом заряженных частиц через границу раздела фаз. Но если стадия массопереноса присуща любым гетерогенным процессам, то стадия разряда – ионизации является специфич. электрохим. стадией. По этой причине оформление Э. к. в самостоят. раздел теоретич. электрохимии связывают с разработкой теории замедленного разряда, описывающей кинетич. закономерности стадии разряда – ионизации (М. Фольмер, Т. Эрдей-Груз, А. Н. Фрумкин, 1930–33). Согласно этой теории, для электродного процесса типа  $Ox +$



+  $ne^- \rightleftharpoons \text{Red}$  поляризац. характеристика описывается уравнением:

$$i = i_0 [\exp(\alpha n F \eta / RT) - \exp[-(1 - \alpha) n F \eta / RT]],$$

где  $T$  — абс. т-ра;  $F$  — число Фарадея;  $R$  — газовая постоянная;  $\alpha$  — коэф. переноса ( $0 \leq \alpha \leq 1$ );  $i_0$  — плотн. тока обмена, к-рая обусловлена константой скорости стадии разряда — ионизации, строением двойного электрич. слоя, зарядовыми числами частиц Ox и Red и их энергиями адсорбции на данном электроде. При учете стадии массопереноса уравнение принимает вид:

$$i = \frac{\exp(\alpha n F \eta / RT) - \exp[-(1 - \alpha) n F \eta / RT]}{1/i_0 + [1/i_0^{\text{Ox}}] \exp(\alpha n F \eta / RT) + [1/i_0^{\text{Red}}] \exp[-(1 - \alpha) n F \eta / RT]},$$

где  $i_0^{\text{Ox}}$  и  $i_0^{\text{Red}}$  — т. наз. предельные диффузионные токи, характеризующие максимально возможную скорость массопереноса частиц Ox и Red (см. Диффузионный ток). Эта скорость зависит от коэф. диффузии частиц, геометрии электрода и условий перемешивания р-ра. В учебных пособиях по Э. к. можно найти уравнение функциональной зависимости  $i = f(\eta)$  для мн. других случаев, когда скорость электродных процессов определяется др. стадиями — хим. превращениями реагирующих в-в в объеме р-ра и на пов-сти электрода, стадиями образования и роста зародышей новой фазы, последоват. переносом неск. электронов и др.

Для изучения Э. к. используют методы, позволяющие регистрировать зависимости  $i$  от  $\Delta E$  в разл. условиях (разновидности метода *полярографии*, метод вращающегося *дискового электрода* и др.), а также разл. релаксационные методы, основанные на анализе временных зависимостей  $i$  при заданном  $\Delta E$  (или  $\Delta E$  при заданном  $i$ ). Кроме того, для изучения кинетики и механизма сложных (многостадийных) электродных процессов применяют совокупность аналит. методов, позволяющих регистрировать возникновение и изменение во времени концентраций промежут. в-в и продуктов *электролиза* (электроаналит. методы; вращающийся дисковый электрод с кольцом; ИК и УФ спектроскопия; метод изотопных индикаторов, хроматография, ЭПР и др.). Используют также метод компьютерного моделирования, позволяющий дать оптимальное описание опытных зависимостей  $i$  от  $\Delta E$  путем подбора кинетич. параметров отд. стадий электродного процесса.

Лит.: Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Введение в электрохимическую кинетику, 2 изд., М., 1983. Б. Б. Дамаскин.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ**, группа методов, предназначенных для придания обрабатываемой металлич. детали определенной формы, заданных размеров или св-в поверхностного слоя. Осуществляется в электролитах (электролитич. ваннах, электрохим. ячейках спец. станков, установок), где обрабатываемая деталь является либо анодом (анодная обработка), либо катодом (катодная обработка), либо тем и другим попеременно. Осн. вид катодной Э. о. м. — гальваностегия (см. Гальванотехника). Анодными методами Э. о. м. являются разл. виды электрохим. травления, полирование, формообразование, размерная обработка, оксидирование и др. Во всех анодных процессах происходит либо растворение металла (локализованное в определенных местах или равномерное по всей пов-сти), либо превращение поверхностного слоя металла в оксидный или др. слой (см. Анодное травление).

Электрохим. травление (ЭХТ). Термин объединяет неск. технологий, основанных на анодном растворении металла. ЭХТ применяют для очистки пов-сти всевозможных деталей, проволоки, лент, труб от разнообразных загрязнений (оксидных, жировых и др.) в качестве предварит. обработки перед нанесением покрытий, прокаткой и др. ЭХТ для очистки от загрязнений производят в р-рах к-т, обычно содержащих разл. добавки (напр., ингибитор коррозии), в щелочных р-рах или расплавах при постоянном или переменном токе. ЭХТ подвергают практически любые металлы и сплавы. ЭХТ используют для осуществления т. наз. электрохим. фрезерования с целью получения заданного «рисунка»

на пов-сти детали локальным анодным растворением металла. Места, к-рые не должны подвергаться растворению, покрывают слоем фоторезисторного материала или спец. трафаретом. Т. обр. можно производить обработку деталей типа печатных плат, перфорирование, а также травление в декоративных целях. Анодным травлением удаляют заусенцы и скругляют острые кромки.

Важная область использования ЭХТ — развитие пов-сти (увеличение уд. площади пов-сти). Наиб. широкое пром. применение имеет травление алюминиевой фольги в хлоридных р-рах для электролитич. конденсаторов; этот процесс позволяет повысить уд. пов-сть в сотни раз и увеличить уд. емкость конденсаторов, уменьшить их размеры. Развитие пов-сти методом ЭХТ применяют для улучшения адгезии металла к стеклу или керамике в электронной технике, копировального слоя к печатным формам в полиграфии, усиления сцепления покрытия с металлом при эмалировании металлич. изделий и др. Анодным травлением снимают дефектные гальванич. покрытия с деталей с тем, чтобы вернуть их в произ-во, а также при регенерации металлич. пластин офсетных биметаллич. печатных форм.

ЭХТ применяют в практич. металловедении; широко известно анодное травление металлографич. шлифов для выявления микроструктуры сплавов. При этом травление проводят в таких условиях, когда достаточно резко проявляется различие скоростей растворения разных по хим. и фазовому составу компонентов сплава. В результате избирательного ЭХТ м. б. выявлены границы фаз, сегрегация фосфора в стали, дендритная структура титановых сплавов, сетка трещин в хромовой гальванопокрытии, оценена склонность нержавеющей стали к межкристаллитной коррозии.

Электрохим. полирование (ЭХП) заключается в преимущественном анодном растворении выступов на шероховатой пов-сти и приводит к достижению низкой шероховатости (электрохим. сглаживание) или зеркального блеска пов-сти (глянцевание). Глянцевание улучшает декоративные св-ва изделия, придает пов-сти высокую отражат. способность. ЭХП и сглаживание пов-сти применяют для повышения эксплуатац. надежности, долговечности и др. эксплуатац. св-в деталей. Положит. влияние ЭХП на изделие объясняется неск. причинами: 1) удаление дефектного (деформированного, имеющего трещины, повышенное содержание вредных элементов) поверхностного слоя, образовавшегося при мех., термич., электр. обработке изделия; 2) уменьшение шероховатости пов-сти и сглаживание профиля пов-сти; 3) образование тонкой поверхностной оксидной пленки, предохраняющей металл от коррозионного воздействия среды.

Анодное растворение в режимах ЭХП тонкого поверхностного слоя металла, загрязненного радиоактивными в-вами, — один из осн. методов радиохим. дезактивации оборудования. При ЭХП обычно удаляется слой металла от 2,5 до 80 мкм. Конечная шероховатость пов-сти определяется исходной шероховатостью, продолжительностью ЭХП, условиями проведения процесса (т-ра, плотность тока), составом электролита (р-ры щелочей, солей, но чаще всего смеси к-т). Получению высокого качества ЭХП мешают большие размеры кристаллитных зерен, неравномерная структура, наличие неметаллич. включений (напр., карбидов), глубокие следы прокатки, окаленные загрязнения, слишком высокая начальная шероховатость пов-сти.

Анодное формообразование (ЭХФ) используют для изготовления деталей с заданными формой, размерами и качеством пов-сти. При ЭХФ деталь получают в условиях, когда форма катода-инструмента копируется на аноде-заготовке. Процесс проводят в потоке электролита (обычно р-ры солей, напр.  $\text{NaNO}_3$ ) при плотностях тока в десятки  $\text{A}/\text{cm}^2$ , межэлектродном расстоянии порядка 0,1 мм. По мере растворения анода-заготовки катод с помощью спец. механизма продвигается в направлении растворения. В отличие от традиционной мех. обработки, ЭХФ характеризуется отсутствием мех. контакта между инструментом и деталью, низкими т-рой и давлением в рабочей зоне, отсутствием износа инструмента и заусенцев на обработанной детали. ЭХФ

пригодно для обработки легкодеформируемых деталей, хрупких и твердых материалов, обработки в труднодоступных местах.

Электрохим. растворением с помощью вращающегося дискового электрода или др. катода-инструмента производят разрезание заготовок из разл. металлов и сплавов, тонкостенных труб, металлич. монокристаллов, полупроводниковых материалов.

Разновидность Э.о.м. — электролитный нагрев с целью термич. или хим.-термич. обработки деталей (нагрев с последующей закалкой в электролите, науглероживание, азотирование поверхностного слоя). Этот вид обработки проводится в таком режиме, когда растворение металла крайне мало, а сильный нагрев происходит при прохождении тока через парогазовый приэлектродный слой, к-рый возникает из-за вскипания электролита около электрода при высоких значениях плотности тока и напряжения.

Электрохим. оксидирование имеет две осн. разновидности: получение барьерных тонких (толщиной до мкм) и пористых толстых (до неск. сотен мкм) анодных оксидных пленок. Барьерные пленки получают в р-рах электролитов типа  $H_2BO_3$ , не растворяющих оксиды, обычно в два этапа. На первом этапе — в гальваностатич. условиях; при этом напряжение увеличивается во времени, а толщина оксидной пленки пропорциональна прошедшему кол-ву электричества. После достижения заданного напряжения режим изменяют на вольтостатический: ток снижается во времени, диэлектрич. св-ва оксидной пленки повышаются. Одна из наиб. важных областей применения барьерных оксидных пленок — получение диэлектрич. слоя электролитич. конденсаторов.

Пористые анодные оксидные пленки выращивают в агрессивных по отношению к оксиду электролитах, напр. в 15%-ной  $H_2SO_4$ , при постоянном напряжении. Такие пленки состоят из двух слоев: тонкого барьерного и значительно более толстого пористого. Они широко применяются в качестве декоративно-защитных покрытий. Для улучшения защитных св-в после оксидирования пористые пленки подвергают операции «наполнения» («уплотнения»), чаще всего обработкой в горячей воде. Для повышения декоративных св-в пористые пленки на алюминии окрашивают в разные цвета, подвергая обработке р-рами красителей или дополнит. электрохим. обработке переменным током в электролитах, содержащих соли  $Cu$ ,  $Ni$ ,  $Sn$  (см. *Крашение оксидированного алюминия*).

Новое направление Э.о.м. — микродуговое оксидирование, т.е. формирование анодной оксидной пленки в условиях протекания электрич. микроразрядов на аноде, что расширяет возможность получения оксидных покрытий с различными полезными св-вами.

Э.о.м. применяют для маркирования изделий. Нужные знаки на металлич. пов-сти получают локальным изменением цвета в результате очень неглубокого травления (или оксидирования) либо в результате рельефного травления. Получили развитие комбинир. методы обработки, в к-рых электрохим. воздействие на металл совмещено с к.-л. другим (напр., мех., эрозийным, лазерным).

Лит.: Ямпольский А. М., Травление металлов, М., 1980; Анодные оксидные покрытия на металлах и анодная защита, 2 изд., К., 1985; Штанько В. М., Животовский Э. А., Электрохимическая обработка металлопродукции, М., 1986; Грнлихес С. Я., Электрохимическое и химическое полирование, Л., 1987; Дурадж В. Н., Парсадаиян А. С., Нагрев металлов в электрич. плазме, Кш., 1988; Давыдов А. Д., Козак Е., Высокоскоростное электрохимическое формообразование, М., 1990.

А. Д. Давыдов.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИНФОРМАЦИИ** (хемотроны), приборы и устройства автоматики, измерит. и вычислит. техники, действие к-рых основано на электрохим. процессах и явлениях. Основу действия Э.п.и. могут составлять: концентрационная поляризация электродов, электрокинетические явления, анодное растворение (или катодное электроосаждение) и др.

Рассмотрим, напр., принцип работы электрохим. датчика мех. колебаний, в основе к-рого лежит концентрационная поляризация. Датчик представляет собой электрохим. ячейку

из стекла или фторопласта, заполненную р-ром, к-рый содержит окисленную и восстановленную формы к.-л. в-ва, напр. ионы  $[I_3]^-$  (комплексный ион, состоящий из молекулы  $I_2$  и иодида) и  $I^-$ , причем концентрация восстановл. формы в 10–100 раз больше концентрации окисленной формы. Если в такую ячейку ввести два инертных электрода (напр., платиновых сетчатых), пов-сти одного из к-рых значительно меньше пов-сти другого (микроэлектрод), то величина электрич. тока через ячейку будет лимитироваться процессами массопереноса в-ва, реагирующего на микроэлектроде. Мех. колебания корпуса прибора (вдоль оси чувствительности) преобразуются в колебания электролита относительно микроэлектрода, вследствие этого ускоряются гидродинамич. перенос реагирующего в-ва к микроэлектроду и протекающая на нем р-ция. В результате дополнительно к постоянному фоновому току появляется переменная составляющая тока, к-рая и содержит информацию о внеш. мех. воздействии. Передачочные ф-ции Э.п.и., связывающие р-цию в приборе с входным сигналом, полностью определяются импедансными характеристиками, включая перекрестный импеданс (см. *Импедансный метод*).

Электрокинетич. явления использованы при создании преобразователей перепада давления, линейных и угловых ускорений. При заполнении орг. жидкостью (чаще всего ацетоном) капиллярной пористой перегородки из стекла, керамики или др. диэлектрика на пов-сти капилляров возникает *двойной электрический слой*. Диффузная часть слоя благодаря тепловому движению находится в жидкости и способна перемещаться вдоль пов-сти капилляров вместе с жидкостью. При наложении перепада давления на пористую перегородку электрич. заряд диффузной части двойного электрич. слоя в определенной степени увлекается движущейся жидкостью и ионный ток фиксируется электродами, расположенными по обе стороны пористой перегородки. Приборы, основанные на электрокинетич. явлениях, отличаются от концентрационных Э.п.и. более высоким верхним пределом частотного диапазона (500 Гц и выше), но при этом имеют и более высокое внутр. электрич. сопротивление (ок. 1 МОм).

Анодное растворение (или катодное электроосаждение) используют в ртутном кулонометре, представляющем собой прозрачный капилляр, в к-рый помещены два столбика ртути, разделенные р-ром на основе к.-л. из солей  $Hg(II)$ . При прохождении электрич. тока через кулонометр на одном из ртутных столбиков (аноде) протекает ионизация ртути, а на катоде — восстановление  $Hg(II)$  до металла. В результате объем электролита между электродами (индикатор прибора) перемещается по капилляру в сторону анода на величину, пропорциональную интегралу тока по времени протекания. Ртутные кулонометры применяют в разл. устройствах: счетчиках времени наработки, счетчиках ампер-часов, времязадающих устройствах и др. Напр., разработаны ртутные кулонометры с полным зарядом 23 Кл, диапазоном рабочих т-р от  $-30^\circ$  до  $70^\circ C$  и погрешностью интегрирования 2%. Существует водородный кулонометр, в к-ром при пропускании тока на катоде протекает разряд ионов водорода, на аноде — ионизация мол. водорода. В результате происходит перенос газообразного водорода через пористую перегородку, пропитанную серной к-той, из «анодного» отсека электродной камеры в катодный, возникает разность давлений, к-рая перемещает индикаторную жидкость в сторону анодного отсека на величину, пропорциональную кол-ву прошедшего электричества. На основе водородного кулонометра разработан счетчик ампер-часов постоянного тока для измерения кол-ва электричества при заряде и разряде аккумуляторных батарей, к-рый имеет порог преобразования 35 000 А·ч при погрешности 4%.

Разнообразные приборы для интегрирования тока, счета импульсов, временные и времязадающие устройства созданы на основе электрохим. интеграторов с дискретным считыванием информации — т. наз. дискретных интеграторов (ДИ). В простейшем случае ДИ — это герметичная ячейка, заполненная р-ром  $NaCl$ , в к-рую помещены два серебряных электрода. Один из них (электрод-склад) предварительно покрывается

тонким слоем AgCl и подключается к отрицат. полюсу источника тока, второй (рабочий электрод) – к положит. полюсу. На рабочем электроде образуется AgCl (стадия заряда ДИ), а на электроде-складе происходит восстановление AgCl до металлич. Ag. Кол-во в-ва, образовавшегося на рабочем электроде, пропорционально интегралу тока по времени протекания. Если изменить полярность тока, проходящего через ДИ, то на рабочем электроде AgCl восстанавливается до Ag, а на электроде-складе образуется AgCl (разряд ДИ). После того как AgCl на рабочем электроде полностью восстановится, напряжение на ДИ скачкообразно поднимается до 0,7–1 В. Скачок напряжения в конце разряда используется для включения разл. исполнит. устройств, прекращающих дальнейшее протекание тока через ДИ. Если разряд ДИ проводить постоянным током, время до скачкообразного подъема напряжения пропорционально кол-ву в-ва на рабочем электроде. Следовательно, кол-во электричества, поступившего на ДИ при интегрировании, можно рассчитать по интегралу времени от включения тока до конца разряда при фиксир. токе. Полный заряд ДИ может составлять 4,5 Кл; погрешность 1%, рабочий диапазон т-р от  $-40^\circ$  до  $50^\circ$  С, при габаритах: диаметр 12 мм, длина 20 мм, масса 5,3 г.

Э. п. и. применяют в качестве датчиков сейсмич. колебаний Земли, датчиков давления, градиента давления, линейных и угловых ускорений и др. мех. и акустич. величин в океанологич. исследованиях. Концентрационный электрохим. сейсмоприемник, используемый для измерения сейсмич. шумов в океане, имеет чувствительность 10 мкВ/мкм смещения грунта на частоте 0,1 Гц. Электрохим. управляемые сопротивления, оптич. модуляторы, усилители, выпрямители, реле времени, нелинейные емкости, генераторы колебаний тока и напряжения, запоминающие, интегрирующие элементы отличаются малыми габаритами, небольшой потребляемой мощностью (от  $10^{-8}$  до  $10^{-3}$  Вт), высокой чувствительностью, надежностью работы в диапазоне от  $10^{-7}$  до 10 Гц, простотой схем включения, вибро- и ударостойкостью.

Лит.: Электрохимические преобразователи информации, М., 1966; Введение в молекулярную электронику, М., 1984; Дроздов Т.А., Соловьев С.Л., «Изв. АН СССР. Физика Земли», 1990, № 8, с. 10–19.

М. А. Новицкий

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СЕНСОРЫ**, устройства, в к-рых анализ. сигнал обеспечивается протеканием электрохим. процесса. Предназначены для качеств. и количеств. анализа хим. соед. в жидких и газообразных средах. По сравнению с обычными анализ. приборами отличаются портативностью, простотой конструкции, относительно низкой стоимостью. Э. с. составляют наиб. разработанную и широко используемую группу среди устройств, в к-рых анализ. сигнал обусловлен хим. взаимодей. в анализируемой среде (см. *Сенсоры химической*). Различают потенциометрич., амперометрич., кондуктометрич., импедансометрические Э. с. Анализ. сигналами служат, соотв.: потенциал индикаторного электрода (при нулевом токе через электрохим. ячейку); ток, протекающий через ячейку при заданном значении электродного потенциала; электропроводность р-ра электролита; электрохим. импеданс системы, представляющий собой электрич. эквивалент определенного сочетания сопротивлений и емкостей в электрохим. цепи (см. *Вольтамперометрия, Импедансный метод*).

Э. с. используют пл. обр. для определения реакционноспособных (электроактивных) в-в, способных электрохимически восстанавливаться или окисляться на индикаторном электроде миниатюрной электрохим. ячейки, к-рая генерирует анализ. сигнал. В качестве индикаторных электродов служат инертные электроды (Pt, Pd, Au, Ag), химически активные (Cu, In, Sn) или модифицированные комплексными соед., а также ионселективные электроды. Электролиты м. б. жидкими (р-ры KCl,  $H_2SO_4$ , *буферные растворы*), твердыми ( $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Sb_2O_5 \cdot nH_2O$  и др.), загущенными; применяют также *полиэлектролиты*.

В совр. Э. с. чувствит. элемент (т р а н с д у с е р) по своей сути представляет гальванич. элемент, предложенный Л. Кларком (1953), в к-ром два электрода и р-р электролита

отделены от анализируемой среды полупроницаемой мембраной. Напр., в кислородном амперометрич. сенсоре (рис. 1) внутри цилиндрич. корпуса 1 расположены индикаторный электрод 2 из платины и анод 3 из хлорида серебра (он же электрод сравнения). Электролит (водный р-р KCl) заливается в резервуар 4 и образует пленку 5 толщиной ок. 10 мкм. Полимерная мембрана 6 (полиэтилен, полипропилен, фторопласт, целлофан и др.) отделяет электролит от анализируемой среды (вода, газ), из к-рой кислород диффундирует через мембрану внутрь элемента и восстанавливается на катодно-поляризованном индикаторном электроде (р-ция  $O_2 + 4e^- + 4H^+ = 2H_2O$ ). Ток восстановления определяется скоростью диффузии  $O_2$  сквозь мембрану. Скорость, в свою очередь, зависит от толщины и проницаемости мембраны. Катодная поляризация индикаторного электрода осуществляется как от постороннего источника тока, так и с помощью растворимого анода (гальванич. сенсоры). Информативным параметром является предельный диффузионный ток при постоянном потенциале индикаторного электрода. Такие Э. с. имеют, как правило, линейную зависимость электрич. сигнала от парциального давления  $O_2$  (или др. электроактивного газа), что обеспечивает более высокую точность определения по сравнению, напр., с потенциометрич. Э. с., в к-ром информативный параметр – равновесный (или квазиравновесный) электродный потенциал – имеет логарифмич. зависимость от содержания газа. Селективность Э. с. определяется выбором подходящего материала электрода и рабочей области потенциалов. При анализе смеси газов необходимо, чтобы электродим. р-ции посторонних компонентов либо не имели места на данном электроде, либо протекали в области более высоких потенциалов.

Э. с. позволяют проводить анализ газообразных и жидких сред, в т.ч. суспензий, на содержание  $O_2$ ,  $O_3$ ,  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $H_2S$ , оксидов N, C, S, причем без всякой пробоподготовки. Возможно определение концентраций, как больших (в случае выбросов, утечек загрязняющих газов и т.д.), так и малых – при контроле ПДК. Осн. эксплуат. характеристики Э. с.: диапазон концентраций, чувствительность, селективность, быстроедействие (время установления 90%-ного уровня сигнала), ресурс работы, отношение сигнал/шум. Диапазон концентраций  $H_2$  и  $O_2$  составляет от 0 до 100% по объему,  $Cl_2$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ , CO – от 0,2 до 200 мг/м<sup>3</sup> при быстроедействии от 1 до 30 с.

Отдельно выделяют Э. с. для анализа биол. сред (биосенсоры). На индикаторном электроде биосенсоров закрепляется мембрана из целлофана с иммобилизованным ферментом (глюкозооксидаза, тирозиназа, фенолоксидаза, лакказа и др.). Определяют в-ва, к-рые изменяют скорость ферментативных р-ций: субстраты, ингибиторы, сами ферменты (см. *Ферментативные методы анализа*). Биосенсоры позволяют с высокой селективностью проводить автоматизир. анализ многокомпонентных систем на глюкозу, холестерин, мочевины, мочевую к-ту, аминокислоты и др. в-ва, содержание к-рых варьирует от 0,05 мкг/мл до 1 мг/мл. Налажен пром. выпуск Э. с. для контроля содержания глюкозы в крови. Перспективна разработка иммуноэлектрохим. сенсоров, в к-рых

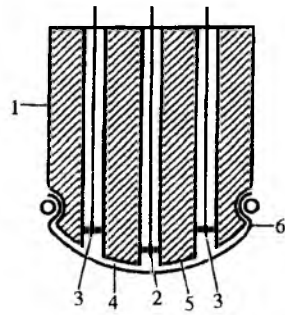


Рис. 1. Полиграфический электрохимический детектор кислорода (пояснения в тексте).

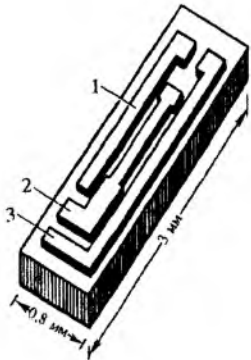


Рис. 2. Схема электрохимического сенсора, изготовленного методом фотолитографии (пояснения в тексте).

электрич. сигнал преобразуется специфич. взаимодействием антиген – антитело.

Перспективным для серийного произ-ва Э.с. считается формирование электродного узла чувствит. элемента с использованием микроэлектронных технологий. На рис. 2 показан единичный чип, полученный методом фотолитографии. На кремниевой пластине длиной 3 мм, шириной 0,8 мм и толщиной 0,38 мм размещена трехэлектродная электрохим. система: индикаторный электрод из Pt (1), вспомогат. электрод из Pt (2) и хлоросеребряный электрод сравнения (3).

Лит.: Богдановская В. А. [и др.], в кн.: Итоги науки и техники, сер. Электрохимия, т. 31, М., 1990; Тарасевич М. Р. [и др.], там же, т. 35, М., 1992.

Г. В. Жумаева.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ЦЕПИ**, системы из электродов, находящихся в одном и том же электролите либо в контактирующих друг с другом разл. электролитах. Иногда Э. ц. наз. гальванич. цепями и. Э. ц. могут быть замкнутыми или разомкнутыми; в частности, Э. ц. наз. правильно разомкнутой, если на концах разомкнутой цепи находятся одинаковые проводники.

Последовательность соединения проводников в Э. ц. изображают схемой:  $M | \text{раствор I} || \text{раствор II} | M' | M$ , где  $M$  и  $M'$  – металлы, сплошные вертикальные черточки указывают границы раздела фаз, а двойная вертикальная пунктирная черта указывает на то, что *диффузионный потенциал* между р-рами I и II отсутствует (элиминирован) (в противном случае используют одинарную пунктирную черту). Отрицат. электрод располагается слева. Разность потенциалов на концах правильно разомкнутой Э. ц. наз. *электродвижущей силой* цепи (эдс). Э. ц. строго равновесны лишь тогда, когда они не содержат границы двух электролитов и когда эдс цепи скомпенсирована разностью потенциалов от внеш. источника тока.

Э. ц. обычно различают по наличию или отсутствию в цепи границы двух разл. р-ров – соотв. цепи с переносом и цепи без переноса. Т. наз. физ. Э. ц. составлены из химически одинаковых электродов, погруженных в один и тот же электролит, но отличаются друг от друга физ. состоянием. Источником электрич. энергии служит различие в физ. состоянии электродов, а при работе цепи электрод, находящийся в менее устойчивом состоянии, переходит в более устойчивое. Выделяют аллотропич., гравитационные и термогальванические Э. ц. В аллотропич. Э. ц. электродами служат разл. аллотропич. модификации в-ва: в результате протекания тока при замыкании цепи происходит переход менее устойчивой модификации в более устойчивую. В гравитац. Э. ц. два жидких электрода имеют разную высоту, а электродные процессы при замыкании цепи приводят к переносу в-ва от электрода с более высоким уровнем к электроду с более низким уровнем и происходит выравнивание уровней. В термогальванич. цепях электрич. энергия возникает за счет переноса тепла от горячего электрода к холодному.

В т. наз. *концентрац. Э. ц.* электроды совпадают по своим физ. св-вам, хим. составу и природе протекающей на них окислит.-восстановит. р-ции, они различаются лишь термодинамич. активностями (концентрациями) окисленных и(или) восстановленных форм в-ва. Источник электрич. энергии – свободная энергия переноса в-ва от электрода, где активность этого в-ва больше. Так, в цепях из двух амальгамных электродов с разл. активностью металла в амальгаме происходит перенос металла из концентр. амальгамы в разбавленную. В *концентрац. Э. ц.*, составленной из двух одинаковых электродов, погруженных в р-ры одинаковых электролитов разл. активности, источником эдс является работа переноса электролита из концентр. р-ра в разбавленный.

В хим. Э. ц. источником электрич. энергии является свободная энергия протекающей р-ции. Так, составив Э. ц.  $M, H_2 | KOH \text{ водный} | O_2, M' | M$ , можно получить электрич. энергию за счет р-ции между  $H_2$  и  $O_2$  с образованием  $H_2O$ . Указанная цепь составляет основу водородно-кислородных *топливных элементов*. Важное значение имеет хим. цепь  $Pt | Cd(Hg) | CdSO_4 \text{ (насыщенный р-р)} | Hg_2SO_4, Hg | Pt$ , лежа-

щая в основе стандартного элемента Вестона (см. *Нормальные элементы*). К хим. Э. ц. относятся элемент Даниэля – Якоби  $Cu | Zn | ZnSO_4 : CuSO_4 | Cu$  и *Лекланше элемент*.

Большинство хим. Э. ц. – цепи с переносом, в к-рых р-ры (расплавы, твердые электролиты) соединены либо непосредственно, либо через солевой мостик. Комбинируя разл. окислит.-восстановит. полуреакции, можно построить большое число хим. Э. ц. Разность соответствующих стандартных потенциалов позволяет в первом приближении оценить эдс этих цепей. Точное значение эдс на концах цепи с переносом рассчитать не удастся из-за невозможности точного определения диффузионного потенциала и из-за того, что в ур-нии Нернста термодинамич. активности отд. ионов заменяются ср. активностями или концентрациями этих ионов.

Э. ц. составляют основу *химических источников тока*. Измерения эдс соответствующим образом подобранных Э. ц. позволяют находить коэф. активности компонентов электролитов, числа переноса ионов, произведения растворимости разл. солей, оксидов, константы равновесия ионных р-ций (константы диссоциации слабых к-т и оснований, константы устойчивости растворимых комплексов, в т. ч. ступенчатые константы). Эдс хим. Э. ц. однозначно связана с изменением свободной энергии Гиббса  $\Delta G$ : в ходе соответствующей хим. р-ции:  $E = -\Delta G/nF$  ( $n$  – число участвующих в р-ции электронов;  $F$  – число Фарадея), поэтому измерения эдс могут использоваться для расчета  $\Delta G$ , причем часто электрохим. метод определения как относительно простой и высокоточный имеет существенные преимущества перед термодинамич. методами. Применение ур-ния Гиббса-Гельмгольца к Э. ц. при постоянном давлении приводит к соотношению:

$$E = -\frac{\Delta H}{nF} + T \frac{dE}{dT} = -\frac{\Delta H}{nF} + T \frac{\Delta S}{nF}$$

где  $T$  – абс. т-ра,  $\Delta H$  и  $\Delta S$  – энтальпия и энтропия р-ции. Т. обр., температурные зависимости эдс Э. ц. позволяют найти изменения энтальпии и энтропии электрохим. системы при протекании хим. р-ции.

См. также *Электрохимическая кинетика*.

Лит.: Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Электрохимия, М., 1987; Багоцкий В. С., Основы электрохимии, М., 1988.

О. А. Петрий.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ИМПЕДАНС**, сопротивление электрохим. системы протекающему через нее переменному току. Если к системе приложено переменное напряжение, изменяющееся по гармонич. закону и имеющее малую амплитуду, то через систему идет ток синусоидальной формы, как правило, опережающий питающее напряжение по фазе. Электрич. импеданс системы  $Z$  представляет собой коэф. в алгебраич. ур-нии, связывающем ток и питающее напряжение; эта величина выражается комплексным числом.

Наиб. часто Э. и. системы моделируется пассивной электрич. цепью в виде последовательно соединенных сопротивления  $R_s$  и емкости  $C_s$ . Активное сопротивление отражает влияние электрич. сопротивления электролита, замедленность переноса заряда через границу электрод-р-р, замедленность диффузии электрохимически активных в-в. Емкостное сопротивление отражает емкость двойного электрич. слоя, диффузию присутствующих в р-ре ПАВ, их адсорбцию (десорбцию) на электроде. При этом

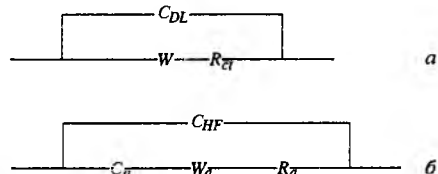
$$Z = R_s + (i\omega C_s)^{-1}$$

( $\omega$  – частота питающего напряжения;  $i$  – мнимая единица). Импеданс  $Z$  как ф-ция  $i\omega$  является дифференцируемой величиной (это означает, что сопротивление электрохим. цепи  $R_s$  и ее емкость  $C_s$  связаны между собой интегральными соотношениями Крамерса-Кронига).

Представление об импедансе как о коэф. связи между двумя величинами, гармонически изменяющимися во времени с частотой  $\omega$ , повсеместно принято в науке и технике. Одну из изменяющихся величин условно наз. входной величиной или возмущением, другую – выходной величиной или откликом. В рамках *термодинамики необратимых процессов* входные величины отождествляют, как правило, с обобщенными тер-

модинамик. силами, выходные – с термодинамич. потоками и используют соотношения взаимности Онсагера. В электрохим. системах роль обобщенной силы играет потенциал электрода, роль потока – электрич. ток (т. наз. фарадеевский и мпеданс). Существуют и другие Э. и.: фотоэлектрохимический (входная величина – световой поток, выходная – электрич. ток), метод электроотражения (входная величина – потенциал электрода, выходная – модуляция светового потока), лазерного импульса (входная величина – теплота, выходная – кол-во электричества или потенциал электрода) и др. Многочисленные релаксационные методы объединяют термином «импедансная электрохим. спектроскопия».

**Фарадеевский импеданс.** Измерения Э. и. и его зависимость от частоты переменного тока позволяют исследовать разл. св-ва электрохим. ячейки. Один из способов состоит в том, что процесс в ячейке моделируют эквивалентными электрич. схемами. Напр., протекающий на электродах окислит.-восстановит. процесс в отсутствие заметной адсорбции электрохимически активных в-в моделируется т. наз. схемой Рэндлса–Эршлера (рис. а). Чисто активное сопротивление  $R_{ct}$  описывает замедленность собственно электрохим. стадии (сопротивление переноса заряда). Если  $n$  – число участвующих в электродном процессе электронов,  $i_{0e}$  – ток обмена (см. *Ток обмена*), а площадь электрода равна единице, то  $R_{ct} = RT/nFi_{0e}$  ( $T$  – абс. т-ра;  $R$  – газовая постоянная;  $F$  – число Фарадея). Емкость двойного электрич. слоя моделируется шунтирующей емкостью  $C_{DL}$ , не зависящей от



Эквивалентные электрические схемы Рэндлса–Эршлера (а) и Фрумкина–Мелик-Гайказина (б):  $C_{DL}$  – емкость двойного электрич. слоя;  $W$  и  $W_a$  – импедансы Варбурга;  $R_{ct}$  и  $R_a$  – чисто активные сопротивления;  $C_{HF}$  – высокочастотная емкость электрода;  $C_a$  – адсорбционная емкость.

частоты тока (до частот  $\approx 10^6$  Гц). Диффузия реагирующих частиц к электроду и отвод продуктов р-ции от электрода в р-р моделируют т. наз. диффузионным импедансом, или импедансом Варбурга  $W$  – электрич. цепью со сдвигом фаз между током и напряжением в  $45^\circ$ . Если  $c_0$  – концентрация электрохимически активного в-ва в р-ре,  $D$  – коэф. диффузии, а площадь электрода равна единице, то

$$W = RT/(nF)^2 c_0 \sqrt{i\omega D}$$

В условиях присутствия в электролите ПАВ процесс в ячейке моделируется схемой Фрумкина–Мелик-Гайказина (рис. б). Адсорбционная емкость  $C_a$  дополняет высокочастотную емкость электродного процесса  $C_{HF}$ , активное сопротивление  $R_a$  описывает замедленность собственно адсорбц. процесса, импеданс Варбурга  $W_a$  отвечает диффузии ПАВ к электроду.

Если электродный процесс осложнен предшествующей или последующей хим. р-цией в приэлектродных слоях электролита, в эквивалентных схемах появляются т. наз. импеданс Гериншера. Нелинейные св-ва электрохим. системы, вызывающие появление сигналов второго порядка малости, учитываются в *фарадеевского выпрямления методе*.

Практич. измерения Э. и. осуществляют с помощью мостов переменного тока или приборов с фазочувствит. системой (см. *Импедансный метод*). Появление эксперим. техники на основе корреляционных способов обработки сигнала сделало метод Э. и. одним из наиб. точных, а широкая область возможных для применения частот (от  $10^{-3}$  до  $10^5$  Гц) придала ему необычайную гибкость.

Э. и. широко используют для изучения фундам. проблем электрохим. кинетики и термодинамики, для исследования процессов в *химических источниках тока* (в т. ч. в топливных

элементах), расплавах, твердых электролитах, электрохим. сенсорах, электрохим. преобразователях информации, при электродиффузионной диагностике гидродинамич. течений, в электроаналит. методах и во мн. смежных областях, включая биол. и мед. исследования.

*Лит.:* Дамаскин Б. Б., Принципы современных методов изучения электрохимических реакций, М., 1965; Электрохимический импеданс, М., 1991; Proceedings of the first international symposium on electrochemical impedance spectroscopy, Oxf., 1990.

Б. М. Графов.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ**, термодинамич. функция, характеризующая состояние к.-л. заряженного компонента системы в нек-рой фазе  $\alpha$  при определенных внеш. условиях. По определению, Э. п.  $i$ -го компонента ( $n_i$  – его число молей) равен:

$$\bar{\mu}_i^{(\alpha)} = (i \partial \bar{G} / \partial n_i)_{T, p, n_j, i'}$$

где  $\bar{G}$  – электрохим. энергия Гиббса (свободная энергия), учитывающая электрич. поле внутри фазы  $\alpha$ ;  $n_i$  – число молей разл. компонентов  $j$  этой фазы;  $T$  – т-ра;  $p$  – давление.

Э. п. определяют также как умноженную на число Авогадро работу переноса заряженной частицы  $i$  из бесконечно удаленной точки в вакууме в данную фазу  $\alpha$ . Формально Э. п. разбивают на два слагаемых, характеризующих хим. и электрич. составляющие такой работы:

$$\bar{\mu}_i^{(\alpha)} = \mu_i^{(\alpha)} + z_i F \phi^{(\alpha)}$$

где  $\mu_i^{(\alpha)}$  – хим. потенциал частиц  $i$  в фазе  $\alpha$ ;  $z_i$  – зарядовое число этих частиц;  $\phi^{(\alpha)}$  – внутр. потенциал фазы  $\alpha$  (см. *Межфазные скачки потенциала*);  $F$  – число Фарадея.

Э. п. входит в соотношения, выражающие условия электрохим. равновесия. Так, внутри фазы  $\alpha$  частица  $i$  не перемещается, если  $\text{grad } \bar{\mu}_i^{(\alpha)} = 0$ , а на границе раздела фаз электрохим. равновесие р-ции  $\nu_A A + \nu_B B + \nu_C C + \dots \rightleftharpoons \nu_L L + \nu_M M + \nu_N N + \dots$  определяется условием:

$$\sum_i \nu_i \bar{\mu}_i = \sum_f \nu_f \bar{\mu}_f$$

где  $\nu_i$  и  $\nu_f$  – стехиометрич. коэф., индекс  $i$  указывает исходные компоненты (A, B, C, ...), а индекс  $f$  – конечные (L, M, N, ...).

*Лит.:* Дамаскин Б. Б., Петрий О. А., Электрохимия, М., 1987. Б. Б. Дамаскин.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ**, последовательность расположения электродов в порядке возрастания их стандартных электродных потенциалов (см. *Стандартный потенциал*). Металлич. электроды в водном р-ре электролита образуют след. Э. р. н.: Li, K, Rb, Ba, Sr, Ca, Na, Cs, Mg, Be, Al, Ti, Mn, V, Zn, Cr, Ga, Fe, Cd, In, Tl, Co, Ni, Sn, Pb, H<sub>2</sub>, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, O<sub>2</sub>, Au. Для сравнения включены водородный электрод (Pt, H<sub>2</sub>[1 атм]|H<sup>+</sup>), потенциал к-рого при давлении водорода  $1,01 \cdot 10^5$  Па и термодинамич. активности  $a$  ионов H<sup>+</sup> в водном р-ре, равной 1, при всех т-рах принимается равным нулю (потенциалопределяющая р-ция H<sup>+</sup> + e  $\rightleftharpoons$   $\rightleftharpoons$  1/2 H<sub>2</sub>, где e – электрон) и кислородный электрод (потенциалопределяющая р-ция O<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O + 4e  $\rightleftharpoons$  4OH<sup>-</sup>).

Э. р. н. позволяет судить о термодинамич. возможности протекания тех или иных электродных процессов. Металл с более отрицат. потенциалом может вытеснять металл с менее отрицат. потенциалом из р-ров его солей, растворяясь при этом. Металлы, имеющие отрицат. стандартный потенциал по сравнению с водородным электродом (т. наз. электроотрицат. металлы), в р-рах с не слишком большой термодинамич. активностью ионов металла имеют более отрицат. потенциал, чем водородный электрод в сильно кислых р-рах. Поэтому при замыкании такого электрода с водородным между ними протекает ток, металл растворяется, а на водородном электроде выделяется водород (см. *Анодное растворение*). Электроотрицат. металлы термодинамически неустойчивы в водных р-рах (их наз. неблагородными металлами) и осаждаются на катоде при более отрицат.



потенциале, чем потенциал выделения  $H_2$  (см. *Электроосаждение*).

Металлы, потенциал к-рых менее положительный, чем у кислородного электрода, термодинамически неустойчивы в контакте с  $O_2$  (или воздухом) и водой. Поэтому Э. р. н. служит для ориентировочных оценок скорости электрохим. коррозии в водных р-рах при обычных т-рах, а также для выбора безопасных контактных пар (гальванич. пар) разнородных металлов. Если металл электроотрицательнее, чем  $H_2$ , то может идти активный коррозионный процесс (см. *Коррозия металлов, Коррозионностойкие материалы, Электрохимическая защита*). Практич. реализация электродных процессов определяется наряду с термодинамич. также и кинетич. факторами (см. *Электрохимическая кинетика*).

Положение в Э. р. н. металлов, образующих ионы разного заряда, зависит от природы соответствующих ионов. Аналогичные ряды напряжений можно построить для неметаллич. и редокс-электродов (окислит.-восстановительных).

О. А. Петрий.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ**, то же, что *электро-синтез*.

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ЭКВИВАЛЕНТ**, количество в-ва, претерпевшего хим. превращение на электроде при пропускании единицы кол-ва электричества при условии, что все пропущенное электричество тратится только на превращение данного в-ва. Э. э. имеет размерность мг/Кл. Т. к. согласно первому закону Фарадея при электролизе масса в-ва  $m$ , участвующего в электродном процессе, пропорциональна кол-ву пропущенного электричества  $Q$  ( $m = kQ$ ), то Э. э. численно равен коэф. пропорциональности  $k$  в ур-нии этого закона. Согласно второму закону Фарадея массы в-в, подвергающихся электролизу одним и тем же кол-вом электричества, пропорциональны их Э. э. Электрохим. эквивалент хим. элемента м. б. получен из соотношения: Э. э. =  $\Delta nA/F$ , где  $A$  – ат. м. элемента;  $\Delta n$  – изменение его степени окисления в электрохим. р-ции;  $F$  – *Фарадея постоянная*. Э. э. соединения рассчитывают по ф-ле: Э. э. =  $\Delta qM/F$ , где  $M$  – мол. м. соединения;  $\Delta q$  – число электронов, к-рое необходимо для электрохим. превращения одной молекулы этого соединения.

О. А. Петрий.

**ЭЛЕКТРОХИМИЯ**, раздел физ. химии, к-рый изучает системы, содержащие ионы (р-ры, расплавы и твердые электролиты), а также процессы и явления с участием заряженных частиц (ионов и электронов), имеющие место на границе раздела двух фаз. Обычно одной из фаз является металл или полупроводник, другая фаза – р-р или расплав электролита либо твердый электролит. Для таких двухфазных систем термин «Э.» имеет более узкий смысл как наука, изучающая взаимод. зарядов металла или полупроводника с ионами и молекулами р-ра (расплава, твердого электролита). Часто это взаимод. сопровождается возникновением в цепи электрич. тока, тогда Э. можно определить как науку, изучающую физ.-хим. процессы, к-рые сопровождаются появлением электрич. тока или, наоборот, возникают под действием электрич. тока на хим. соединения. Последнее определение широко распространено, хотя и является наиб. узким.

Первые исследования взаимосвязи электрич. и хим. явлений относятся ко 2-й пол. 18 в. Однако эти исследования носили случайный характер из-за отсутствия постоянного и достаточно мощного источника электрич. энергии. Такой источник появился лишь на рубеже 18–19 вв. в результате работ Л. Гальвани и А. Вольты, с именами к-рых обычно и связывают становление Э. В дальнейшем были разработаны более совершенные хим. источники тока, получившие назв. *гальванических элементов*. С их помощью было сделано много открытий в области физики, установлен ряд осн. законов электричества и магнетизма. После изобретения динамомашин в 60-х гг. 19 в. гальванич. элементы как источники тока потеряли свое значение; новый подъем интереса к ним начался с середины 20 в. в связи с развитием полупроводниковой радиотехники, микроэлектроники, космич. техники. В настоящее время роль автономных *химических источников тока* вновь значительно возросла.

Осн. этапы развития Э. обусловлены решением ряда проблем, связанных с созданием хим. источников тока. Одним из первых встал вопрос о механизме возникновения электрич. энергии. Согласно представлениям Вольты, эдс гальванич. элемента обусловлена контактной разностью потенциалов на границе раздела двух разл. металлов. Но поскольку при работе гальванич. элемента эта граница не претерпевает никаких изменений, теория Вольты не могла объяснить, что является источником электрич. энергии. Вольт предпологал, что гальванич. элемент представляет собой вечный двигатель (*perpetuum mobile*).

После установления закона сохранения энергии для объяснения эдс гальванич. элемента была выдвинута хим. теория, к-рая получила свое окончательное выражение в работах В. Нернста. Согласно этой теории, источником электрич. энергии в гальванич. элементе является энергия хим. р-ции, протекающей на границах раздела металлич. электрода и р-ра электролита. Термодинамич. ур-ние Гиббса – Гельмгольца позволяет связать эдс гальванич. элемента с тепловым эффектом р-ции и т-рой, а *Нернста уравнение* (1888) дает термодинамич. зависимость эдс от концентрации электролита.

Однако установление источника энергии гальванич. элемента не является еще объяснением механизма возникновения эдс. По Нернсту, разность потенциалов на границе двух разных металлов равна нулю, а эдс гальванич. цепи складывается из *межфазных скачков потенциала в двойных электрических слоях* на границах между металлич. электродом и р-ром электролита. Т. к. при *потенциале нулевого заряда* двойной электрич. слой отсутствует, из теории Нернста вытекало, что потенциалы нулевого заряда для всех металлов должны быть одинаковыми. Разработка точных методов определения потенциалов нулевого заряда позволила установить, что этот вывод теории Нернста противоречит эксперименту. Правильное решение вопроса о механизме возникновения эдс гальванич. элемента было дано лишь в 30–40-х гг. 20 в. А. Н. Фрумкин. Согласно Фрумкину, эдс гальванич. элемента выражается через контактную разность потенциалов на границе двух разл. металлов и сумму скачков потенциала в двойных электрич. слоях на границе между электродом и р-ром электролита. По существу, теория Фрумкина является синтезом представлений Вольты и Нернста.

Другая проблема, возникающая с момента создания первого гальванич. элемента, заключается в выяснении того, какое действие оказывает прохождение электрич. тока через р-ры к-т и солей. Уже первые опыты в нач. 19 в. показали, что при пропускании электрич. тока через проводники II рода (носители заряда – ионы) происходят хим. превращения с выделением продуктов р-ции на электродах, получившие назв. *электролиза*. Электролизом было осуществлено разложение воды на водород и кислород (А. Карлейль и У. Никольсон, 1800), а электролизом слегка смоченных водой твердых гидроксидов NaOH и KOH впервые получены металлич. Na и K (Г. Дэви, 1807). В 30-х гг. 19 в. благодаря работам М. Фарадея были установлены количеств. законы электролиза (см. *Фарадея законы*).

Открытие электролиза явилось мощным стимулом практич. использования Э. В 1838, работая над усовершенствованием гальванич. элемента, Б. С. Якоби открыл способ получения металлич. изделий с рельефной пов-стью при помощи электрохим. восстановления металла из его соли на катоде. Это открытие привело впоследствии к развитию *гальванотехники*. Благодаря электролизу Э. открыла принципиально новые пути проведения хим. р-ций. После создания динамомашин и получения дешевой электроэнергии появилась возможность пром. использования электролиза. В настоящее время существует мощное электрохим. произ-во, к-рое основано на электролизе воды, водных р-ров солей и орг. в-в без выделения металлов (см. *Электроосаждение*), и электрометаллургия. Путем электролиза получают  $H_2$ ,  $O_2$ , тяжелую воду,  $Cl_2$  и  $F_2$ ,  $H_2O_2$ ,  $KMnO_4$ ,  $MnO_2$ ,  $K_3Fe(CN)_6$ , персульфаты, хлораты, перхлораты, перброматы и др. соед. металлов. Примером электрохим. синтеза орг. соед. может служить электрохим. р-ция



Кольбе (см. *Кольбе реакции*), а также процессы электрогалогенирования орг. соед. Особенно перспективен электросинтез для получения фторорг. в-в, лек. препаратов, витаминов.

Электрометаллургия подразделяется на электроэкстракцию, электролитич. рафинирование и электролиз расплавов. Электроэкстракция, т. е. электролиз р-ра соли данного металла с целью его выделения, служит для получения чистых металлов (Cu, Zn, Cd, Co, Fe, Mn, Cr и др.). Содержание основного металла обычно составляет 99,5–99,9%. Электролитич. рафинирование (электрорафинирование) используется для очистки металлов, полученных при хим. восстановлении руд или концентратов в печах разл. конструкции. Оно включает *анодное растворение* загрязненного металла и одновременное отложение на катоде чистого, рафинированного металла. Нерастворимые в воде примеси оседают на дно электролитич. ванны в виде шлама. В пром. масштабах электролитич. рафинирование используется для очистки Cu, Ag, Au, Pb, Sn, Bi и Ni. Третья группа электрометаллургич. процессов связана с электролизом расплав. солей. Этим методом получают Al, Mg, Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Ba, порошки тугоплавких металлов W, Mo, V, Ti, Zr, Ta, Nb, а также чистые металлы Be, Th и U.

Изучение электролиза тесно связано с выяснением механизма *электропроводности электролитов* и расплавов. В свою очередь, механизм электропроводности опирается на теорию строения *растворов электролитов*. В 1870-х гг. использование Ф. Кольраушем постоянного и переменного тока позволило определить скорости движения отд. ионов. Было установлено, что в разб. р-рах каждый ион движется со своей скоростью, независимой от скорости другого иона, входящего в состав той же соли (см. *Кольрауша закон*). На основании теории р-ров можно было заключить, что в р-рах электролитов число частиц, находящихся в р-ре, превышает число молекул растворенного в-ва. Эти результаты легли в основу созданной С. Аррениусом (1887) теории *электролитической диссоциации*, согласно к-рой водные р-ры электролитов содержат гл. обр. свободные ионы. Существенное уточнение в теорию Аррениуса внес И. А. Каблуков, к-рый в 1891 ввел представление о *сольватации* ионов и связал, т. обр., теорию Аррениуса с хим. теорией р-ров, выдвинутой Д. И. Менделеевым в 1868. В 1920-х гг. теория Аррениуса была пересмотрена П. Дебаем и Э. Хюккелем, к-рые дополнительно учли электростатич. взаимодействие между ионами (см. *Дебая-Хюккеля теория*). На основе этой теории Л. Онсагером были развиты модельные представления об электропроводности электролитов. Совр. модельные теории строения р-ров электролитов и их электропроводности учитывают дискретный характер ионов и молекул р-рителя и используют сложный мат. аппарат хим. физики.

Углубленное изучение работы гальванич. элементов, а также электролиза поставило вопрос об определении скорости электрохим. р-ций и возможности ее регулирования путем изменения параметров состояния электрохим. системы. От решения этого вопроса существенным образом зависят затраты электрич. энергии в условиях пром. электролиза. Еще в сер. 19 в. было замечено, что для проведения электролиза с достаточно большой скоростью необходимо значительно сдвигать потенциал электрода относительно его равновесного значения. Это смещение потенциала получило назв. *поляризации* электрода или перенапряжения. Вначале поляризацию объясняли исключительно замедленностью стадии массопереноса реагирующих в-в к пов-сти электрода и продуктов р-ции от пов-сти в объем р-ра. В 1905, изучая катодное выделение газообразного водорода, к-рое сопровождалось наиб. значительным перенапряжением, Ю. Тафель установил линейное соотношение между перенапряжением и логарифмом плотности тока (см. *Табеля уравнение*). Эмпирич. ф-ла Тафеля противоречила допущению о замедленности стадии массопереноса. В 1930 М. Фольмер и Т. Эрдеи-Груза выдвинули предположение о замедленности собственно электрохим. стадии разряда ионов  $H_3O^+$  (теория замедленного разряда). Однако теория Фольмера и Эрдеи-Груза не учитывала строения границы раздела между электродом и р-ром, на к-рой обра-

зуется двойной электрич. слой, оказывающий сильное влияние на кинетику электродных процессов. По этой причине теория Фольмера и Эрдеи-Груза в ряде случаев противоречила опытным данным. В 1927–34 Фрумкин удалось совместить основные положения теории замедленного разряда с теорией двойного электрич. слоя; тем самым были заложены основы совр. *электрохимической кинетики*.

Кинетика электродных процессов влияет на *коррозию металлов*, поскольку большая часть коррозионных процессов имеет электрохим. природу. При коррозионном процессе на пов-сти металла одновременно и с одинаковой скоростью идут две электрохим. р-ции: анодное растворение металла и катодное выделение водорода (или восстановление кислорода). Скорость этих сопряженных р-ций и определяет скорость коррозии. Поэтому знание закономерностей, к-рым подчиняется скорость электродных процессов, позволяет разрабатывать эффективные методы борьбы с коррозией (см. *Защита от коррозии, Электрохимическая защита*).

Т. обр., историч. развитие Э. привело к след. разделам совр. теоретич. Э.: 1) учение о строении электролитов и их электропроводности; 2) учение об электрохим. равновесиях на границе между электродом и р-ром; 3) учение о скоростях электрохим. р-ций. В конце 20 в. сложился новый самостоят. раздел Э. — учение о мембранных процессах и равновесиях на границе двух ионных систем, в к-ром рассматриваются равновесные и неравновесные процессы, возникающие при разделении двух р-ров электролитов мембраной, избирательно пропускающей ионы. Развитие этого раздела обусловлено прежде всего тем, что многие физиол. явления в живых организмах (процессы превращения энергии, распространение нервных импульсов и др.) связаны с электрохим. св-вами мембранных систем. Помимо этого, развитие Э. мембран обусловлено широким использованием разл. типов мембран в электролизерах, в хим. источниках тока, а также в установках по очистке воды (см. *Мембранные процессы разделения*). Прикладная Э., опираясь на достижения теоретич. Э., разрабатывает научные основы технологии электрохим. произ-в с целью создания оптимальных условий для проведения электролиза и работы хим. источников тока.

Развитие Э. в значит. степени обусловлено достижениями электротехники, радиотехники, микроэлектроники и компьютерной техники; на базе этих отраслей разрабатывается множество методов изучения электрохим. систем. В свою очередь, Э. служит совр. приборостроению. Так, один из разделов прикладной Э. — хемотроника — связан с проблемой использования электрохим. ячеек в качестве элементов разл. электронных схем (см. *Электрохимические преобразователи информации*). Электрохим. выпрямители, усилители и стабилизаторы постоянного тока, электрохим. умножители и интеграторы могут стать важным дополнением к полупроводниковым приборам в области низких частот и слабых электрич. сигналов. Электрохим. ячейки м.б. применены также для преобразования мех. воздействий в электрич. импульсы (*электрохимические сенсоры*, датчики давления, индикаторы шумов, вибраций и др.).

Электрохим. методы широко используют при определении коэф. активности, тепловых эффектов хим. р-ций, для установления констант равновесия в разл. хим. системах, в аналит. химии. На электрохим. явлениях основаны кондуктометрич., потенциометрич. и амперометрич. титрование, редоксметрия и др. Важное место среди аналит. методов занимают вольтамперометрия и ее разл. варианты.

Э. тесно связана с коллоидной химией; проблемы строения двойного электрич. слоя, адсорбция на заряженных межфазных границах и электрокинетич. явления представляют собой пограничную область между Э. и коллоидной химией. На границе между Э. и биологией возникла новая научная область — *биоэлектрохимия*; в отд. направлении выделяют и *фотоэлектрохимию*. Электрохим. процессы в полупроводниках обусловлены наличием двух видов подвижных носителей заряда — электронов проводимости и дырок в валентной зоне

(см. *Электрохимия полупроводников*); расплавы и р-ры на основе расплавов также представляют собой сложные электр. системы (см. *Электрохимия расплавов*).

Лит.: Прикладная электрохимия, 3 изд., М., 1984; Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., *Электрохимия*, М., 1987. Б.Б. Дамаскин.

**ЭЛЕКТРОХИМИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВ**, изучает физ.-хим. процессы на границе раздела полупроводник – электролит. Особенности электрохим. поведения полупроводников обусловлены, во-первых, низкой концентрацией подвижных зарядов – носителей тока, во-вторых, наличием двух видов носителей тока – электронов в зоне проводимости и дырок в валентной зоне. Из-за низкой концентрации носителей тока (напр., в чистом Ge это величина порядка  $10^{13}$  см<sup>-3</sup>, тогда как в металлах концентрация свободных электронов порядка  $10^{21}$  см<sup>-3</sup>) полупроводниковая обкладка *двойного электрического слоя* диффузна, подобно диффузной части двойного электр. слоя в случае металлич. электрода, погруженного в разб. р-р электролита. Вследствие этого значит. часть *межфазного скачка потенциала* локализована в полупроводнике, а дифференц. емкость полупроводникового электрода по порядку величины ниже, чем металлич. электрода. Напр., емкость электрода из Ge составляет неск. сотых мкФ/см<sup>2</sup>, емкость металлич. электродов – десятки мкФ/см<sup>2</sup>.

Скорость электрохим. р-ций пропорциональна концентрации подвижных зарядов на пов-сти электрода. Вследствие низкой их концентрации в полупроводнике *токи обмена* электрохим. р-ций малы, эти р-ции обычно необратимы. В р-циях участвуют как электроны проводимости (катодные процессы), так и дырки (напр., в р-циях анодного растворения), часто независимо друг от друга; возможно также участие связанных состояний электронов и дырок (экситонов). Для электрохим. кинетики характерны диффузионные ограничения, связанные с доставкой электронов проводимости (или дырок) из объема полупроводника к его пов-сти. Эти ограничения могут проявляться как появление предельных токов дырок (на анодах из полупроводников *n*-типа, напр. при анодном травлении Ge *n*-типа) или предельных токов электронов (в случае катодов *p*-типа, напр. при выделении H<sub>2</sub> из водных р-ров на Ge *p*-типа). Для полупроводниковых электродов характерна фоточувствительность (см. *Фотоэлектрохимия*), причем освещение ускоряет преим. анодную р-цию на полупроводнике *n*-типа и катодную – на полупроводнике *p*-типа. Возникновение неравновесных носителей тока – электронов и дырок в полупроводнике в ходе нек-рых электрохим. р-ций может сопровождаться электролюминесценцией.

Наиб. часто используемые на практике полупроводниковые электроды: Ge, Si, соед. типа A<sup>III</sup>B<sup>V</sup> (GaAs, GaP, InP), A<sup>IV</sup>B<sup>VI</sup> (CdS, CdSe, CdTe), дихалькогениды переходных металлов (MoS<sub>2</sub>, MoSe<sub>2</sub>, WSe<sub>2</sub>), оксиды металлов (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZnO, WO<sub>3</sub>), тройные соединения (CuInSe<sub>2</sub>). Достижения Э. п. применяются в микроэлектронике (анодное травление и электрополировка полупроводников, электроосаждение полупроводников и на полупроводниках), хемотронике (см. *Электрохимические преобразователи информации*), позволяют реализовать прямое преобразование солнечной энергии в электрическую и химическую. Электрохим. закономерности зачастую определяют коррозию полупроводников, а также возможность их хим. травления, оба эти процесса применяются как методы обработки пов-сти полупроводниковых элементов.

Лит.: Плесков Ю.В., в кн.: *Двойной слой и электродная кинетика*, М., 1981, с. 133–73; Гуревич Ю.Я., Плесков Ю.В., *Фотоэлектрохимия полупроводников*, М., 1983; Плесков Ю.В., *Фотоэлектрохимическое преобразование солнечной энергии*, М., 1990. См. также лит. при ст. *Фотоэлектрохимия*. Ю.В. Плесков.

**ЭЛЕКТРОХИМИЯ РАСПЛАВОВ**, изучает физ.-хим. процессы в расплавл. электролитах. Электролитами служат соли, их смеси и р-ры ионизируемых в этих расплавах в-в, напр. оксидов. Т-ры плавления используемых электролитов обычно лежат в пределах 400–900 °С. Смеси солей применяют для снижения т-ры плавления. Обычно это расплавленные смеси галогенидов щелочных и щел.-зем. металлов (NaCl, KCl,

CaCl<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub> и др.), эквивалентная электр. проводимость  $\kappa$ -<sub>р</sub> составляет 50–150 См·см<sup>2</sup>. Высокая электр. проводимость  $\lambda$  расплавленных солей указывает на ионную природу расплава и служит мерой степени ионизации солей.

Особенность расплавленных электролитов, помимо высокой  $\lambda$ , – большое напряжение разложения, часто превышающее 3 В. Это позволяет при электролизе выделять из расплавленных электролитов гораздо больший круг металлов, чем из водных р-ров (напряжение разложения воды при комнатной т-ре 1,23 В) и создавать хим. источники тока с эдс до 2,5–3,5 В.

Процессы на электродах в расплавах электролитов протекают при потенциалах, близких к равновесным по отношению к приэлектродным слоям расплавов. Зависимость потенциала разложения расплава от т-ры имеет линейный характер с отрицат. наклоном.

Как и в водных р-рах, для металлов в расплавах существуют электрохим. ряды напряжений, индивидуальные для каждого расплавленного электролита. Электродные потенциалы металлов в расплавленных солях подчиняются *Нернста уравнению*. Разность потенциалов нулевого заряда металлов в расплавленных солях близка к контактной разности потенциалов (возникает между пов-стями двух металлов в вакууме при их соприкосновении) в соответствии с теорией гальванич. потенциалов Фрумкина.

Для расплавов, как и для водных р-ров электролитов, характерно образование комплексных соединений. Прочность комплексов увеличивается с увеличением заряда центрального атома, электрохим. потенциала лиганда и радиуса катиона щелочного металла в электролите-растворителе. Для расплавов характерно сосуществование неск. валентных форм ионов, равновесных с металлом. Поэтому средняя валентность ионов металла иногда выражается нецелым числом.

Особенность кинетики электродных процессов в расплавленных солях – высокие скорости электрохим. р-ций. Поэтому их можно считать квазиравновесными процессами. Наиб. медленной (лимитирующей) стадией электродного процесса обычно является массоперенос в-ва к электроду (диффузия или миграция). Исключением являются стадии зарождения кристаллов при электрокристаллизации и образование молекул газа из адсорбированных на электроде атомов, к-рые протекают еще медленнее (или с соизмеримыми скоростями). Напр., разряд Al в расплавленных хлоралюминатах, как показано с помощью импедансных измерений, происходит в условиях одновременного замедленного протекания разряда, кристаллизации и диффузии.

Высокая т-ра ускоряет в значит. степени диффузию в твердой фазе, что обуславливает образование диффузионных сплавов при осаждении металла на твердом электроде.

Полярнографич. методы позволяют определить в ионных расплавах для многих электродных процессов коэф. диффузии, энергию активации, толщину диффузионного слоя, коэф. переноса, константы скорости р-ций, токи обмена.

Электролизом расплавленных солей получают Al, а также Mg, щелочные металлы, Ca, Zr, Th и др., рафинируют Ti, металлы платиновой группы. Разработаны методы получения покрытий из металлов, сплавов и интерметаллидов электроосаждением и бестоковым методом – переносом через солевой расплав благодаря энергии, выделяющейся при образовании сплавов, контактным восстановлением и диспропорционированием, стимулированным комплексобразованием.

Покртия, полученные из расплавленных солей, обладают высокой чистотой, пластичностью, хорошим сцеплением с основой, исключают наводороживание покрываемого изделия, что обеспечивает более высокие технол. качества, чем при получении покрытий из водных р-ров. Гальванопластикой из расплавленных солей получают фасонные полые изделия из тугоплавких металлов (Ni, Mo, Re) и металлов платиновой группы (Ir, Ru).

На основе расплавленных солей созданы высокотемпературные хим. источники тока, обладающие высокими эдс и большими разрядными токами. Высокотемпературные

топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом преобразуют при 650–700 °С хим. энергию газообразного топлива (водород, природный газ) в электроэнергию с кпд прямого преобразования до 60%. Перспективно их использование в стационарной энергетике.

Лит.: Укше Е. А., Букун Н. Г., в кн.: Итоги науки и техники. Растворы. Расплавы, т. 2, М., 1975, с. 140–71; Барабошкин А. Н., Электрокристаллизация металлов из расплавленных солей, М., 1976; Электрохимия расплавленных солей и металлов, под ред. К. П. Селезнева, Л., 1976; Делимарский Ю. К., Электрохимия ионных расплавов, М., 1978. Г. В. Жутаева.

**ЭЛЕКТРОЦИКЛИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ**, внутримол. *пероциклические реакции*, при к-рых образуется новая  $\sigma$ -связь между концами линейных молекул или их отдельных линейных участков, представляющих собой сопряженные системы; при этом число  $\pi$ -связей уменьшается на единицу:

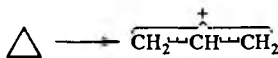


К Э. р. относят также обратный процесс раскрытия цикла с разрывом  $\sigma$ -связи и образованием сопряженной системы, напр.:



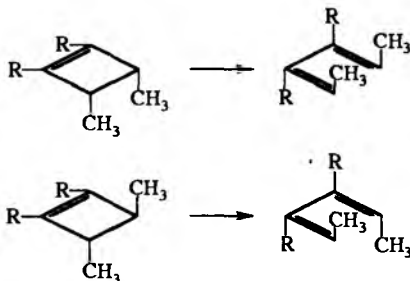
Существует два стереохимически разл. пути Э. р. – конротаторный и дисротаторный (см. *Вудворда–Хофмана правила*).

Простейшая Э. р. – раскрытие циклопропанового кольца с образованием алильного катиона ( $2\pi$ -электронная система), осуществляющееся в условиях сольволиза дисротаторным путем:

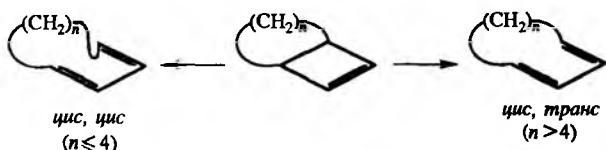


Если трехчленный цикл входит в бициклич. систему, то его раскрытие зависит от размера второго цикла и положения уходящей группы относительно плоскости трехчленного цикла. Для *эндо*-производных сольволиз протекает быстрее, чем для *экзо*-изомеров (в случае моноциклич. циклопропанов этот эффект выражен слабее).

Подробно изучена Э. р. превращения циклобутена в 1,3-бутадиен ( $4\pi$ -электронная система), проходящая в условиях термоллиза по конротаторному механизму. Р-ция высокоспецифична: из *цис*-3,4-диметилциклобутенов получают только *цис*, *транс*-диены, а из *транс*-изомеров – только *транс*, *транс*-диены:



В случае бициклобутенов, в соответствии с правилами Вудворда–Хофмана, конротаторное раскрытие колец должно приводить к стерически напряженным *цис*, *транс*-циклодиенам, содержащим *транс*-сопряженную двойную связь. Поэтому для бициклоалкенов при  $n \leq 4$  предпочтителен запрещен-

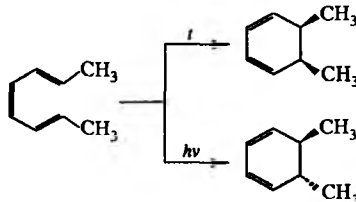


ный механизм раскрытия, приводящий к *цис*, *цис*-циклодиенам.

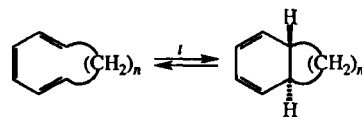
Фотохим. взаимопревращения бутадиенов и циклобутенов протекают по дисротаторному механизму.

В Э. р. участвуют другие  $4\pi$ -электронные системы, напр. трехчленные циклы, содержащие гетероатом с неподеленной электронной парой; раскрытие кольца для этих систем протекает в термич. условиях по конротаторному механизму.

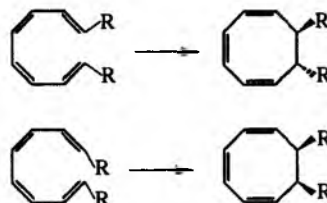
Термич. дисротаторная циклизация *транс*, *цис*, *транс*-2,4,6-октатриена ( $6\pi$ -электронная система) приводит почти исключительно к *цис*-5,6-диметил-1,3-циклогексадиену; фотохим. циклизация протекает конротаторно с образованием *транс*-изомера:



Циклич. триеновые системы в условиях термич. Э. р. находятся в равновесии с бициклич. продуктом, при этом чем более напряжена структура бициклич. соед. (т. е., чем меньше  $n$ ), тем в большей степени равновесие смещено в сторону моноциклич. структуры:



Э. р. с участием  $8\pi$ -электронных систем протекают при нагрев. по конротаторному механизму, напр.:



Термин Э. р. введен Р. Вудвордом и Р. Хофманом в 1969.

Лит.: Вудворд Р., Хоффман Р., Сохранение орбитальной симметрии, пер. с англ., М., 1971; Джилкристи Т., Сторр Р., Органические реакции и орбитальная симметрия, пер. с англ., М., 1976; Пирсон Р., Правила симметрии в химических реакциях, пер. с англ., М., 1979.

М. Е. Клецкий

**ЭЛЕКТРОЭКСТРАКЦИЯ**, см. *Электролиз*, *Электрохимия*.

**ЭЛЕМЕНТ 106**, искусств. радиоактивный хим. элемент VI гр. периодич. системы, ат. н. 106. Стабильных нуклидов не имеет. Известно 6 изотопов с мас. ч. 259–261; 263, 265, 266. Наиб. долгоживущий нуклид  $^{265}106$  ( $T_{1/2}$  21 с,  $\alpha$ -излучатель). Конфигурация (расчетная) внеш. электронных оболочек атома  $5f^{14}6d^47s^2$ ; степени окисления +4, +6; по оценочным данным ионный радиус  $106^{4+}$  0,086 нм.

В весовых кол-вах Э. 106 не получен, его св-ва не исследованы. По хим. св-вам Э. 106 (теоретич. расчеты) должен быть аналогом W и Mo. Полагают, что гексафторид Э. 106 легко летуч. Стандартный электродный потенциал  $106^0/106^{4+}$  0,6 В (по расчету).

Изотопы Э. 106 синтезируют в циклотроне при бомбардировке Pb, Cf или Sm ионами  $^{54}Cr$ ,  $^{18}O$  или  $^{22}Ne$ . Впервые Э. 106 был получен в СССР Г. Н. Флёровым с сотрудниками в 1974 при облучении мишени из  $^{207}Pb$  и  $^{208}Pb$  ускоренными ионами  $^{54}Cr$ , практически одновременно изотоп  $^{263}106$  был синтезирован в США Г. Сиборгом с сотрудниками. В 1997

ИЮПАК утвердил для Э.106 назв. сиборгий (в честь Г. Сиборга), символ Rf.

Лит.: The chemistry of the actinide elements, ed. by J. Katz [a. o.], v. 2, L.-N. Y., 1986, p. 1108-12. Б. Ф. Мясоедов.

**ЭЛЕМЕНТ 107**, искусств. радиоактивный хим. элемент VII гр. периодич. системы, ат. н. 107. Стабильных нуклидов не имеет. Известно 2 изотопа с мас. ч. 261 и 262. Наиб. долгоживущий нуклид  $^{261}_{107}\text{Tl}$   $T_{1/2}$  11,8 мкс, по др. данным  $(1-2) \cdot 10^{-3}$  с]. Конфигурация (расчетная) внеш. электронных оболочек атома  $5f^{14}6d^3 7s^2$ ; степени окисления от +3 до +7; по оценочным данным ионный радиус  $107^{5+}$  0,083 нм.

В весовых кол-вах Э. 107 не получен, его св-ва не исследованы. По хим. св-вам Э. 107 должен быть аналогом Re (теоретич. расчеты). Полагают, что гексафторид Э. 107 летуч. Стандартный электродный потенциал для  $107^0/107^{5+}$   $-0,1$  В (по расчету).

Изотопы Э. 107 синтезируют в циклотроне при бомбардировке изотопов Вг ионами  $^{54}\text{Cr}$ . Первые опыты по получению Э. 107 были выполнены в СССР Ю. Ц. Оганесяном с сотрудниками в 1976 при облучении мишени из  $^{209}\text{Bi}$  ускоренными ионами  $^{54}\text{Cr}$ , было зарегистрировано образование дочернего продукта распада Э. 107 – нуклида 105 с мас. ч. 257 или 258. Первые надежные сведения о ядерных св-вах  $^{262}_{107}$  и  $^{261}_{107}$  получены в ФРГ соотв. в 1981 и 1989. В 1997 ИЮПАК утвердил для Э. 107 назв. борий (в честь Н. Бора), символ Bh.

Лит. см. при ст. Элемент 106.

Б. Ф. Мясоедов.

**ЭЛЕМЕНТ 108**, искусств. радиоактивный хим. элемент VIII гр. периодич. системы, ат. н. 108. Стабильных нуклидов не имеет. Известно два нуклида:  $^{264}_{108}$  и  $^{265}_{108}$  ( $T_{1/2}$  2 мс,  $\alpha$ -излучатель). Конфигурация (расчетная) внеш. электронных оболочек атома  $5f^{14}6d^4 7s^2$ ; степени окисления от +2 до +8; по оценочным данным ионный радиус  $108^{5+}$  0,083 нм.

В весовых кол-вах Э. 108 не получен. По хим. св-вам он должен быть аналогом Os. Первые опыты по получению Э. 108 выполнены в СССР в 1983–84. При облучении мишеней из Вг и Pb ускоренными ионами  $^{55}\text{Mn}$  и  $^{58}\text{Fe}$  наблюдались продукты распада Э. 108 с мас. ч. 264 или 265. Надежные данные о ядерных св-вах  $^{265}_{108}$  получены в ФРГ в 1984 и 1987 при облучении мишени из  $^{208}\text{Pb}$  ускоренными ионами  $^{58}\text{Fe}$ . Зарегистрировано 3 атома Э. 108; идентифицировано по продуктам распада –  $^{261}_{106}$  и  $^{257}_{104}$ . В 1997 ИЮПАК утвердил для Э. 108 назв. хассий (по земле Гессен, Германия), символ Hs.

Лит. см. при ст. Элемент 106.

Б. Ф. Мясоедов.

**ЭЛЕМЕНТ 109**, искусств. радиоактивный хим. элемент VIII гр. периодич. системы, ат. н. 109. Стабильных нуклидов не имеет. Известен один нуклид  $^{266}_{109}$  ( $T_{1/2}$  3,5 мс,  $\alpha$ -излучатель). Конфигурация (расчетная) внеш. электронных оболочек атома  $5f^{14}6d^4 7s^2$ ; степени окисления +1, +3, +7 и, возможно, др.; по оценочным данным ионный радиус  $109^{3+}$  0,083 нм.

В весовых кол-вах Э. 109 не получен. По хим. св-вам должен быть аналогом Iг. Впервые нуклид  $^{266}_{109}$  был получен в ФРГ в 1982 и подтвержден в 1984. При облучении мишени из  $^{209}\text{Bi}$  ускоренными ионами  $^{58}\text{Fe}$  было зарегистрировано в двух сериях опытов 3 атома Э. 109; идентифицирован по продукту распада – элементу  $^{262}_{107}$ . В 1994 ИЮПАК утвердил для Э. 109 назв. мейтнерий (в честь Л. Мейтнер), символ Mt.

Лит. см. при ст. Элемент 106.

Б. Ф. Мясоедов.

**ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ**, в узком смысле – частицы, к-рые нельзя считать состоящими из других частиц. В совр. физике термин «Э. ч.» используют в более широком смысле: так наз. мельчайшие частицы материи, подчиненные условию, что они не являются атомными ядрами и атомами (исключенные составляет протон); иногда по этой причине Э. ч. называют субъядерными частицами. Большая часть таких частиц (а их известно более 350) являются составными системами.

Э. ч. участвуют в электромагнитном, слабом, сильном и гравитационном взаимодействиях. Из-за малых масс Э. ч. их гравитационное взаимодей. обычно не учитывается. Все Э. ч. разделяют на три осн. группы. Первую составляют т. наз.

бозоны – переносчики электрослабого взаимодействия. Сюда относится фотон, или квант электромагнитного излучения. Масса покоя фотона равна нулю, поэтому скорость распространения электромагнитных волн в вакууме (в т. ч. световых волн) представляет собой предельную скорость распространения физ. воздействия и является одной из фундам. физ. постоянных; принято, что  $c = (299792458 \pm \pm 1,2)$  м/с.

Вторая группа Э. ч. – лептоны, участвующие в электромагнитных и слабых взаимодействиях. Известно 6 лептонов: электрон, электронное нейтрино, мюон, мюонное нейтрино, тяжелый  $t$ -лептон и соответствующее нейтрино. Электрон (символ  $e$ ) считается материальным носителем наименьшей массы в природе  $m_e$ , равной  $9,1 \cdot 10^{-28}$  г (в энергетич. единицах  $\approx 0,511$  МэВ) и наименьшего отрицат. электрич. заряда  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. Мюоны (символ  $\mu^-$ ) – частицы с массой ок. 207 масс электрона (105,7 МэВ) и электрич. зарядом, равным заряду электрона; тяжелый  $t$ -лептон имеет массу ок. 1,8 ГэВ. Соответствующие этим частицам три типа нейтрино – электронное (символ  $\nu_e$ ), мюонное (символ  $\nu_\mu$ ) и  $t$ -нейтрино (символ  $\nu_t$ ) – легкие (возможно, безмассовые) электрически нейтральные частицы.

Все лептоны имеют спин  $1/2\hbar$  ( $\hbar$  – постоянная Планка), т. е. по статистич. св-вам являются фермионами (см. Статистическая термодинамика).

Каждому из лептонов соответствует античастица, имеющая те же значения массы, спина и др. характеристик, но отличающаяся знаком электрич. заряда. Существуют позитрон (символ  $e^+$ ) – античастица по отношению к электрону, положительно заряженный мюон (символ  $\mu^+$ ) и три типа антинейтрино (символ  $\bar{\nu}_e, \bar{\nu}_\mu, \bar{\nu}_t$ ), к-рым приписывают противоположный знак особого квантового числа, наз. лептонным зарядом (см. ниже).

Третья группа Э. ч. – адроны, они участвуют в сильном, слабом и электромагнитном взаимодействиях. Адроны представляют собой «тяжелые» частицы с массой, значительно превышающей массу электрона. Это наиб. многочисленная группа Э. ч. Адроны делятся на барионы – частицы со спином  $1/2\hbar$ , мезоны – частицы с целочисленным спином (0 или 1); а также т. наз. резонансы – короткоживущие возбужденные состояния адронов. К барионам относят протон (символ  $p$ ) – ядро атома водорода с массой, в  $\sim 1836$  раз превышающей  $m_e$  и равной  $1,672648 \cdot 10^{-24}$  г ( $\approx 938,3$  МэВ), и положит. электрич. зарядом, равным заряду электрона, а также нейтрон (символ  $n$ ) – электрически нейтральная частица, масса к-рой немного превышает массу протона. Из протонов и нейтронов построены все ядра атомов, именно сильное взаимодей. обуславливает связь этих частиц между собой. В сильном взаимодействии протон и нейтрон имеют одинаковые св-ва и рассматриваются как два квантовых состояния одной частицы – нуклона с изотопич. спином  $1/2\hbar$  (см. ниже). Барионы включают и гипероны – Э. ч. с массой больше нуклонной:  $\Lambda$ -гиперон имеет массу 1116 МэВ,  $\Sigma$ -гиперон – 1190 МэВ,  $\Xi$ -гиперон – 1320 МэВ,  $\Omega$ -гиперон – 1670 МэВ. Мезоны имеют массы, промежуточные между массами протона и электрона ( $\pi$ -мезон,  $K$ -мезон). Существуют мезоны нейтральные и заряженные (с положит. и отрицат. элементарным электрич. зарядом). Все мезоны по своим статистич. св-вам относятся к бозонам.

**Основные свойства Э. ч.** Каждая Э. ч. описывается набором дискретных значений физ. величин (квантовых чисел). Общие характеристики всех Э. ч. – масса, время жизни, спин, электрич. заряд.

В зависимости от времени жизни Э. ч. делятся на стабильные, квазистабильные и нестабильные (резонансы). Стабильными (в пределах точности совр. измерений) являются: электрон (время жизни более  $5 \cdot 10^{21}$  лет), протон (более  $10^{31}$  лет), фотон и нейтрино. К квазистабильным относятся частицы, распадающиеся вследствие электромагнитного и слабого взаимодей., их времена жизни более  $10^{-20}$  с. Резонансы распадаются за счет сильного взаимодей., их характерные времена жизни  $10^{-22}$ – $10^{-24}$  с.

Внутренними характеристиками (квантовыми числами) Э. ч. являются лептонный (символ  $L$ ) и барионный (символ  $B$ ) заряды; эти числа считаются строго сохраняющимися величинами для всех типов фундам. взаимодей. Для лептонных нейтрино и их античастиц  $L$  имеют противоположные знаки; для барионов  $B = 1$ , для соответствующих античастиц  $B = -1$ .

Для адронов характерно наличие особых квантовых чисел: «странности», «очарования», «красоты». Обычные (нестранные) адроны – протон, нейтрон,  $\pi$ -мезоны. Внутри разных групп адронов имеют семейства частиц, близких по массе и со сходными св-вами по отношению к сильному взаимодей., но с разл. значениями электрич. заряда; простейший пример – протон и нейтрон. Общее квантовое число для таких Э. ч. – т. наз. изотопич. спин, принимающий, как и обычный спин, целые и полуделые значения. К особым характеристикам адронов относится и внутренняя четность, принимающая значения  $\pm 1$ .

Важное св-во Э. ч. – их способность к взаимопревращениям в результате электромагнитных или др. взаимодействий. Один из видов взаимопревращений – т. наз. рождение пары, или образование одновременно частицы и античастицы (в общем случае – образование пары Э. ч. с противоположными лептонными или барионными зарядами). Возможны процессы рождения электрон-позитронных пар  $e^+e^-$ , мюонных пар  $\mu^+\mu^-$ , новых тяжелых частиц при столкновениях лептонов, образование из кварков  $cc$ - и  $bb$ -состояний (см. ниже). Другой вид взаимопревращений Э. ч. – аннигиляция пары при столкновениях частиц с образованием конечного числа фотонов ( $\gamma$ -квантов). Обычно образуются 2 фотона при нулевом суммарном спине сталкивающихся частиц и 3 фотона – при суммарном спине, равном 1 (проявление закона сохранения зарядовой четности).

При определенных условиях, в частности при невысокой скорости сталкивающихся частиц, возможно образование связанной системы – позитрония  $e^+e^-$  и мюония  $\mu^+\mu^-$ . Эти нестабильные системы, часто наз. водородоподобными атомами, их время жизни в в-ве в большой степени зависит от св-в в-ва, что позволяет использовать водородоподобные атомы для изучения структуры конденсир. в-ва и кинетики быстрых хим. р-ций (см. *Мезонная химия, Ядерная химия*).

**Кварковая модель адронов.** Детальное рассмотрение квантовых чисел адронов с целью их классификации позволило сделать вывод о том, что странные адроны и обычные адроны в совокупности образуют объединения частиц с близкими св-вами, названные унитарными мультиплетами. Числа входящих в них частиц равны 8 (октет) и 10 (декуплет). Частицы, входящие в состав унитарного мультиплета, имеют одинаковые спин и внутр. четность, но различаются значениями электрич. заряда (частицы изотопич. мультиплета) и странности. С унитарными группами связаны св-ва симметрии, их обнаружение явилось основой для вывода о существовании особых структурных единиц, из к-рых построены адроны, – к в а р к о в. Считают, что адроны представляют собой комбинации 3 фундам. частиц со спином  $1/2$ :  $u$ -кварков,  $d$ -кварков и  $s$ -кварков. Так, мезоны составлены из кварка и антикварка, барионы – из 3 кварков.

Допущение, что адроны составлены из 3 кварков, было сделано в 1964 (Дж. Цвейг и независимо от него М. Гелл-Ман). В дальнейшем в модель строения адронов (в частности, для того чтобы не возникало противоречия с принципом Паули) были включены еще 2 кварка – «очарованный» ( $c$ ) и «красивый» ( $b$ ), а также введены особые характеристики кварков – «аромат» и «цвет». Кварки, выступающие как составные части адронов, в свободном состоянии не наблюдались. Все многообразие адронов обусловлено разл. сочетаниями  $u$ -,  $d$ -,  $s$ -,  $c$ - и  $b$ -кварков, образующих связные состояния. Обычным адронам (протону, нейтрону,  $\pi$ -мезонам) соответствуют связные состояния, построенные из  $u$ - и  $d$ -кварков. Наличие в адроне наряду с  $u$ - и  $d$ -кварками одного  $s$ -,  $c$ - или  $b$ -кварка означает, что соответствующий адрон – «странный», «очарованный» или «красивый».

Кварковая модель строения адронов подтвердилась в результате экспериментов, проведенных в кон. 60-х – нач.

70-х гг. 20 в. Кварки фактически стали рассматриваться как новые Э. ч. – истинно Э. ч. для адронной формы материи. Ненаблюдаемость свободных кварков, по-видимому, носит принципиальный характер и дает основания предполагать, что они являются теми Э. ч., к-рые замыкают цепь структурных составляющих в-ва. Существуют теоретич. и эксперим. доводы в пользу того, что силы, действующие между кварками, не ослабевают с расстоянием, т. е. для отделения кварков друг от друга требуется бесконечно большая энергия или, иначе говоря, возникновение кварков в свободном состоянии невозможно. Это делает их совершенно новым типом структурных единиц в-ва. Возможно, что кварки выступают как последняя ступень дробления материи.

**Краткие исторические сведения.** Первой открытой Э. ч. был электрон – носитель отрицат. электрич. заряда в атомах (Дж. Дж. Томсон, 1897). В 1919 Э. Резерфорд обнаружил среди частиц, выбитых из атомных ядер, протоны. Нейтроны открыты в 1932 Дж. Чедвиком. В 1905 А. Эйнштейн постулировал, что электромагнитное излучение является потоком отд. квантов (фотонов) и на этой основе объяснил закономерности фотоэффекта. Существование нейтрино как особой Э. ч. впервые предложил В. Паули (1930); экспериментально электронное нейтрино открыто в 1953 (Ф. Райнес, К. Коуэн).

При исследовании космич. лучей были обнаружены: позитрон (К. Андерсон, 1932), мюоны обоих знаков электрич. заряда (К. Андерсон и С. Недермейер, 1936),  $\pi$ - и  $K$ -мезоны (группа С. Пауэлла, 1947; существование подобных частиц было предположено Х. Юкавой в 1935). В кон. 40-х – нач. 50-х гг. были обнаружены «странные» частицы. Первые частицы этой группы –  $K^+$ - и  $K^-$ -мезоны,  $\Lambda$ -гипероны – были зафиксированы также в космич. лучах.

С нач. 50-х гг. ускорители превратились в осн. инструмент исследования Э. ч. Были открыты антипротон (1955), анти-нейтрон (1956), анти- $\Sigma$ -гиперон (1960), а в 1964 – самый тяжелый  $\Omega$ -гиперон. В 1960-х гг. на ускорителях обнаружили большое число крайне неустойчивых резонансов. В 1962 выяснилось, что существуют два разных нейтрино: электронное и мюонное. В 1974 обнаружены массивные (в 3–4 протонные массы) и в то же время относительно устойчивые (по сравнению с обычными резонансами) частицы, к-рые оказались тесно связанными с новым семейством Э. ч. – «очарованных», их первые представители открыты в 1976. В 1975 обнаружен тяжелый аналог электрона и мюона –  $t$ -лептон, в 1977 – частицы с массой порядка десяти протонных масс, в 1981 – «красивые» частицы. В 1983 открыты самые тяжелые из известных Э. ч. – бозоны  $W^\pm$  (масса  $\approx 80$  ГэВ) и  $Z^0$  ( $\approx 91$  ГэВ).

Т. обр., за годы, прошедшие после открытия электрона, выявлено огромное число разнообразных микрочастиц. Мир Э. ч. оказался сложно устроенным, а их св-ва во многих отношениях неожиданными.

Лит.: Коккедэ Я., Теория кварков, [пер. с англ.], М., 1971; Марков М. А., О природе материи, М., 1976; Окуя Л. Б., Лептоны и кварки, 2 изд., М., 1990.

**ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ**, качественное обнаружение и количественное определение элементного состава объектов материального мира. Имеет важнейшее значение в истории и развитии *аналитической химии*. И сейчас Э. а. занимает важное место среди др. видов анализа.

На первом этапе развития Э. а. для установления качественного элементного состава привлекали р-римость пробы в инертных и химически активных р-рителях, выделение газа, устойчивость при нагревании, изменение цвета, фазового состояния, окрашивание пламени, образование характерных кристаллов и др. Сейчас главенствующее место занимают инструментальные методы – *физико-химические методы анализа* и *физические методы анализа*.

Количеств. Э. а. основан на измерении к.-л. физ. св-ва изучаемой пробы или продукта ее преобразования в зависимости от содержания определяемого элемента: интенсивности

характерных спектральных линий, значения к.-л. ядерно-физ. или электрохим. характеристики и т. п. Первыми методами количественного Э. а. были *гравиметрия* и *титриметрия*, к-рые и сейчас по точностным характеристикам часто превосходят инструментальные методы. По точности с ними успешно конкурируют только *кулонометрия* и *электрогравиметрия*.

Среди инструментальных методов анализа широко распространены атомно-эмиссионная (в т. ч. с индуктивно связанной плазмой) и атомно-абсорбционная спектрометрия, спектрофотометрия и люминесцентный анализ, электрохим. методы (полярография, потенциометрия, вольтамперометрия и др.), масс-спектрометрия (искровая, лазерная, с индуктивно связанной плазмой и др.), разл. варианты активационного анализа, методы локального анализа и методы анализа пов-сти (электроннозондовый и ионнозондовый микроанализ, оже-электронная спектроскопия и т. п.) и др.

При выборе метода и методики анализа учитывают требования к точности определения, пределу обнаружения элементов, чувствительности определения, селективности и специфичности, а также стоимость анализа, квалификацию персонала и наличие необходимого оборудования.

При определении следов элементов нередко прибегают к их предварит. *концентрированию*. Помехи, связанные с матричным составом и взаимным влиянием аналит. сигналов элементов друг на друга, уменьшают, прибегая к разделению, хотя в отдельных случаях помехи м. б. уменьшены благодаря рациональному выбору условий инструментального анализа и создания необходимого программно-мат. обеспечения. См. также *Органических веществ анализ*.

Э. а. важен в эколого-аналит. и санитарно-эпидемиологич. контроле, анализе продуктов питания и кормов, металлов и сплавов, неорг. материалов, особо чистых в-в, полимерных материалов, полупроводников, нефтепродуктов и др., в научных исследованиях.

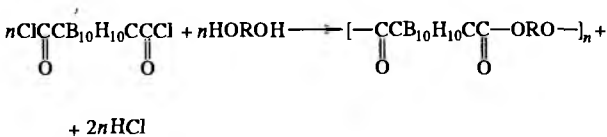
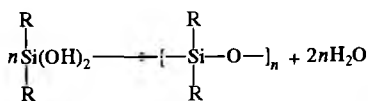
Лит.: Петерс Д., Хайес Дж., Хифтье Г., Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии, пер. с англ., кн. 1-2, М., 1978; Методы количественного органического элементного микроанализа, под ред. Н. Э. Гельман, М., 1987. И. М. Кузьмин.

**ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ**, содержат в звене макромолекулы наряду с углеводородными группами неорг. фрагменты. В зависимости от хим. состава цепей макромолекул различают 3 группы Э. п.: 1) с неорг. основными цепями, обрамленными орг. группами, напр. полиалкоксифосфазены  $[-P(OR)_2-N-]_n$ ; 2) с основными цепями, содержащими чередующиеся атомы углерода и др. элементов, напр. поликарбосиланы  $[-Si(R)_2-CH_2-]_n$ ; 3) с орг. основными цепями, обрамленными элементноорг. группами, напр. поли-1-триалкилсиллилэтилены  $[-CH_2-CH-]_n$ .

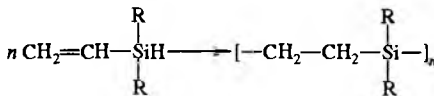
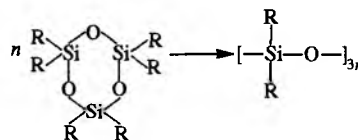
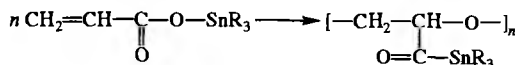


Для синтеза Э. п. могут быть использованы след. р-ции:

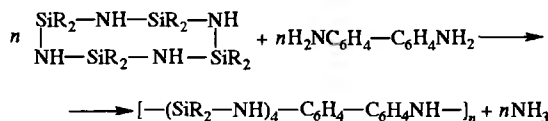
1. Поликонденсация соед., имеющих две (или более) одинаковые или разные функц. группы, напр.:



2. Полимеризация соед., имеющих двойные связи, или гетероциклич. соед., а также миграционная полимеризация гидридов разл. элементов, напр.:

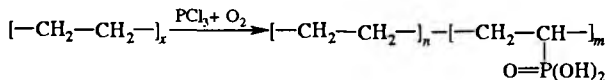


3. Совмещенные полимеризационно-поликонденсационные р-ции, напр.:



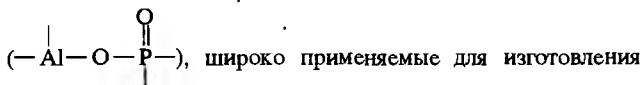
В данном случае р-ция идет не только с раскрытием силанового цикла (полимеризация), но и с выделением аммиака (поликонденсация).

4. Полимераналогичные превращения, напр.:



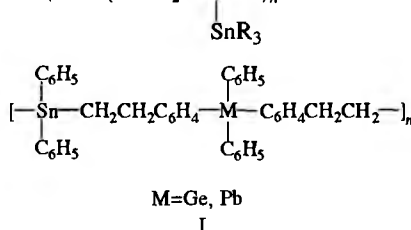
Известны полимеры элементов всех групп периодической системы. Наиб. многочисленны по числу представителей и наиб. существенны по практич. значению полимеры Si (см. *Кремнийорганические полимеры*), В (см. *Борорганические полимеры*) и Р (см. *Фосфорорганические полимеры*, *Полифосфазены*).

Хорошо изучены полимеры Al и Sn, а также *координационные полимеры*. Из полимеров Al наиб. значение имеют полиорганоломоксаны, содержащие в главной цепи группу  $(-Al-O-Al-)$ , полиалкомоорганосилоксаны  $(-Al-O-Si-)$  и полиалкомоорганофосфинаты



лаков, образующих термостойкие (до 600 °С) покрытия.

Среди полимеров Sn изучены полидиалкил(арил)станилены  $(-SnR_2-)_n$ , полиорганостанноксаны  $(-SnR_2-O-)_n$ , полимеры, в основной цепи к-рых кроме атомов Sn присутствуют атомы Ge и Pb (ф-ла I), а также полимеры с атомами Sn в боковых цепях  $(-CH_2-CR-)_n$ .



Эти Э. п. применяют гл. обр. в качестве стабилизаторов полимеров разл. классов; т. к. они обладают антигрибковой и антимикробной активностью, их используют также в качестве



компонентов красок, образующих спец. (т. наз. необрастающие) лакокрасочные покрытия.

В состав разл. координационных полимеров входят Fe, Co, Ni, Cu, Be, Mn и Zn; их св-ва определяются хим. природой лиганда и металла. В отличие от большинства неплавких и нерастворимых координационных полимеров полимерные комплексы, содержащие металлкарбонильные фрагменты в полимерной цепи, раств. в орг. р-рителях и способны образовывать прочные пленки и покрытия с высокой адгезией к стеклу и металлам. Термич. обработка таких пленок приводит к их структурированию и упрочнению.

Э. п. обладают широким спектром специфич. св-в; среди них имеются термостойкие полимеры, полимеры с высокой электропроводностью и полупроводниковыми св-вами, в-ва с высокой твердостью и эластичностью, биологические активные полимеры и др.

Лит.: Энциклопедия полимеров, т. 1, М., 1972, с. 103; т. 2, М., 1974, с. 477; т. 3, М., 1977, с. 960; Успехи в области синтеза элементоорганических полимеров, под ред. В. В. Коршака, М., 1988. Н. И. Бекасова.

**ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ**, содержат хим. связь углерод-элемент. К Э. с., как правило, не относят орг. соед. с простыми или кратными связями C—N, C—O, C—S и C—Hal. Реакц. способность Э. с. определяется прежде всего характером связи углерод-элемент, ее прочностью, полярностью и т. п. Осн. группа Э. с. — *металлоорганические соединения*. Особое место среди них занимают  $\pi$ -комплексы переходных металлов с ненасыщ. орг. лигандами. В таких соед. присутствуют делокализованные ковалентные связи металл-лиганд, в образовании к-рых участвуют целиком или частично заполненные *d*-орбитали металла. В Э. с. других элементов, включая большинство Э. с. непереходных металлов, а также нек-рые соед. переходных металлов, как правило, существуют  $\sigma$ -связи углерод-элемент разл. полярности.

Химия Э. с. возникла и развивается на стыке орг. и неорг. химии и связывает эти две области химии. Э. с. встречаются в природе крайне редко; большинство из них синтезировано в лаб. условиях.

См. *Алюминий комплексы переходных металлов, Алюминийорганические соединения, Борорганические соединения, Кремнийорганические соединения* и др. Л. В. Рыбин.

**ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКИЕ**, совокупности атомов с определенным зарядом ядра *Z*. Д. И. Менделеев определял Э. х. так: «материальные части простых или сложных тел, к-рые придают им известную совокупность физ. и хим. св-в». Взаимосвязи Э. х. отражает *периодическая система химических элементов*. Порядковый (атомный) номер элемента в ней равен заряду ядра, к-рый в свою очередь численно равен числу содержащихся в ядре протонов. Для каждого Э. х. известны разновидности атомов — *изотопы* (существующие в природе и полученные искусственно путем ядерного синтеза), различающиеся числом нейтронов в ядрах. Совокупность атомов, характеризующаяся определенной комбинацией протонов и нейтронов в ядре, наз. *нуклидом*. *Атомная масса* Э. х. рассчитывается, исходя из значений масс всех его природных изотопов с учетом их относит. распространенности, и выражается в атомных единицах массы, за к-рую принята  $1/12$  массы атома углерода  $^{12}\text{C}$ . Атомная единица массы равна  $1,66057 \cdot 10^{-27}$  кг. Суммарное число протонов и нейтронов в ядре равно массовому числу *A*.

В природе существуют элементы с порядковым номером (число протонов)  $Z = 1-92$ , кроме технеция ( $Z = 43$ ) и прометия ( $Z = 61$ ), к-рые получают посредством ядерных р-ций. Элементы с  $Z = 85$  (астат) и с  $Z = 87$  (франций) встречаются в ничтожно малых кол-вах как члены природных радиоактивных рядов урана и тория. Все известные трансурановые элементы ( $Z = 93-109$ ) получены искусственно.

Формы существования Э. х. в свободном виде являются простые в-ва, к-рые подразделяют на металлы и неметаллы. Характерные особенности металлов: высокие электрич. проводимость и теплопроводность, обусловленные наличием свободных, не связанных с определенными атомами электронов; способность образовывать положительно заряженные ионы

при хим. взаимодействиях. Граница между металлами и неметаллами довольно расплывчата.

Многие Э. х. существуют в виде неск. простых в-в, к-рые могут отличаться числом атомов в молекулах (напр., кислород  $\text{O}_2$  и озон  $\text{O}_3$ ), типом кристаллич. решетки (напр., модификации углерода — графит, алмаз, карбин) или др. св-вами. Это явление наз. аллотропией, в случае углерода аллотропия — разновидность *полиморфизма*. Число известных ныне простых в-в превышает 500. Поскольку определяющим признаком Э. х. служит заряд ядра, то в хим. р-циях элемент сохраняет свою индивидуальность; происходит лишь перераспределение электронов внешних электронных оболочек атомов, тогда как атомные ядра остаются неизменными. Каждый Э. х. характеризуется степенями окисления, к-рые могут проявлять атомы данного элемента в хим. соединениях.

В зависимости от положения в периодич. системе Э. х. подразделяют на *s*-, *p*-, *d*- и *f*-элементы. К *s*-элементам относят H, He, а также металлы главных подгрупп I и II групп периодич. системы, к *p*-элементам — элементы главных подгрупп III–VIII групп, к *d*-элементам — металлы побочных подгрупп I–VIII групп (кроме лантаноидов и актиноидов, принадлежащих к *f*-элементам); *s*- и *p*-элементы наз. непременными, *d*- и *f*-элементы — переходными. Э. х., все изотопы к-рых радиоактивны, наз. радиоактивными.

Все Э. х. образовались в результате многообразных сложных процессов ядерного синтеза в звездах и космич. пространстве. Эти процессы описываются разл. теориями происхождения Э. х., к-рые объясняют особенности распространенности Э. х. в космосе. Наиб. распространены в космосе водород и гелий, а в целом распространенность элементов уменьшается по мере роста *Z*. Такая же тенденция сохраняется и для распространенности Э. х. на Земле, однако на Земле наиб. распространен кислород (47% от массы земной коры), далее следуют кремний (27,6%), алюминий (8,8%), железо (4,65%). Эти элементы вместе с кальцием, натрием, калием и магнием составляют более 99% массы земной коры, так что на долю остальных Э. х. приходится менее 1% (см. *Кларки химических элементов*). Практич. доступность Э. х. определяется не только величиной их распространенности, но и способностью концентрироваться в ходе геохим. процессов. Нек-рые Э. х. не образуют собств. минералов, а присутствуют в виде примесей в минералах других. Они наз. рассеянными (рубий, галлий, гафний и др.). Э. х., содержащие к-рых в земной коре менее  $10^{-2}-10^{-3}\%$ , объединяются понятием «редких» (см. *Редкие элементы*).

Благородные газы встречаются в природе исключительно в виде простых в-в, нек-рые элементы — в виде простых в-в и соединений, но большинство — только в форме соединений. Большая часть простых в-в при нормальных условиях — твердые; бром и ртуть — жидкости; водород, азот, кислород, благородные газы, фтор и хлор — газы.

В разл. историч. эпохи в понятие «элемент» вкладывался разный смысл. Представление о том, что все Э. х. имеют материальный характер, а их число м. б. велико, высказал в 1661 Р. Бойль; он же предложил первое определение элемента как в-ва, неразложимого на составные части. В 1789 А. Лавуазье охарактеризовал элементы как предел разлагаемости в-в и составил первый список Э. х. — «Таблицу простых тел». В 1803–04 Дж. Дальтон ввел понятие атомного веса (массы) и опубликовал первую таблицу атомных весов Э. х. В 1870-х гг. Д. И. Менделеев четко разделил понятия элемента и простого в-ва.

Открытие существующих в природе Э. х. происходило на протяжении длит. времени (табл.). Хронологич. последовательность открытий определялась специфич. св-вами Э. х. и разработкой новых методов хим. анализа. Еще в древности стали известны золото, серебро, ртуть, железо, олово, свинец, сера, углерод. Они легко извлекаются из содержащих их соединений или встречаются в самородном виде. В средние века, в период господства алхимии, были открыты и изучены мышьяк, сурьма, висмут, цинк, а в 1669 — фосфор (причем фосфор — первый элемент, открытие к-рого м. б. датировано). Массовое и в значит. степени осознанное открытие Э. х.

началось в сер. 18 в., чему способствовало развитие пневматич. химии (изучение св-в газов) и в особенности – хим. анализа минералов. Итогом явилось обнаружение водорода, кислорода, азота, хлора, а также более 20 металлов. Электрохим. метод позволил в свободном виде получить натрий, калий, магний и кальций. Спектральный анализ, введенный в хим. практику Р. Бунзеном и Г. Кирхгофом в 1859–60, способствовал открытию рубидия, цезия, таллия, индия, галлия и благородных газов, а также неск. РЗЭ. С помощью радио-метрич. метода были открыты полоний, радий, актиний, радон и протактиний. В 1920-х гг. благодаря рентгеновскому анализу были найдены гафний, рений. Синтез искусственных Э. х. осуществлялся с кон. 30-х гг.

#### ХРОНОЛОГИЯ ОТКРЫТИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ, СУЩЕСТВУЮЩИХ НА ЗЕМЛЕ

Азот	1772	Д. Резерфорд
Актиний	1899	А. Дебьерн
Алюминий	1825	Х. Эрстед
Аргон	1894	У. Рамзай, Дж. Рэлей
Барий	1774	К. Шееле, Ю. Ган
Бериллий	1798	Л. Воклен
Бор	1808	Ж. Гей-Люссак, Л. Тенар
Бром	1826	А. Балар
Ванадий	1830	Н. Сефстрём
Висмут	Получен в средние века	
Водород	1766	Г. Кавендиш
Вольфрам	1781	К. Шееле
Галлий	1866	П. Лекок де Буабодран
Галлий	1875	П. Лекок де Буабодран
Гафний	1923	Д. Костер, Д. Хевеши
Гелий	1895	У. Рамзай, У. Крукс
Германий	1886	К. Винклер
Гольмий	1879	П. Клеве
Диспрозий	1886	П. Лекок де Буабодран
Европий	1901	Э. Демарсе
Железо	Известно с древности	
Золото	Известно с древности	
Индий	1863	Ф. Рейх, Т. Рихтер
Иод	1811	Б. Куртуа
Иридий	1804	С. Теинант
Иттербий	1878	Ж. Мариньяк
Иттрий	1794	Ю. Галлий
Кадмий	1817	Ф. Штрёмейер
Калий	1807	Г. Дэви
Кальций	1808	Г. Дэви
Кислород	1774	Дж. Пристли, К. Шееле
Кобальт	1735	Г. Брандт
Кремний	1823	Й. Берцелиус
Криптон	1898	У. Рамзай, М. Траверс
Ксенон	1898	У. Рамзай, М. Траверс
Лантан	1839	К. Мосандер
Литий	1817	Ю. Арфведсон
Лютеций	1907	Ж. Урбен
Магний	1808	Г. Дэви
Марганец	1774	К. Шееле, Ю. Ган
Медь	Известна с древности	
Молибден	1778	К. Шееле
Мышьяк	Получен в средние века	
Натрий	1807	Г. Дэви
Неодим	1885	К. Ауэр фон Вельсбах
Неон	1898	У. Рамзай, М. Траверс
Никель	1751	А. Кронстедт
Ниобий	1801	Ч. Хатчет
Олово	Известно с древности	
Осмий	1804	С. Теинант
Палладий	1803	У. Воластон
Платина	1748	А. де Уллоа
Полоний	1898	П. Кюри, М. Склодовская-Кюри
Празесодим	1885	К. Ауэр фон Вельсбах
Протактиний	1918	О. Ган, Л. Мейтнер; Ф. Содди, Дж. Кранстон
Радий	1898	П. Кюри, М. Склодовская-Кюри, Г. Бемон
Радон	1899	Р. Оуэнс, Э. Резерфорд
Рений	1927	И. Нодак (Такке), В. Нодак
Родий	1804	У. Воластон
Ртуть	Известна с древности	
Рубидий	1861	Р. Бунзен, Г. Кирхгоф
Рутений	1844	К.К. Клаус
Самарий	1879	П. Лекок де Буабодран
Свинец	Известен с древности	
Селен	1817	И. Берцелиус
Сера	Известна с древности	
Серебро	Известно с древности	
Скандий	1879	Л. Нильсон
Стронций	1790	А. Кроффорд

Сурыма	Получена в средние века
Таллий	1861 У. Крукс
Тантал	1802 А. Экеберг
Теллур	1782 Ф. Миоллер фон Рейхенштейн
Тербий	1843 К. Мосандер
Титан	1795 М. Клапрот
Торий	1828 Й. Берцелиус
Тулий	1879 П. Клеве
Углерод	Известен с древности
Уран	1789 М. Клапрот
Фосфор	1669 Х. Бранд
Фтор	1771 К. Шееле
Хлор	1774 К. Шееле
Хром	1797 Л. Воклен
Цезий	1861 Р. Бунзен, Г. Кирхгоф
Церий	1803 Й. Берцелиус, В. Хизингер; М. Клапрот
Цинк	Получен в средние века
Цирконий	1789 М. Клапрот
Эрбий	1843 К. Мосандер

Многие Э. х. (гл. обр. металлы) первоначально стали известны в виде соед. (преим. оксидов) и получены в свободном виде много лет спустя, что было связано с трудностями хим. восстановления этих металлов из их соединений. В составе животных и растительных организмов обнаружено более 70 Э. х. Подавляющее большинство Э. х. находят то или иное практич. применение. Нек-рые элементы, считавшиеся ранее бесперспективными, теперь играют исключительно важную роль как материалы новой техники (напр., бериллий, титан, цирконий, галлий, германий, ниобий, тантал, рений).

*Лит.*: Трифонов Д.Н., Кривомазов А.Н., Лисневский Ю.И., Химические элементы и нуклиды, М., 1980; Открытие химических элементов. Специфика и методы открытия, М., 1980; Популярная библиотека химических элементов, 3 изд., кн. 1–2, М., 1983.

*Д.Н. Трифонов.*

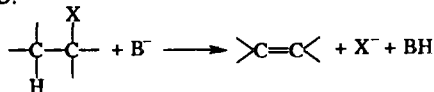
**ЭЛЕНОЛ** (2,6-диметил-2-октен-7-ол)  $(\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O})$   
 $\equiv \text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$ , мол. м. 156,26; бесцв. жидкость с цветочным запахом; т. кип. 68–70 °C/1,5 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,855;  $n_D^{20}$  1,453–1,455; давление пара 0,49 Па (20 °C); раств. в этаноле, не раств. в воде. Получают окислением аллоцимена воздухом, с послед. гидрированием образующегося диэпоксида и дегидратацией 2,6-диметил-2,7-октандиола. Применяют при составлении парфюм. композиций, отдушек для мыла и косметич. изделий, а также как сырье для получения эленилацетата. Эленилацетат  $(\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2)$   
 $\equiv \text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{O}(\text{C}=\text{O})\text{CH}_3)\text{CH}_3$ , мол. м. 198,30; бесцв. или светло-желтая жидкость с характерным цветочным запахом; т. кип. 80 °C/3 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,886;  $n_D^{20}$  1,440–1,445; раств. в этаноле, не раств. в воде. Получают ацелированием Э. уксусным ангидридом. Применяют при составлении парфюм. композиций и отдушек для мыла.

Для Э.: т. всп. 90 °C, т. самовоспл. 252 °C, температурные пределы воспламенения 82–114 °C; для эленилацетата: т. всп. 85 °C, т. самовоспл. 267 °C; температурные пределы воспламенения 72–116 °C, КПВ 0,25–2,63% (по объему).

*Л.А. Хейфиц.*

**ЭЛИМИНИРОВАНИЯ РЕАКЦИИ** (р-ции отщепления), отщепление от молекулы орг. соед. частиц (атомов или атомных групп) без замены их другими. Различают  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - и  $\delta$ -Э. р. При  $\alpha$ -элиминировании (отщепление частиц от одного атома) образуются валентно-ненасыщ. соед. (напр., карбены, нитрены), при  $\beta$ -элиминировании (отщепление частиц от соседних атомов) – соед. с кратными связями ( $\text{C}=\text{C}$ ,  $\text{C}\equiv\text{C}$ ,  $\text{C}=\text{N}$ ,  $\text{C}\equiv\text{N}$ ), при  $\gamma$ - либо  $\delta$ -элиминировании (отщепление частиц от атомов, разделенных одним или двумя атомами) – циклич. соед. Разновидность Э. р. – выброс фрагмента из углеродной цепи или цикла с образованием новой  $\sigma$ -связи (такие р-ции иногда наз. р-циями экструзии).

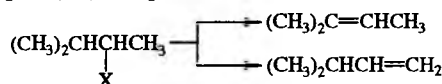
Наиб. изучены р-ции  $\beta$ -элиминирования. Для них возможны 3 механизма – E2, E1 и E1cB (обозначение E от англ. elimination). В р-циях бимол. элиминирования (механизм E2) две группы отщепляются одновременно в одну стадию, при этом протон связывается с катализатором–основанием B:



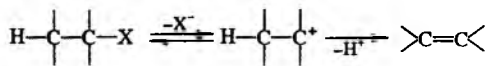
Р-ция стереоспецифична. Если группы Н и Х находятся в антиперипланарном положении (см. *Номенклатура стереохимическая*), то при Э. они уходят в противоположном направлении; происходит т. наз. *анти-Э*. Если же группы Н и Х находятся в синперипланарном положении, то при Э. они уходят в одном направлении (*син-Э*). *анти-Э*. обычно предпочтительнее, чем *син-Э*. Известно много примеров обоих видов Э. Так, при элиминировании НВг из *мезо*-1,2-дибром-1,2-дифенилэтана образуется *цис*-2-бромстильбен, тогда как из *рацемата* получается *транс*-олефин. *анти*-Элиминирование *эритро*-соед. приводит к *цис*-олефинам, а *трео*-соед. — к *транс*-изомерам.

В нек-рых случаях, когда возможно образование ионных пар, а также под влиянием стерич., конформац. и других факторов происходит (а иногда даже преобладает) *син*-элиминирование. Наиб. склонность к этим р-циям проявляют соед. с группой N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>.

β-Элиминирование галогеноводородов из алкилгалогенидов либо воды из спиртов подчиняются в основном *Зайцева правилу* (атом Н отщепляется от наименее гидрогенизир. атома углерода), а Э. р. при термич. разложении четвертичных аммониевых оснований — правилу Гофмана (из неск. возможных олефинов образуется тот, к-рый содержит наименьшее число алкильных заместителей, обычно этилен; см. *Гофмана реакция*), напр.:

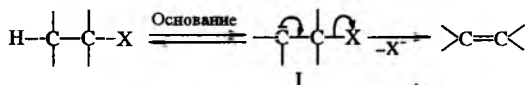


Мономол. механизм E1 — двухстадийный процесс, в к-ром медленная лимитирующая стадия — ионизация субстрата с образованием карбокатиона; последний быстро отдает протон основанию, к-рым часто служит р-итель:



Обычно р-ции по механизму E1 идут без добавления основания, они нестереоспецифичны, т.к. прежде чем отдать протон, карбокатион может принять наиб. устойчивую конформацию.

По карбанионному механизму E1cB сначала отщепляется Н, а затем Х. Это двухстадийный процесс, в к-ром интермедиатом служит карбанион:

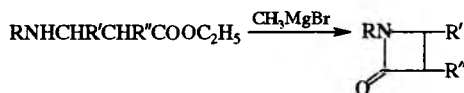


Обозначение механизма символом E1cB отражает участие в р-ции сопряженного основания ф-лы I (сВ — сопряженное основание, conjugated base). По механизму E1cB преим. реагируют субстраты, у к-рых водород активирован сильными электроакцепторными группами.

Э. р., протекающие в газовой фазе (пиролитич. элиминирование), могут происходить по периклич. и свободнорадикальному механизмам.

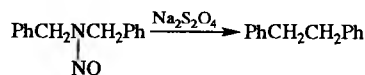
О механизме фотохим. Э. р. карбонильных соед. см. *Фрагментация реакции*.

Э. р. применяют в орг. синтезе для получения олефинов (см., напр., *Бэмфорда-Стивенса реакция*), а также циклич. соед., напр. образование β-лактамов из эфиров β-аминокислот под действием реактива Гриньяра (р-ция Брекпота):



К Э. р. с образованием σ-связи относится, напр., превращение дибензилнитрозоамина в дибензил при дей-

ствии дитионита натрия (р-ция Овербергера-Ломбардино):



См. также *Дегидратация, Дегидрогалогенирование, Хелетронные реакции*.

Лит.: *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 1, М., 1981, с. 673–81; Марч Дж., *Органическая химия*, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 5–108.

**ЭЛЛИПСОМЕТРИЯ**, метод исследования св-в границы (пов-сти) раздела разл. сред и происходящих на ней явлений (адсорбция, окисление и др.) по параметрам эллиптич. поляризации отраженного света.

При отражении монохроматич. плоскополяризов. света, падающего под углом φ<sub>0</sub>, электромагн. волна, взаимодействуя с в-вом, обычно преобразуется в эллиптически поляризованную. Это объясняется тем, что электромагн. колебания, совершающиеся в плоскости падения (р-колебания) светового луча и в перпендикулярной к ней плоскости (s-колебания), при отражении света по-разному изменяют амплитуду напряженности электр. поля E и начальную фазу δ колебаний (рис.). Параметрами E и δ характеризуются т. наз. комплексные амплитуды для р- и s-колебаний падающей ( $\tilde{E}_p = E_p e^{i\delta}$ ,  $\tilde{E}_s = E_s e^{i\delta}$ ) и отраженной ( $\tilde{E}'_p = E'_p e^{i\delta'}$ ,  $\tilde{E}'_s = E'_s e^{i\delta'}$ ) волн. Отношения амплитуд  $\tilde{R}_p = \tilde{E}'_p / \tilde{E}_p$  и  $\tilde{R}_s = \tilde{E}'_s / \tilde{E}_s$ , или комплексные коэф. отражения, можно вычислить в рамках конкретной модели отражающей пов-сти, используя мат. аппарат теории комплексных чисел и электромагн. теорию света.

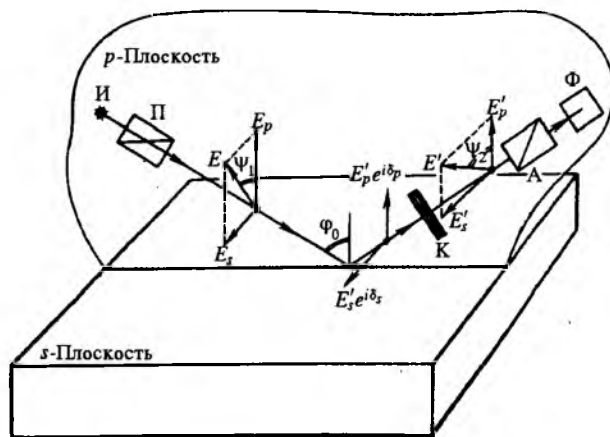


Схема действия эллипсометра; пояснения в тексте.

Такой подход, наз. прямой задачей Э., позволяет записать осн. ур-ние Э.:

$$\frac{\tilde{R}_p}{\tilde{R}_s} = \frac{E'_p E_s}{E'_s E_p} e^{i(\delta_p - \delta_s)} = \frac{\text{tg} \psi_2}{\text{tg} \psi_1} e^{i\Delta} = \text{tg} \psi e^{i\Delta}$$

где ψ (ψ<sub>1</sub>, ψ<sub>2</sub> — соотв. для падающей и отраженной волн) и Δ = (δ<sub>p</sub> - δ<sub>s</sub>) — эллипсометрич. углы, измеряемые с помощью спец. приборов — эллипсометров.

В простейшей схеме эллипсометра, приведенной на рис., монохроматич. свет от источника И, проходя через призму-поляризатор П, преобразуется в плоскополяризов. свет. При отражении от исследуемой пов-сти между р- и s-колебаниями возникает разность фаз Δ; при этом конец вектора напряженности, характеризующего результирующее электр. колебание, описывает эллипс. Компенсатор К приводит разность фаз между р- и s-колебаниями к нулю и снова преобразует свет в плоскополяризованный, к-рый можно полностью погасить анализатором А. Гашение фиксируется

фотоприемником Ф. Значения азимутов поляризатора и анализатора в положении гашения связаны с углами  $\psi$  и  $\Delta$ .

Прямая задача Э. легко решается для геометрически плоской границы раздела полубесконечных сред; разработаны методы решения для более сложных систем, напр., для планарной многослойной системы тонких пленок заданной толщины с известными оптич. постоянными сред. Совпадение вычисленных значений  $\psi$  и  $\Delta$  с экспериментальными свидетельствует о корректности выбранной оптич. модели.

Однако, как правило, необходимо решать обратную задачу Э.— находить оптич. характеристики отражающей системы по измеренному набору значений  $\psi$  и  $\Delta$  при разных условиях: разл. углах падения света  $\Phi_0$ , падении света на изучаемую пов-сть из разных сред, использование света разл. частот (т. наз. спектральная Э.).

С помощью прямых вычислений обратная задача м. б. решена для случая отражения света от идеальной (резкой, гладкой) плоской границы раздела; в частности, по измеренным эллипсометрич. углам можно рассчитать оптич. константы (показатели преломления и поглощения) металлов. При этом даже для хорошо отполированной металл. пов-сти модель идеальной границы раздела не всегда корректна, поэтому следует учитывать шероховатость реальной пов-сти. Общего решения обратной задачи не существует. Оптич. характеристики находят посредством номограмм, построенных по результатам решения прямой задачи на ЭВМ или с помощью спец. программ типа «поиск».

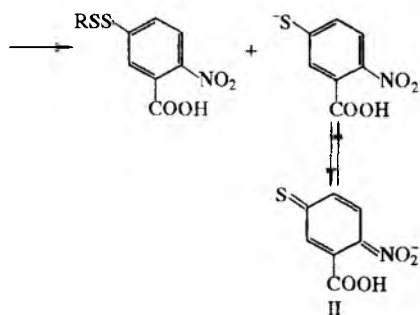
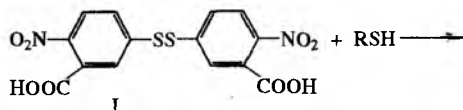
Классич. область применения Э.— исследования оптич. св-в материалов, в т. ч. измерения оптич. постоянных тонких (напр., оксидных) пленок, а также их толщин. Интерес к Э. возрос в 70–80-х гг. 20 в. в связи с особым значением, к-рое приобрели анализ структуры, изучение физ.-хим. св-в и контроль чистоты пов-стей благодаря быстрому развитию твердотельной (прежде всего полупроводниковой) электроники. Э. используют также в исследованиях физ. и хим. адсорбции в глубоком вакууме на плоских пов-стях Si, Ag, Pt и др., адсорбции полимеров на границе жидкость–газ и жидкость–жидкость, процессов катализа на микроуровне, св-в верх. слоев пов-стей, подвергнутых коррозии, в электрохимии для изучения окисления и восстановления электродов, в микробиологии для исследования оболочек клеток и липидных мембран и др.

Достоинства Э.: простота и быстрота измерений (имеются автоматич. эллипсометры), возможность производить их в ходе процесса (in situ), в вакууме, при высоких т-рах, в агрессивных средах; кроме того, при экспериментах пов-сти не загрязняются и не разрушаются. Недостаток метода — трудность правильного выбора модели отражающей системы и интерпретации результатов измерений. Поэтому наиб. перспективно сочетание Э. с др. методами исследования пов-сти, напр. с оже-спектроскопией, УФ и рентгеновской спектроскопией, методами дифракции электронов и рассеяния ионов.

Лит.: Основы эллипсометрии, под ред. А. В. Ржанова, Новосибир., 1979; Аззам Р., Башара Н., Эллипсометрия и поляризованный свет, пер. с англ., М., 1981; Громов В. К., Введение в эллипсометрию, Л., 1986; Пшеницын В. И., Абасев М. И., Лызлов Н. Ю., Эллипсометрия в физико-химических исследованиях, Л., 1986; Всесоюзные конференции по эллипсометрии. Сб. тр., Новосибир., 1980–91; Эллипсометрия. Теория, методы, приложения, ред. К. К. Святшнев, А. С. Марджов, Новосибир., 1991. 3. М. Зорин.

**ЭЛЛИМАНА РЕАКТИВ** [5,5'-дитио-бис-(2-нитробензойная к-та), 3,3'-дихарбокси-4,4'-динитродифенилдисульфид; ф-ла I], мол. м. 396,4; т. пл. 240–245 °С (с разл.). Э. р. получают окислением 5-меркапто-2-нитробензойной к-ты.

Э. р.— аналит. реагент для определения своб. групп SH, в т. ч. в белках и пептидах. Метод основан на взаимодей. Э. р. с субстратами при pH 8 по схеме:

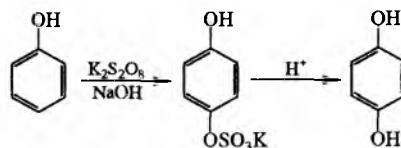


Хиноидную форму (II) 2-нитро-5-меркаптобензойной к-ты определяют спектрофотометрически при  $\lambda$  412 нм ( $\epsilon_{\lambda}$   $1,3 \cdot 10^4$ ).

Реагент предложен Дж. Эллиманом в 1959.

Лит.: Справочник биохимика, пер. с англ., М., 1991, с. 323. В. В. Басев.

**ЭЛЬБСА РЕАКЦИИ**, 1) получение двухатомных фенолов действием персульфатов на одноатомные фенолы в щелочной среде (окисление по Эльбсу, персульфатное окисление), напр.:



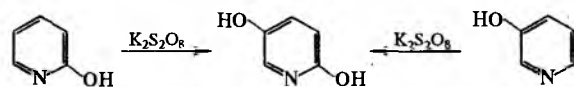
Электронодонорные заместители ускоряют, а электроноакцепторные замедляют р-цию. Вторая группа HO обычно вступает в *пара*-положение (если оно занято, то образуются *орто*-дифенолы, но выход резко снижается). Гладко в Э. р. вступают крезолы, *n*-галоген-, *o*- и *p*-нитрофенолы, *m*-гидроксибензальдегид и *m*-гидроксibenзойная к-та. Окисление двухатомных фенолов часто сопровождается разрушением ароматич. ядра. Если одну из групп HO предварительно проалкилировать, то р-ция протекает обычным образом.

$\alpha$ -Нафтол и его производные дают с хорошими выходами 1,4-дигидроксипроизводные,  $\beta$ -нафтол и 2-гидрокси-3-нафтойная к-та образуют 1,2-дигидроксипроизводные, но с низкими выходами.

Р-цию обычно осуществляют добавлением на холоде насыщ. водного р-ра  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  или  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$  к щелочному р-ру фенола с послед. подкислением. Использование смеси  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$  и ацетата Pd позволяет вести прямое ацетоксилирование одноатомных фенолов. Выходы, как правило, не превышают 50%.

Осн. побочные продукты — изомерные дигидроксифенолы (характерны для р-ции замещенных фенолов), хиноны и продукты их дальнейшей деструкции.

В р-цию, подобную Э. р., также вступают гидроксипроизводные флавона, кумарина, нек-рых азотсодержащих гетероциклов, напр.:

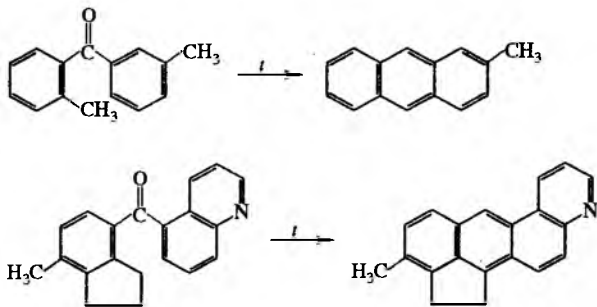


Механизм р-ции окончательно не выяснен. Предполагают, что она может осуществляться по свободнорадикальному механизму (следы  $\text{Fe}^{2+}$  в персульфате катализируют образование анион-радикала  $\text{SO}_4^-$ , к-рый атакует *пара*-положение фенолят-иона) или ионному (атака феноксид-аниона ионом  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  и послед. перегруппировка образовавшегося аддукта).

Э. р. используют в препаративной практике; открыта К. Эльбсом в 1893.

Лит.: Sethna S., «Chem. Revs.», 1951, № 49, № 1, p. 91–101; Sheldon R., Koschi J., Metall-catalyzed oxidation of organic compounds, N. Y., 1981; Capdevielle P., Maumy M., «Tetrahedron letters», 1982, v. 23, № 15, p. 1573–76, 1577–80.

2) Термич. циклодегидратация диарилкетонов, содержащих в орто-положении группы  $\text{CH}_3$  или  $\text{CN}_2$ , с образованием конденсир. ароматич. углеводородов, напр.:



Р-цию обычно осуществляют при 350–500 °С в течение неск. часов или суток до прекращения выделения  $\text{H}_2\text{O}$ . Выходы обычно не превышают 50%.

Осн. побочные процессы: миграция карбонильной группы и др. внутримол. перегруппировки; отщепление заместителей ( $\text{Alk}$ ,  $\text{AlkO}$ ,  $\text{Hal}$ ) из ароматич. ядра; гидро- и дегидрогенизация.

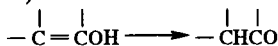
Механизм р-ции не выяснен. Полагают, что первоначально кетон переходит в енольную форму с образованием сопряженной системы связей; затем следует внутримол. присоединение др. ароматич. кольца с образованием производного дигидроантраола, к-рый подвергается дегидратации. Существуют и др. представления о механизме этой р-ции.

Р-цию циклодегидратации используют в препаративной практике как наиб. экономичный и быстрый способ синтеза нек-рых производных дибензо[*a,h*]антрацена, холаантрена и динафтохризен.

Р-ция открыта К. Эльбсом в 1884.

Лит.: Физер Л., в сб.: Органические реакции, пер. с англ., сб. 1, М., 1948, с. 163; Фьюэри Р., Реакции органических соединений, пер. с англ., М., 1966, с. 450–51. Г. И. Дрозд.

**ЭЛЬТЕКОВА ПРАВИЛО:** ненасыщенные спирты с группой  $\text{OH}$  у атома углерода, при к-ром имеется двойная связь (см. Енолы), нестойки и превращаются в карбонильные соед. (альдегиды или кетоны):



Э. п. в определенной мере справедливо лишь для простейших енолов. Известны многочисленные достаточно стабильные енолы [напр., соед. ф-лы I,  $\text{CH}_2\text{C}(\text{OH})=\text{CHC}(\text{O})\text{Ph}$ ,  $\text{HOCH}=\text{C}(\text{COOC}_2\text{H}_5)_2$  содержат соотв. 100, 99 и 94% енольной формы], а также соед., в к-рых енольная и карбонильная формы находятся в динамич. равновесии (см. Таутомерия).

Правило сформулировано А. П. Эльтековым в 1877 и независимо от него Э. Эрленмейером в 1880. Г. И. Дрозд.

**ЭМАЛИ,** 1) Тонкие стеклообразные покрытия (финифть, стеклоэмаль), наносимые на изделия из металлов и их сплавов и закрепляемые обжигом. Характеризуются высокой твердостью, коррозионной стойкостью, износ- и жаростойкостью.

По назначению Э. подразделяют на техн. и художественные, по внешнему виду – на прозрачные и непрозрачные (глушеные), белые и цветные.

Технические Э. наносят на изделия из чугуна, стали, алюминия и сплавов легких металлов. Подразделяют на грунтовые и покровные. Грунтовые Э., содержащие 50–60%  $\text{SiO}_2$ , 2–8%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , до 30%  $\text{V}_2\text{O}_5$ , 12–30%  $\text{Na}_2\text{O}$ , 4–10%  $\text{CaO}$  и др. оксиды (до 10 наименований), наносят на изделия первым, грунтовым слоем, к-рый хорошо сцепляется с металлом. Для усиления сцепления с металлом вводят т. наз. оксиды сцепления –  $\text{Co}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MoO}_3$ .

Покровные Э., наносимые на грунтовые, подразделяют на непрозрачные (белые, окрашенные) и прозрачные (бесцв., окрашенные). Они содержат те же оксиды, что и грунтовые, и, кроме того,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , фториды щелочных металлов, выполняющие роль глушителей (иногда Э. классифицируют именно по составу глушителей). В состав окрашенных Э. входят также пигменты (оксиды  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ni}$ ), люминофоры и др.

Технология произ-ва Э. включает: составление шихты, содержащей разл. стеклообразующие материалы (кварц, кварцевый песок, сода, поташ, мел, полевой шпат, глина, каолин, бура) и спец. добавки (см. выше); плавление шихты [для фриттованных (предварительно сплавленных) Э.] при т-ре 1150–1450 °С до получения стеклянных гранул; размалывание гранул до получения пудры (помол без воды) или устойчивого шликера (помол с водой и смешивание со связующими компонентами). Устойчивый маловязкий шликер обычно содержит 30–40% по массе воды, 5–10% глины, 0,1–0,5% электролитов (сода и др.), огнеупорные наполнители, при необходимости, – 3–8% глушителей, 1–5% пигментов и орг. красителей. Нефриттованные Э. получают размолом (без плавления) в воде исходных материалов.

Шликер или пудру наносят на предварительно подготовленную (обезжиренную, протравленную, очищенную песком) пов-сть металла погружением, обливом, пульверизацией, электростатич. напылением, электрофорезом и др. способами; пудру часто наносят напылением с помощью вибрострелки на пов-сть, нагретую до 600–800 °С. Изделия, покрытые грунтовой Э., сушат в конвейерной сушилке при 150–180 °С, после чего в два слоя наносят покровную эмаль. Каждый слой Э. обжигают отдельно в камерных, туннельных и др. печах.

В зависимости от исходного состава оксидов и т-ры обжига Э. бывают легко- и тугоплавкими, в зависимости от фазового состава покрытия – стеклообразными и стеклокристаллическими (ситаллизированными). Оптимальные т-ры обжига Э. для изделий из чугуна и стали: грунтовых – 850–980 °С, покровных – 800–920 °С; из алюминия и его сплавов – 530–580 °С; из благородных и цветных металлов – 750–850 °С; из тугоплавких металлов и сплавов – до 1600 °С. Для получения качественных покрытий расплавленные Э. должны хорошо смачивать металл; при этом вязкость расплавленной Э. не должна превышать 100 Па·с, а величина ее поверхностного натяжения – 300 Н/м.

На изделия, обработка к-рых при высокой т-ре недопустима, Э. наносят дуговым или высокочастотным плазменным напылением (т-ра пов-сти не более 200 °С).

Продолжительность обжига покрытия 3–4 мин для мелких изделий и до 30–40 мин для крупных; обычная толщина Э. 0,07–0,02 мм, в случае толстостенных изделий хим. аппаратуры – до 1–2 мм (2–3 слоя грунтовой Э. и до 7 слоев покровной). Наличие большого кол-ва слоев способствует релаксации возникающих при охлаждении напряжений, обусловленных различием температурного коэф. линейного расширения Э. и металлов. Во избежание образования дефектов эти напряжения не должны превышать 50–100 МПа для стеклообразных Э. и 150–200 МПа для стеклокристаллических. Готовые покрытия иногда расписывают красками на основе окрашенных оксидов или солей металлов.

Техн. Э. предназначены для увеличения износостойкости разл. аппаратов в хим., пищевой и фармацевтич. пром-сти, эксплуатирующихся в агрессивных средах. Их наносят также на изделия бытового назначения (посуду, холодильники, санитарно-техн. и электроосветит. аппаратуру), нек-рые архитектурно-строительные облицовочные детали, дорожные знаки и пр.

Художественные Э. обычно наносят для украшения изделий из цветных и благородных металлов. Содержат обычно те же оксиды, что и техн. Э. Толщина эмалевого покрытия обычно не превышает 0,01 мм. На ювелирные изделия эмалевые составы, в т. ч. многоцветные, накладывают вручную. В зависимости от техники наложения и закрепления Э. наз. выемчатыми, перегородчатыми, расписными, поливными, по рельефу, по скани и др.

Э. известна с глубокой древности (Др. Египет), в Византии в 10–12 вв. использовалась при художественных работах по золоту, на Руси известна с 11 в. Для покрытия изделий техн. назначения применяют с кон. 17 в.

Лит.: Локшии В. Я., Технология эмалирования металлических изделий, 2 изд., М., 1955; Технология эмали и эмалирования металлов, 2 изд., М., 1965; Аппеи А. А., Температуроустойчивые неорганические покрытия, 2 изд., Л., 1976; Химическая технология стекла и ситаллов, под ред. Н. М. Павлушкина, М., 1983. И. Я. Гузман.

2) Эмалевые краски (лаковые краски) – суспензии высокодисперсных пигментов и наполнителей в лаках. При нанесении на пов-сть образуют непрозрачную пленку, превращающуюся после высыхания в лакокрасочное покрытие, по внешн. виду напоминающее стеклообр. эмаль (см. выше).

По природе пленкообразующего в-ва (лака) различают Э. на основе алкидных, полиэфирных, феноло-альдегидных, перхлорвиниловых и эпоксидных смол, полиуретанов, полиакрилатов, нитратов целлюлозы, кремнийорг. олигомеров и др.

В качестве пигментов в Э. используют цинковые, свинцовые и титановые белила, охру, литопон, сажу, сурик, оксиды Cr и Fe, орг. пигменты; в качестве наполнителей – тонкодисперсные порошки мела, слюды, талька, каолина,  $Al_2O_3$ ,  $BaCO_3$  и др. Р-рителями (разбавителями) служат орг. в-ва, не вызывающие хим. превращений пленкообразователей и испаряющиеся в процессе высыхания, напр. спирты и моноэфиры гликолей – для феноло-формальдегидных смол, углеводороды – для алкидных смол и битумов, кетоны и сложные эфиры – для нитратов целлюлозы. Другие компоненты – пластификаторы, сиккативы, стабилизаторы, диспергаторы, ПАВ, матирующие добавки (напр., воски, Al-соли жирных к-т и к-т канифоли). При введении спец. добавок, напр. бентонита или тонкодисперсного  $SiO_2$ , образуются обратимые коагуляционные (тиксотропные) структуры, благодаря к-рым Э. утрачивают текучесть и могут удерживаться на вертикальных пов-стях.

Получают Э. диспергированием (перетиром) тонкоизмельченных пигментов и наполнителей в пленкообразователе. Содержание сухого в-ва 25–60% по массе, отношение к кол-ву пленкообразователя от 3:1 до 5:1. Наносят Э. на специально подготовленную пов-сть или по грунтовкам валиком, кистью, распылением либо др. способами (см. Лакокрасочные покрытия) в неск. слоев (с сушкой каждого нанесенного слоя).

Формирование пленки Э. на пов-сти происходит как в результате испарения р-рителей при комнатной т-ре, так и в результате хим. взаимод. компонентов при разл., в т.ч. повышенных, т-рах. Так, напр., пленкообразование Э. на основе высыхающих алкидных смол происходит в результате окислит. полимеризации пленкообразователя, полиэфирных смол – в результате сополимеризации с мономерами, входящими в состав р-рителей, эпоксидных – в результате взаимод. с отвердителем, к-рый вводят в композицию непосредственно перед нанесением на пов-сть. Толщина эмалевых покрытий обычно не превышает 100 мкм, для тиксотропных Э. – 350 мкм.

Покрытия обладают удовлетворит. атмосферостойкостью (при правильном нанесении и сушке – до 4–6 лет), достаточно высокими декоративными св-вами, медленно набухают в воде. Применяют Э. для получения защитных и декоративных покрытий по металлу, дереву, пластмассе и др. материалам.

Лит.: Энциклопедия полимеров, т. 2, М., 1974, с. 10–30. См. также лит. при ст. Лакокрасочные покрытия. И. В. Майорова.

**ЭМАНАЦИОННЫЙ МЕТОД**, физ.-хим. метод исследования твердых тел, основанный на изучении их способности выделять (эманировать) в окружающую среду изотопы радиоактивного инертного газа радона (эманации). В изучаемый объект вводят пропиткой, сосаждением, сорбцией или др. путем микроколичество материнского радионуклида, при радиоактивном распаде к-рого образуются непосредственно или в результате ядерных реакций изотопы Rn. Обычно материнскими нуклидами служат  $^{226}Ra$  или  $^{228}Th$ . При  $\alpha$ -распаде  $^{226}Ra$  образуется  $^{222}Rn$  ( $T_{1/2}$  3,823 сут); превращение

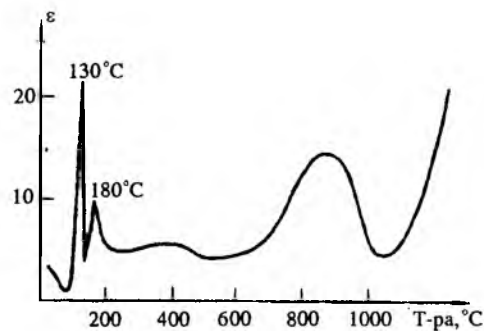
$^{228}Th \xrightarrow[T_{1/2} 1,913 \text{ года}]{\alpha\text{-распад}} ^{224}Ra \xrightarrow[T_{1/2} 3,66 \text{ сут}]{\alpha\text{-распад}} ^{220}Rn$  ( $T_{1/2}$  55,6 с) приводит к образованию короткоживущего  $^{220}Rn$ , наз. часто торон (см. Радиоактивные ряды).

Образовавшиеся в твердом образце атомы радона переходят в окружающую газовую среду пл. обр. диффузионным путем (незначит. доля эманации покидает твердое тело за счет эффекта отдачи). Выделение эманации зависит от структуры твердого тела, уровня дефектности и т.п. факторов, определяющих скорость диффузии. Отношение числа атомов эманации, выделяющихся в единицу времени из твердого тела в окружающую среду, ко всем атомам эманации, образовавшимся в исследуемом теле за то же время вследствие радиоактивного распада материнского нуклида, наз. коэф. эманации  $\epsilon$ . Значение  $\epsilon$  меняется от приблизительно 1 (для расплавов) до 0,01 и менее (для бездефектных монокристаллов).

Наилучшие результаты Э. м. обеспечивает, если материнский нуклид распределен гомогенно по всему объему исследуемого твердого образца. Кол-во материнского нуклида и образующегося инертного газа в образце ничтожно малы (менее  $10^{-10}$ – $10^{-8}$  г), поэтому на физ.-хим. св-вах изучаемого твердого материала их присутствие не сказывается. Атомы радона, образующиеся при  $\alpha$ -распаде материнских ядер, не реагируют с окружающим в-вом и остаются в химически не связанном состоянии.

На практике применение Э. м. обычно совмещают с термическим анализом, т.е. изучают эманирование при разных т-рах. График зависимости  $\epsilon$  от т-ры получил назв. эманограммы. При эманационно-термич. методе важно, чтобы в твердом теле быстро устанавливалось равновесие между материнским нуклидом и эманацией; наиб. удобно с этой целью использовать торон (равновесие между тороном и  $^{224}Ra$  устанавливается за 8–10 мин). При получении эманограммы образец помещают в нагреваемый герметич. сосуд и потоком газа-носителя, проходящего над образцом, переносят выделяющуюся эманацию в блок детектирования, где кол-во выделенной эманации определяют радиометрически.

При т-рах хим. или фазовых (полиморфных) превращений наблюдается резкое возрастание  $\epsilon$  (рис.). Так, острые максимумы на эманограмме гипса  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , отвечающие 130 и 180 °C, соответствуют двум стадиям его дегидратации. Широкий максимум в области т-р 800–990 °C свидетельствует о превращении  $\alpha$ - и  $\beta$ -форм  $CaSO_4$ . По эманограмме судят о кинетике превращений, определяют т-ры начала и окончания твердофазных р-ций, определяют т-ры стеклования полимеров, судят о суммарной дефектности твердого тела.



Кривая изменения с т-рой коэф.  $\epsilon$  эманирования торона  $^{220}Rn$  из гипса  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  ( $\epsilon$  выражен в относит. единицах).

Возможности Э. м. могут быть расширены, если вместо радона использовать радиоактивные нуклиды  $^{85}Kг$  и  $^{133}Xe$ . В этом случае Kг или Xe вводят в изучаемый объект, помещая его в атмосферу, содержащую радиоактивный инертный газ; при воздействии на атмосферу излучением высокочастотного трансформатора Теслы ускоренные ионы инертных газов поступают в образец (метод Еха). При этом радиоактив-

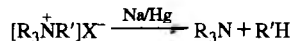


ные атомы проникают не на всю толщину образца, а только в его поверхностные слои, но во мн. случаях этого оказывается достаточно для получения информации о строении твердого тела.

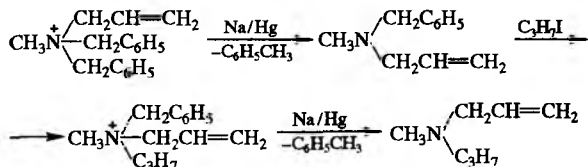
Идея Э. м. была впервые высказана и реализована Л. С. Коллат-Червинским в 1902, работавшим в лаборатории М. Склодовской-Кюри.

Лит.: Несмеянов А.Н., Радиохимия, 2 изд., М., 1978; Балек В., Тельеши Ю., Эманационно-термический анализ, пер. с англ., М., 1986.

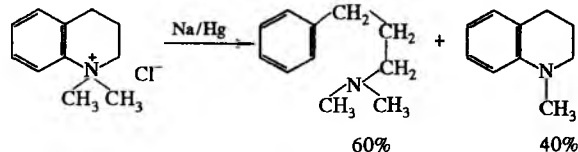
**ЭМДЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ**, восстановит. разрыв связи C—N в четвертичных солях аммония при действии амальгамы натрия:



Обычно четвертичную соль в воде или водном спирте перемешивают с избытком 5%-ной амальгамы натрия или расщепляют р-ром щелочного металла в жидком аммиаке (либо сплавом никеля с алюминием). Э. р. неприменимо, когда все заместители — насыщенные алкильные группы. Р-ция протекает легко при наличии кратной связи у соседнего со связью C—N атома углерода; бензильная и 3-фенилаллильная группы отщепляются легче аллильной, что используют в синтезе смешанных третичных аминов:

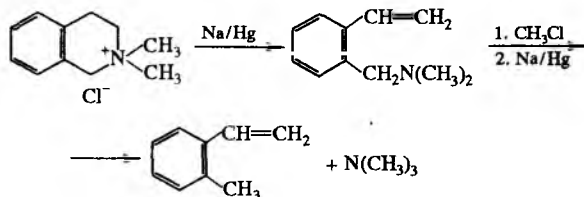


Соли типа триметилфениламмонийхлорида практически не расщепляются, однако у аналогичных циклич. соединений разрывается связь между бензольным кольцом и атомом азота:



В условиях расщепления Гофмана такого раскрытия цикла не происходит — элиминируется метильная группа.

Производные тетрагидроизохинолина реагируют с расщеплением кольца как при Э. р., так и при расщеплении по Гофману:



Э. р. является ценным дополнением к широко распространенному методу расщепления четвертичных оснований по Гофману, т. к. часто приводит к иным результатам, и особенно эффективно используется для установления строения аминов и алкалоидов. Реакцию открыл Г. Эмде в 1909.

Лит.: Вацуро К.В., Мищенко Г.Л., Именные реакции в органической химии, М., 1976, с. 499–500; Houben-Weyl, Methoden der organischen Chemie, 4 Aufl., Bd 11/1, Stuttgart, 1957, S. 973.

**ЭМЕТИН**, мол. м. 480,65, алкалоид, содержащийся в рвотном корне — корне ипекакуаны (*Serphaelis Ipecacuanha*) семейства мареновых (*Rubiaceae*); обнаружен также в нек-рых др. видах растений. Бесцв. кристаллы, т. пл. 74 °С,  $[\alpha]_D^{20}$  –26° (50%-ный C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) и –50° (CHCl<sub>3</sub>); легко раств. в хлороформе,

этаноле, диэтиловом эфире, хуже — в бензоле и легкокипящем петролейном эфире, плохо — в воде.

Э. — двухкислотное основание, образует растворимые в воде кристаллич. соли: дигидрохлорид, т. пл. 235–255 °С (с разл.),  $[\alpha]_D^{20}$  +11° (H<sub>2</sub>O); дигидробромид, т. пл. 250–260 °С,  $[\alpha]_D^{20}$  +12° (H<sub>2</sub>O). При метилировании Э. метилиодидом образуется смесь стереоизомерных иодметилатов α- и β-*N*-метилэметинов с т. пл. 225 и 262 °С соотв. Окисление Э. иодом в этаноле приводит к *O*-метилпсихотрину (в ф-ле дополнит. двойная связь между атомами C-1' и N-2'). При кипячении Э. с FeCl<sub>3</sub> образуется рубрэметин с т. пл. 127–128 °С. Окисление Э. KMnO<sub>4</sub> в ацетоне приводит к 6,7-диметоксиизохинолин-1-карбоновой и метагемипиновой (4,5-диметоксибензол-1,2-дикарбоновой) к-там, а в слабощелочной среде — к 1-кето-6,7-диметокси-1,2,3,4-тетрагидроизохинолину.

Осуществлен лаб. синтез Э. Биогенетич. предшественник его — дофамин (3,4-дигидроксифенилаланин). Э. обнаруживают хроматографич. и спектральными методами, а также по зеленовато-желтому окрашиванию с сульфомолибденовой к-той.

Корни ипекакуаны содержат до 2,7% алкалоидов; ок. половины этого кол-ва составляет Э. В медицине Э. используют как ср-во от амебной дизентерии и нек-рых др. протозойных инфекций, иногда — как рвотное ср-во. В качестве отхаркивающего применяют само растение ипекакуана или реже Э. в малых дозах. В больших дозах Э. — яд.

Лит.: Suffness M., Cordell G.A., в кн.: The Alkaloids, v. 25, ed. by A. Brossi, N. Y., 1985.

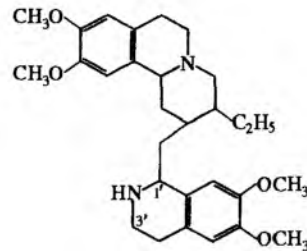
А. А. Ибрагимов.

**ЭМИССИОННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**, см. Спектральный анализ.

**ЭМУЛЬСИИ**, дисперсные системы с жидкой дисперсионной средой и жидкой (реже газовой) дисперсной фазой. Различают прямые Э. — дисперсионная среда (обычно вода) более полярна, чем дисперсная фаза (напр., молоко, латексы), и обратные (инвертные) Э. — с менее полярной дисперсионной средой (маргарин, сырая нефть). Существуют также множественные Э., в к-рых капли дисперсной фазы содержат в своем объеме более мелкие капли дисперсионной среды. Э. разделяют на разбавленные (дисперсная фаза занимает по объему доли %), концентрированные (единицы и десятки %) и высококонцентрированные, или спумоидные (пенообразные), напр. многие мази, кремы. В таких Э. капли дисперсной фазы прижаты друг к другу и разделены тонкими эмульсионными пленками, прямыми или обратными, так что объемная доля дисперсной фазы может достигать 99% и более (подробнее см. *Тонкие пленки*). Важная характеристика Э. — их дисперсность, точнее функция распределения капель по размерам. В концентрированных Э. средний размер капель обычно составляет от неск. мкм до десятков мкм, тогда как разб. Э. имеют капли в доли мкм и меньше.

Образование Э. — эмульгирование — может происходить как в результате конденсац. выделения новой дисперсной фазы, так и при диспергировании одной жидкой фазы в другой. Диспергирование может происходить самопроизвольно или в результате мех. воздействия. Самопроизвольное эмульгирование возможно при очень низких значениях поверхностного натяжения границы раздела двух жидкостей (менее сотой доли мН/м) и приводит к образованию термодинамически равновесных к р и т и ч. Э. (см. *Микроэмульсии*). Кроме того, самопроизвольное эмульгирование может происходить в результате диффузионного переноса в-в (обычно ПАВ) из одной фазы в другую. Для мех. эмульгирования применяют разл. гомогенизаторы и диспергаторы (см. *Диспергирование*).

**Стабилизаторы Э.** Возможность образования Э., их тип и стабильность определяются поверхностными явлениями на границах раздела фаз и зависят прежде всего от наличия в 948



системе ПАВ-эмульгаторов, их концентрации и мол. строения, в частности гидрофильно-липофильного баланса ГЛБ (см. *Поверхностно-активные вещества*). Стабилизаторами прямых Э. являются водорастворимые ПАВ с высокими значениями ГЛБ (более 8): анионные (мыла щелочных металлов, натриевые и триэтаноламинные соли алкилсульфокислот и алкилфосфорных к-т), неионогенные (твины, этоксилаты спиртов и алкилфенолов), катионные (алкилимидазолины, четвертичные аммониевые соли), высокомолекулярные ПАВ как прир. происхождения (лецитины, полисахариды, липопротеины, белки), так и синтетические (поливиниловый спирт, полиакрилаты и др.).

Для стабилизации обратных Э. используют мыла переходных металлов, моноалканамида, неионогенные ПАВ с низким ГЛБ, напр. спан-80, этиленоксидаты высших спиртов и к-т. При взаимод. стабилизированных мылами щелочных металлов прямых Э. с многозарядными ионами может происходить т. наз. обращение фаз – самопроизвольное превращение прямой Э. в обратную; при использовании неионогенных эмульгаторов обращение фаз может происходить с ростом т-ры.

В трехкомпонентных системах вода-углеводород-неионогенное ПАВ и в многокомпонентных системах вода (иногда с добавками электролитов) – углеводород – ионное ПАВ – соПАВ (обычно спирты со средней длиной цепи) в определенном температурном интервале происходит образование термодинамически стабильных микроэмульсий, характеризующихся ультранизким межфазным натяжением на границах раздела между водой и углеводородом.

Нарушение устойчивости Э. связано с протеканием в системе процессов седиментации, *коагуляции* капель, их слияния (см. *Коалесценция*) и диффузионного переноса в-ва от малых капель к более крупным (остальдово созревание, изотермич. переронка, переконденсация). Седиментация в грубодисперсных Э. может быть прямой или обратной (образование «сливок») в зависимости от соотношения плотностей жидкостей, служащих дисперсионной средой и дисперсной фазой. Для предотвращения седиментации проводят дополнит. диспергирование (гомогенизацию) Э. или вводят добавки, выравнивающие плотности фаз. Устойчивость к коагуляции м. б. достигнута при использовании ионогенных ПАВ; в случае обратных Э. эффективно применение Fe- и Cr-солей высших жирных к-т. Практически полное предотвращение коалесценции возможно при использовании ПАВ, особенно высокомолекулярных, создающих на пов-сти капель структурно-мех. барьер. Эффективным способом замедления переконденсации Э. является введение в состав дисперсной фазы добавок, практически нерастворимых в дисперсионной среде: для прямых Э. – углеводородов с большой мол. массой, для обратных Э. – электролитов.

Э. широко распространены в природе; это молоко (капли жира в воде, стабилизированные смесями белков, в осн. казеина, липопротеинов и фосфолипидов), млечный сок растений, напр. каучуконосов (см. *Латекс натуральный*), нефтяные Э., демульгирование к-рых для освобождения от сильно засоленной воды является важнейшей задачей первичной переработки нефти. Близки к Э. кровь, а также системы, содержащие липосомы и микроорганизмы. В пром-сти и технологии Э. используют в процессах эмульсионной полимеризации, в качестве смазочно-охлаждающих жидкостей, в виде заменителей цельного молока, как смазки, составы для консервации, проклеивающие составы в произ-ве бумаги, аппретуры для улучшения св-в и прокрашивания кожи, препараты для обработки нитей и тканей. Обратные Э. служат буровыми р-рами при проходке нефтяных и газовых скважин, для обработки призабойных зон в них; перспективно использование микроэмульсий для увеличения степени нефтеотдачи пластов. Разнообразные обратные Э. применяются в виде лекарств и косметич. мазей и кремов, пищ. продуктов (напр., маргарин); прямые Э. перфторуглеродных соед. в воде – перспективные кровозаменители.

Лит.: Эмульсии, пер. с англ., Л., 1972; Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии, ред. К. Миттел, пер. с англ., М., 1980.

А. В. Перцов, Б. Е. Чистяков.

**ЭМУЛЬСИОННАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ**, способ проведения полимеризации мономера в дисперсионной среде (обычно в воде), приводящий к образованию полимерной суспензии со средними размерами частиц 50–150 нм.

Обычно Э. п. протекает по радикальному механизму. Полимеризацию инициируют водо- или маслорастворимые инициаторы (напр.,  $K_2S_2O_8$ ,  $H_2O_2$ , орг. пероксиды), а также окислит.-восстановит. системы.

Для стабилизации эмульсий мономеров и полимерных суспензий используют эмульгаторы: анионоактивные (алкилсульфонат Na, соли жирных к-т и др.) и неионогенные ПАВ (оксиэтилил- к-ты, полипропиленгликоли и др.), а также ПАВ смешанного типа (сульфир. оксиэтилил. нонилфенолы).

Эмульсии мономеров получают путем мех. перемешивания мономера и водной фазы. Эмульгатор раств. в воде или мономере либо его получают на границе раздела фаз. Дисперсный состав эмульсии мономера зависит от способа ее получения, природы эмульгатора и мономера. Эмульсии мономера могут состоять из капель с диаметрами от 50 до 5000 нм и мицелл эмульгатора. Микрокапли мономера с диаметрами 50–300 нм образуются при квазиспонтанном микроэмульгировании мономера на границе раздела фаз. Соотношение между числом микрокапель мономера и мицелл эмульгатора зависит от способа приготовления эмульсии.

Э. п. состоит из двух основных стадий – образование полимерно-мономерных частиц (ПМЧ) и полимеризация мономеров в ПМЧ. Образование ПМЧ может происходить из мицелл эмульгатора, микрокапель мономера, а также по механизму гомогенной нуклеации (из агрегатов макромолекул или макрорадикалов, достигших определенной степени полимеризации). Возможность одновременного формирования ПМЧ по разным механизмам приводит к получению полимерных суспензий с широким распределением частиц по размерам.

Осн. факторами, определяющими скорость Э. п. и мол.-массовые характеристики образовавшегося полимера, является число ПМЧ и их распределение по размерам. Меняя условия получения эмульсионной системы, а следовательно и ее состав, можно регулировать механизм образования ПМЧ и получать полимерные суспензии с заданным диаметром частиц и распределением их по размерам. В тех случаях, когда удается обеспечить формирование ПМЧ преимущественно из микрокапель мономера, распределение частиц по размерам в полимерной суспензии становится узким.

Э. п. протекает в большом кол-ве ПМЧ ( $10^{14}$ – $10^{15}$  в 1 мл) и каждая частица содержит не более одного своб. радикала.

Для описания кинетич. закономерностей Э. п. широкое распространение получила теория Смита-Эварта, в основу к-рой положены представления о том, что ПМЧ образуются только из мицелл эмульгатора, а полимеризация протекает в их объеме. Вследствие сложного характера гетерогенного процесса эта количеств. теория Э. п. постоянно уточняется и совершенствуется.

В пром-сти Э. п. проводят по периодич. или непрерывной схеме. Продукт Э. п. – латекс или выделенный из него полимер. Достоинства Э. п.: легкость отвода тепла, простота технол. оформления, возможность получения высококом. полимеров (при больших скоростях процесса) и высококонцентрир. латексов. Использование воды как дисперсионной среды уменьшает пожароопасность процесса. Недостатки: необходимость отмывания полимера от эмульгатора, наличие дополнит. стадии выделения полимера из латекса.

Подобно Э. п. осуществляется суспензионная полимеризация (СП) – способ проведения радикальной полимеризации мономеров в дисперсионной среде, приводящий к образованию полимерной суспензии со средними размерами частиц 150 нм – сотни мкм. ПМЧ в этом случае образуются непосредственно из капель мономера, диспергированного обычно в воде и стабилизированного водорастворимыми орг. полимерами (желатином, поливиниловым спиртом, крахмалом, метоксипропилцеллюлозой, сополимерами стирола с малеиновым ангидридом) или неорг. соед. (соли и оксиды металлов и др.), к-рые, как правило, характеризуются

меньшей поверхностной активностью, чем эмульгаторы, применяемые при Э. п., и их концентрация примерно на порядок ниже.

Размеры частиц образующейся полимерной суспензии (гранулы) определяются размерами капель мономера в исходной эмульсии, к-рые, в свою очередь, зависят от условий перемешивания, значения межфазного натяжения, определяемого природой стабилизатора и мономера, и эффективностью инициирования.

СП состоит из двух основных стадий – образование ПМЧ и полимеризация мономера в их объеме.

Иницируют СП орг. пероксиды, растворенные в мономере, или  $K_2S_2O_8$ , растворенный в воде.

Низкая концентрация стабилизатора и его невысокая поверхностная активность – причина невысокой устойчивости ПМЧ, их коалесценции на начальной стадии полимеризации, образования полимерной суспензии с широким распределением частиц по размерам и иногда с частицами несферич. формы. Коалесценция ПМЧ на начальной стадии процесса обуславливает отличие в распределении по размерам частиц конечной суспензии и капель мономера в исходной эмульсии.

Повышение концентрации стабилизатора увеличивает устойчивость ПМЧ, но приводит к протеканию СП в ПМЧ, образованных в водной фазе из клубков молекул стабилизатора, что расширяет распределение частиц суспензии по размерам и ухудшает св-ва полимера.

Полимерные суспензии с узким распределением частиц по размерам и разл. их диаметром получают путем проведения СП в присут. полимерных ПАВ или ПАВ, нерастворимых в водной фазе. В качестве ПАВ применяют карбокситриметил-силоксиполидиметилсилоксаны, олигогликольмалеинатбензоаты, поливинилпирролидон, поли-N-виниламиды и др. Эти стабилизаторы образуют на пов-сти ПМЧ прочный адсорбционный слой благодаря формированию структурно-мех. барьера, препятствующего их коалесценции. Полимерные суспензии спец. назначения (монодисперсные, пористые, окрашенные и др.) с размерами частиц более 10 мкм получают двухстадийной СП в присут. добавок (олигомеров разл. природы, нерастворимых в воде орг. соединений). Недостаток СП – необходимость отмывания полимера от стабилизатора.

Методами Э. п. и СП получают нестереорегулярные полидиеновые и диен-стирольные каучуки и др. полимеры, напр. полиметилметакрилат, полистирол, поливинилхлорид, поливинилацетат.

Лит.: Эмульсионная полимеризация и ее применение в промышленности, М., 1976; Hansen F.K., Ugelstad J., в кн: Emulsion polymerization, N. Y. [а. о.], 1982, p. 51–92.

И. А. Гришкова.

**ЭМУЛЬСИОННЫЕ КРАСКИ**, то же, что *водоэмульсионные краски*.

**ЭМУЛЬСОРЫ**, см. *Смазочно-охлаждающие жидкости*.

**ЭМУЛЬТАЛ**, техн. неионогенное ПАВ. Содержит смесь сложных эфиров олеиновой, линолевой, линоленовой, смоляных к-т и триэтаноламина (80% по массе); остальное – неэтерифицированные жирные к-ты, их амиды, др. орг. в-ва, вода.

Э.– вязкая жидкость от светло-коричневого до черного цвета; плотн. 0,98 г/см<sup>3</sup>; хорошо раств. в орг. р-рителях, дизельном топливе, диспергируется в воде. Снижает межфазное натяжение на границе раздела дизельное топливо – вода до 4–5 мН/м.

Получают Э. взаимод. дистиллята таллового масла с триэтаноламином, взятых в соотношении по массе 2:1, при т-ре 155–165 °С.

Э.– эмульгатор для получения обратных (инвертных) эмульсий в нефтедобывающей пром-сти, м.б. использован как структурирующая добавка и регулятор реологии. св-ва инвертно-эмульсионных буровых р-ров и др. дисперсных систем на углеводородной основе.

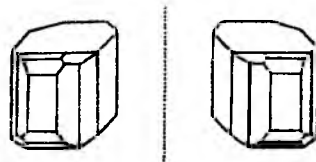
Лит.: Токунов В.И., Хейфец И.Б., Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы, М., 1983; Файнштейн И.З., «Хим. пром-сть», 1990, № 2, с. 77–78.

Л. А. Шич.

**ЭНАНТИОМЕРЫ**, см. *Изомерия, Энантиоморфизм*.

**ЭНАНТИОМОРФИЗМ** кристаллов (от греч. *enantios* – находящийся напротив, противоположный и *morphé* – фор-

ма), свойство нек-рых кристаллов образовывать зеркально равные друг другу по строению модификации. Такие кристаллы наз. энантиоморфными. Примеры – кристаллы кварца, винной к-ты и др. орг. соединения. На рис. показаны энантиоморфные кристаллы тартрата натрия-аммония. Энантиоморфные кристаллы могут описываться точечной группой симметрии, содержащей лишь оси симметрии.



Энантиоморфные кристаллы тартрата натрия-аммония.

Индивидуальные энантиоморфные формы – энантиомеры – отличаются знаком оптич. вращения. При кристаллизации они дают рацемич. соед., твердые р-ры либо рацемич. смесь – конгломерат (см. *Рацематы*). Т-ра плавления конгломерата ниже т-ры плавления чистых энантиомеров (на диаграмме плавления – эвтектич. минимум). Часто энантиоморфные кристаллы можно различить визуально и даже разделить их вручную. В 1848 Л. Пастер впервые вручную под микроскопом разделил энантиоморфные кристаллы тартрата натрия-аммония. Совр. пример мех. разделения энантиоморфных кристаллов – расщепление кристаллов гептагелицена. С помощью энантиоморфных кристаллов, гл. обр. оптически активного кварца, можно осуществить абсолютный *асимметрический синтез*.

**ЭНАНТИОТОПИЯ**, см. *Топные отношения*.

**ЭНДО...**, см. *Экзо...*, *эндо...*

**ЭНДОДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕАЗЫ**, ферменты класса гидролаз, катализирующие гидролиз фосфодиэфирных связей внутри полинуклеотидной цепи ДНК (см. *Нуклеазы*). Наиб. важная группа Э.– *рестриктазы*.

**ЭНДОРФЫНЫ**, см. *Опιοидные пептиды*.

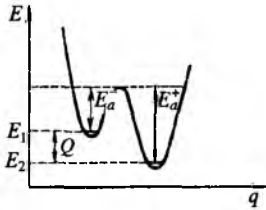
**ЭНЕРГИЯ АКТИВАЦИИ** в элементарных р-циях, миним. энергия реагентов (атомов, молекул и др. частиц), достаточная для того, чтобы они вступили в хим. р-цию, т.е. для преодоления барьера на пов-сти потенциальной энергии, отделяющего реагенты от продуктов р-ции. Потенциальный барьер – максимум потенциальной энергии, через к-рый должна пройти система в ходе элементарного акта хим. превращения. Высота потенциального барьера для любого пути, проходящего через переходное состояние, равна потенциальной энергии в переходном состоянии. Если в сложной р-ции, состоящей из последовательных и параллельных элементарных р-ций, имеется лимитирующая элементарная р-ция (р-ция с макс. характерным временем), то ее Э.а. является и Э.а. сложной р-ции. В макроскопич. хим. кинетике Э.а.– энергетич. параметр  $E_a$ , входящий в *Аррениуса уравнение*:  $k = A \exp(-E_a/kT)$ , где  $k$  – константа скорости;  $A$  – предэкспоненциальный множитель (постоянная или слабо зависящая от т-ры величина);  $k$  – константа Больцмана;  $T$  – абс. т-ра. График зависимости  $\ln k$  от  $1/kT$  (Аррениусов график) – прямая линия. Наблюдаемая Э.а. вычисляется из тангенса угла наклона этой прямой. В общем случае сложных р-ций параметр  $E_a$  в ур-нии Аррениуса является ф-цией Э.а. отдельных стадий, и определяемая Э.а. наз. эффективной (эмпирической, кажущейся).

Любой процесс, сопровождающийся к.-л. изменением энергии, является экзотермическим в одном направлении и эндотермическим в другом. Э.а. экзотермич. и эндотермич. направлений р-ции, обозначаемые соотв.  $E_a^-$  и  $E_a^+$ , связаны соотношением:

$$E_a^+ = E_a^- + |Q|,$$

где  $Q$  – теплота р-ции при  $T = 0$ . Качественная односторонняя геом. иллюстрация связи Э.а. с высотой потенциального

барьера и теплотой р-ции представлена на рис., где  $q$  – координата реакции (см. также *Активированного комплекса теория*);  $E_1$  и  $E_2$  – уровни энергии соотв. основного состояния реагентов и продуктов р-ции.



Энергетич. схема элементарной реакции.

Для р-ций рекомбинации своб. радикалов (в т. ч. и атомов), а также для широкого класса экзотермич. *ионно-молекулярных реакций* Э. а. равна нулю или очень мала по сравнению с типичными значениями энергий хим. связей  $E_{св}$ . Для р-ций, сопровождающихся одновременно разрывом одних и образованием других хим. связей,  $E_a$  составляет обычно от сотых до десятых долей  $E_{св}$ , если среди реагентов есть своб. радикалы, и сравнима с  $E_{св}$ , если реагенты – химические насыщенные молекулы.  $E_a$  м. св. аномально большой (напр., больше энергии возбуждения атома  $E^*$ ) в р-циях тушения электронного возбуждения при столкновениях атомов:  $A^* + A \rightarrow A + A$ , если точка пересечения термов реагентов и продуктов р-ции расположена высоко по сравнению с  $E^*$  или термы не пересекаются.

Известны эмпирич. корреляции, устанавливающие приближенную связь между  $E_a$  и  $Q$  для однотипных р-ций, напр. правило Поляни–Семенова:

$$E_a = E_0 + \beta Q,$$

где  $E_0$  и  $\beta$  – константы. Теоретич. расчеты  $E_a$  производятся приближенными методами квантовой химии. Точные последовательные квантомех. вычисления выполнены пока для систем, содержащих не более 3 электронов, напр. для 3 атомов водорода.

Для придания системе необходимой Э. а. используют нагревание, действие электромагнитного излучения и др., а также вводят катализаторы, направляющие хим. р-ции по пути с меньшей Э. а.

Лит.: Коидратьев В. Н., Никитин Е. Е., Тальрозе В. Л., в кн.: Низкотемпературная плазма, М., 1967, с. 13–34; Термические биомолекулярные реакции в газах, М., 1976; Кузнецов Н. М., Савров С. Д., «Химическая физика», 1990, т. 9, № 3, с. 356–69. Н. М. Кузнецов.

**ЭНКЕФАЛИНЫ**, см. *Опιοидные пептиды*.

**ЭНОЛАЗА** (енолаза, 2-фосфо-D-глицерат гидро-лиаза, фосфопируват-гидратаза), гликолитич. фермент класса лиаз, катализирующий обратимую р-цию отщепления воды от 2-фосфо-D-глицерата (2-фосфо-D-глицериновой к-ты) с образованием макроэргич. соед. – фосфоенолпирувата (фосфоенолпирувиновой к-ты; см. *Гликолиз*).

Мол. масса нативной Э. составляет от 80 тыс. до 95 тыс. (в зависимости от источника). Оптимум активности фермента из *Escherichia coli* (*E. coli*) находится при pH 8,1 (для ферментов из др. источников при более кислых значениях pH). Молекула Э. состоит из двух одинаковых субъединиц и содержит два активных центра. Известна первичная структура Э. из разных источников.

Для Э. характерна доменная структура. В глубокой щели между малым N-концевым и большим C-концевым доменами располагается активный центр фермента. Для проявления каталитич. активности необходимы ионы Mg, причем без них фермент не только не обладает активностью, но и диссоциирует на субъединицы. Считают, что в молекуле Э. существуют 3 категории участков связывания металлов: каталитический, ингибиторный и «конформационный». Изменение пространств. структуры фермента при связывании Mg с конформант. участком необходимо для осуществления взаимод. фермента с субстратами и конкурентными ингибиторами. Замена

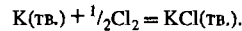
ионов Mg на ионы др. металлов приводит к снижению ферментативной активности или к ее полному исчезновению. Ионы фтора также ингибируют фермент.

Инактивация фермента наблюдается при модификации карбоксильных групп, а также остатков аргинина, гистидина и тирозина. В непосредственной близости от активного центра Э. из дрожжей расположен остаток цистеина-247, модификация к-рого приводит к инактивации фермента. Однако в ферментах животного происхождения в этом положении находится остаток валина и нет данных об участии остатков цистеина в формировании активного центра.

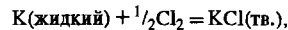
В *E. coli* обнаружена только одна форма Э., в дрожжах – 3. Наличие множественных форм Э. (изоферментов) характерно также для тканей рыб. У термофильных бактерий найден стабильный при т-ре 70–90 °С фермент, к-рый состоит из 8 (а не из 2) субъединиц с мол. м. 40–50 тыс. и не содержит (в отличие от Э. из др. источников) цистеиновых остатков.

Лит.: World F., в кн.: *The Enzymes*, ed. by P. D. Boyer, 3 ed., v. 5, N. Y.–L., 1971, p. 499–538; Chou P. Y., Fasman G. D., «Ann. Rev. Biochem.», 1978, v. 47, p. 251–76; Leblond L. [a. o.], «J. Biol. Chem.», 1989, v. 264, № 7, p. 3685–93. В. И. Муронец.

**ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАЗОВАНИЯ** (теплота образования), энтальпия р-ции образования данного в-ва (или р-ра) из заданных исходных в-в. Э. о. хим. соединения наз. энтальпию р-ции образования данного соед. из простых в-в. В качестве простых в-в выбирают хим. элементы в их естественном фазовом и хим. состоянии при данной т-ре. Так, при 298 К для хлора простым в-вом служит газообразный хлор, состоящий из молекул  $Cl_2$ , а для калия – металличес. К. Энтальпия образования твердого KCl при 298 К – это энтальпия р-ции:



Э. о. KCl (тв.) при 500 К соответствует р-ции:

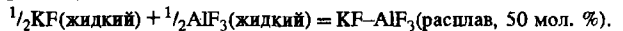


т. к. естественным фазовым состоянием (простым в-вом) для калия становится уже не кристалл, а жидкость (т-ра плавления K 336,66 К).

Э. о. может быть определена при любой т-ре. Стандартные Э. о.  $\Delta H_{обр}^0$  соответствуют р-циям образования, при к-рых и простые в-ва, и получающееся соед. находятся при давлении 1 атм ( $1,01 \cdot 10^5$  Па). По определению, для всех простых в-в при любой т-ре  $\Delta H_{обр}^0 = 0$  (см. *Стандартное состояние*). Для большинства хим. соед. Э. о. – отрицат. величины.

Единицы измерения Э. о. – Дж/г, Дж/моль.

В термодинамике р-ров (расплавов) под Э. о. понимают изменение энтальпии при изотермо-изобарном образовании 1 моля (1 г) р-ра (расплава) данного состава из чистых компонентов. Так, в двухкомпонентной системе KF–AlF<sub>3</sub> Э. о. расплава 50%-ного молярного состава соответствует процессу:



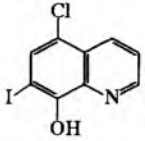
Определение стандартных Э. о. смесей возможно при любой т-ре, как и Э. о. хим. соединений. Э. о. смеси данного состава наз. часто энтальпией смешения. Неидеальные р-ры характеризуются избыточной Э. о., к-рая представляет собой разницу между реальной Э. о. фазы данного состава и Э. о. гипотетич. идеального р-ра того же состава (см. *Растворы неэлектролитов*).

Э. о. определяют экспериментально калориметрич. измерениями. Второе и третье начала термодинамики позволяют получать Э. о. из эксперим. данных. Теоретич. расчеты Э. о. хим. соед. пока неосуществимы. Возможны эмпирич. оценки Э. о., напр., из Э. о. родственных соединений.

Э. о. хим. соединений табулированы в термодинамич. справочниках и банках информации. М. В. Коробов.

**ЭНТАЛЬПИЯ РЕАКЦИИ**, см. *Тепловой эффект реакции*.

**ЭНТЕРОСЕПТОЛ** (8-гидрокси-7-иод-5-хлорхинолин), мол. м. 305,50; желтоватые кристаллы, т. пл. 180 °С (с разл.), практически не раств. в воде, плохо раств. в диэтиловом эфире, раств. в ДМФА, пиридине, горячей  $CH_3COOH$ , этилацетате, в кипящих этаноле (1:43) и хлороформе (1:120). Разлага-



ется при контакте с окислителями, темнеет на свету. Получают хлорированием 8-гидроксинолина с помощью  $Cl_2$  и последующим иодированием разл. реагентами (в частности, смесью  $KI$  с  $CaOCl_2$ ).

Э. обладает антисептич. св-вами, оказывает антибактериальное и антипротозойное действие. Первоначально применялся вместо иодоформа для дезинфекции, позднее – для лечения нек-рых желудочно-кишечных заболеваний. Практически не всасывается из желудочно-кишечного тракта и рассматривается как местнодействующий препарат. Вследствие отрицат. влияния на микрофлору кишечника и ряда побочных эффектов в нек-рых странах Э. в медицине не используют.

Л. Н. Койков.

**ЭНТРОПИЯ**, ф-ция состояния  $S$  термодинамич. системы, изменение к-рой  $dS$  для бесконечно малого обратимого изменения состояния системы равно отношению кол-ва теплоты  $\delta Q$ , полученного системой в этом процессе (или отнятого от системы), к абс. т-ре  $T$ :

$$dS = \delta Q/T. \quad (1)$$

Величина  $dS$  является полным дифференциалом, т. е. ее интегрирование по любому произвольно выбранному пути дает разность между значениями Э. в начальном (А) и конечном (В) состояниях:

$$\int_A^B dS = S_B - S_A. \quad (2)$$

Теплота не является ф-цией состояния, поэтому интеграл от  $\delta Q$  зависит от выбранного пути перехода между состояниями А и В.

Э. измеряется в Дж/(моль·град).

Понятие Э. как ф-ции состояния системы постулируется вторым началом термодинамики, к-рое выражает через Э. различие между необратимыми и обратимыми процессами: для первых  $dS > \delta Q/T$ , для вторых  $dS = \delta Q/T$ .

Э. как ф-ция внутренней энергии  $U$  системы, объема  $V$  и числа молей  $n_i$   $i$ -го компонента представляет собой характеристич. ф-цию (см. Термодинамические потенциалы). Это является следствием первого и второго начал термодинамики и записывается ур-нием:

$$dS = (1/T)dU + (p/T)dV - \sum_i (\mu_i/T)dn_i, \quad (3)$$

где  $p$  – давление;  $\mu_i$  – хим. потенциал  $i$ -го компонента. Производные Э. по естеств. переменным  $U$ ,  $V$  и  $n_i$  равны:

$$\begin{aligned} (\partial S/\partial U)_{V, n_i} &= 1/T; & (\partial S/\partial V)_{U, n_i} &= p/T; \\ (\partial S/\partial n_i)_{U, V, n_{j \neq i}} &= -\mu_i/T. \end{aligned}$$

Простые ф-лы связывают Э. с теплоемкостями при пост. давлении  $C_p$  и пост. объеме  $C_V$ :

$$C_p = T(\partial S/\partial T)_p; \quad C_V = T(\partial S/\partial T)_V$$

С помощью Э. формулируются условия достижения термодинамич. равновесия системы при постоянстве ее внутр. энергии, объема и числа молей  $i$ -го компонента (изолир. система) и условие устойчивости такого равновесия:

$$(dS)_{U, V, n_i} = 0, \quad (d^2S)_{U, V, n_i} < 0.$$

Это означает, что Э. изолир. системы достигает максимума в состоянии термодинамич. равновесия. Самопроизвольные процессы в системе могут протекать только в направлении возрастания Э.

Э. относится к группе термодинамич. ф-ций, называемых ф-циями Массье–Планка. Другие ф-ции, принадлежащие к этой группе – ф-ция Массье  $\Phi_1 = S - (1/T)U$  и ф-ция Планка  $\Phi_2 = S - (1/T)U - (p/T)V$ , м. б. получены в результате применения к Э. преобразования Лежандра.

Согласно третьему началу термодинамики (см. Тепловая теорема), изменение Э. в обратной хим. р-ции меж-

ду  $v$ -вами в конденсир. состоянии, стремится к нулю при  $T \rightarrow 0$ :

$$\lim_{T \rightarrow 0} \Delta S = 0.$$

Постулат Планка (альтернативная формулировка тепловой теоремы) устанавливает, что Э. любого хим. соед. в конденсир. состоянии при абс. нуле т-ры является условно нулевой и м. б. принята за начало отсчета при определении абс. значения Э.  $v$ -ва при любой т-ре. Ур-ния (1) и (2) определяют Э. с точностью до постоянного слагаемого.

В хим. термодинамике широко используют след. понятия: стандартная Э.  $S^0$ , т. е. Э. при давлении  $p = 1,01 \cdot 10^5$  Па (1 атм); стандартная Э. хим. р-ции  $\Delta S^0$ , т. е. разность стандартных Э. продуктов и реагентов; парциальная молярная Э. компонента многокомпонентной системы  $S_{n_i}^0 = (\partial S^0/\partial n_i)_{T, p, n_{j \neq i}}$ .

Для расчета хим. равновесий применяют ф-лу:

$$-RT \ln K = \Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T\Delta S_r^0,$$

где  $K$  – константа равновесия;  $\Delta G_r^0$ ,  $\Delta H_r^0$  и  $\Delta S_r^0$  – соотв. стандартные энергия Гиббса, энтальпия и энтропия р-ции;  $R$  – газовая постоянная.

Определение понятия Э. для неравновесной системы опирается на представление о локальном термодинамич. равновесии. Локальное равновесие подразумевает выполнение ур-ния (3) для малых объемов неравновесной в целом системы (см. Термодинамика необратимых процессов). При необратимых процессах в системе может осуществляться производство (возникновение) Э. Полный дифференциал Э. определяется в этом случае неравенством Карно–Клаузиуса:

$$dS = dS_i + \delta Q/T,$$

где  $dS_i > 0$  – дифференциал Э., не связанный с потоком тепла  $\delta Q$ , а обусловленный производством Э. за счет необратимых процессов в системе (диффузии, теплопроводности, хим. р-ций и т. п.). Локальное производство Э.  $\sigma = dS_i/dt$  ( $t$  – время) представляется в виде суммы произведений обобщенных термодинамич. сил  $X_i$  на обобщенные термодинамич. потоки  $J_i$ :

$$\sigma = \sum_i X_i J_i.$$

Производство Э. за счет, напр., диффузии компонента  $i$  обусловлено силой  $X = \text{grad}(-\mu_i/T)$  и потоком  $v$ -ва  $J$ ; производство Э. за счет хим. р-ции – силой  $X = A/T$ , где  $A$  – химическое сродство, и потоком  $J$ , равным скорости р-ции.

В статистич. термодинамике Э. изолир. системы определяют соотношением:

$$S = k \ln \Omega,$$

где  $k$  – постоянная Больцмана;  $\Omega$  – термодинамич. вес состояния, равный числу возможных квантовых состояний системы с заданными значениями энергии, объема, числа частиц. Равновесное состояние системы отвечает равенству заселенностей единичных (невырожденных) квантовых состояний. Возрастание Э. при необратимых процессах связано с установлением более вероятного распределения заданной энергии системы по отд. подсистемам. Обобщенное статистич. определение Э., относящееся и к неизолир. системам, связывает Э. с вероятностями разл. микросостояний след. образом:

$$S = -k \sum_i w_i \ln w_i,$$

где  $w_i$  – вероятность  $i$ -го состояния.

Абсолютную Э. хим. соед. определяют экспериментально, пл. обр. калориметрич. методом, исходя из соотношения:

$$S_r^0 = \int_{T=0K}^T (C_p/T) dT.$$

Использование второго начала позволяет определять Э. хим. р-ций по эксперим. данным (метод электродвижущих сил, метод давления пара и др.). Возможен расчет Э. хим. соед. методами статистич. термодинамики, исходя из мол. постое-

янных, мол. массы, геометрии молекулы, частоты нормальных колебаний. Такой подход успешно осуществляется для идеальных газов. Для конденсир. фаз статистич. расчет дает значительно меньшую точность и проводится в ограниченном числе случаев; в последние годы в этой области достигнуты значит. успехи.

Э. хим. соед. табулированы в справочниках. Как правило, для конденсир. фаз приводят результаты calorиметрич. измерений, для газообразных – статистич. расчета.

Первая мат. формулировка второго начала термодинамики принадлежит Р. Клаузиусу (1854), к-рый ввел понятие Э. в 1865; связь Э. с вероятностью состояния системы впервые была установлена Л. Больцманом в 1872.

Лит. см. при ст. *Химическая термодинамика*.

М. В. Коробов.

**ЭНТРОПИЯ АКТИВАЦИИ**, см. *Активированного комплекс-а теория*.

**ЭОЗИН** (2,4,5,7-тетрабромфлуоресцеин, кислотный красный 87), мол. м. 647,9; красно-желтые кристаллы; т. пл. 295–296 °С (с разл.); раств. в этаноле, плохо раств. в бензоле, укусовой к-те, хлороформе, не раств. в воде, диэтиловом эфире.

Э. относится к группе *ксантеновых красителей*. Его получают действием Br<sub>2</sub> на флуоресцеин в присут. NaClO<sub>3</sub>.

Na-соль Э. – кислотный краситель (окрашивает натуральный шелк в ярко-розовый цвет с желтой флуоресценцией). Применяют гл. обр. для приготовления красных чернил и карандашей, губной помады, румян, для окрашивания бумаги, моторных топлив, биол. препаратов, как компонент полиграфич. красок.

Диатриевая соль Э. (Э. желтоватый, эозин Н) – кислотно-основный люминесцентный индикатор (хорошо раств. в воде, хуже – в этаноле; при pH 1–3 появляется зеленая люминесценция); адсорбц. индикатор для аргентометрич. определения Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup> и SCN<sup>-</sup> (цвет люминесценции меняется от красного к фиолетовому), этиловый эфир Э. – реагент для определения Pt при pH 10 [λ 555 нм; мешают Rh(III) и Fe(III)].

Лит. см. при ст. *Ксантеновые красители*.

**ЭПИ...** (от греч. еpi – на, рядом), приставка в названии хим. соед., используемая: 1) для обозначения диастереомерных моносахаридов, отличающихся конфигурацией ближайших к альдегидной группе асимметрич. атомов (эпимерные альдозы; напр., манноза м. б. названа эпиглюкозой); 2) для обозначения 1,6-дизамещенных производных нафталина; 3) для названия соед., несущественно отличающихся по структуре, напр. камфора (2-борнанон) и эпикамфора (3-борнанон).

**ЭПИМЕРИЗАЦИЯ**, разновидность изомеризации, изменение конфигурации одного из хиральных центров молекулы на противоположную (обращение) (см. *Изомерия, Хиральность*). Особый случай Э. – аномеризация фураноз и пираноз – Э. по аномерному атому С (С-1; см. *Моносахариды*).

Диастереомеры, различающиеся по конфигурации только одного из неск. хиральных центров, наз. эпимерами.

Э. может происходить самопроизвольно или под влиянием катализаторов – щелочей, специфич. ферментов (эпимераз), в нек-рых случаях – под влиянием к-т.

Примеры эпимеров: D-глюкоза и D-манноза, различающиеся конфигурацией атома С-2, α- и β-D-глюкозы (по С-1), D- и L-глицериновые альдегиды, D- или L-винная к-та и мезовинная к-та, D-эритроза и D-треоза, D-ксилоза и D-ликоза (по С-2), D-ксилоза и D-рибоза (по С-3), D-ксилоза и L-арабиноза (по С-4).

Э. характерна для алкалоидов, терпеноидов, стероидов, кортикоидов и др. природных соединений.

Лит.: Химия углеводов, М., 1967; Стоддарт Дж., Стереохимия углеводов, пер. с англ., М., 1975, с. 39; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 1, М., 1987, с. 154.

Р. А. Окунев.

**ЭПИМЕРЫ**, см. *Изомерия*.

**ЭПИСОМА**, см. *Плазмиды*.

**ЭПИТАКСИЯ** (от *эпи...* и греч. taxis – расположение, порядок), ориентированный рост одного кристалла на поверхности другого (подложки). Различают гетероэпитаксию, когда в-ва подложки и нарастающего кристалла различны, и гомоэпитаксию (автоэпитаксию), когда они одинаковы. Ориентированный рост кристалла внутри объема другого наз. эндотаксией. Э. наблюдается, напр., при кристаллизации. коррозии. Определяется условиями сопряжения кристаллич. решеток нарастающего кристалла и подложки, причем существенно их структурно-геом. соответствие. Легче всего сопрягаются в-ва, кристаллизующиеся в одинаковых или близких структурных типах, напр. гранецентрир. куба (Ag) и решетки типа NaCl, но Э. можно получить и для различающихся структур.

При описании Э. указывают плоскости срастания и направления в них, напр., [112](111)Si || [1100](0001)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> означает, что грань (111) кристалла Si с решеткой типа алмаза нарастает параллельно грани (0001) кристалла Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, причем кристаллографич. направление [112] в нарастающем кристалле параллельно направлению [1100] подложки (см. *Кристаллы*).

Э. особенно легко осуществляется, если разность параметров обеих решеток не превышает ~10%. При больших расхождениях сопрягаются наиб. плотноупакованные плоскости и направления. При этом часть плоскостей одной из решеток не имеет продолжения в другой; края таких оборванных плоскостей образуют т. наз. дислокации несоответствия, обычно образующие сетку. Плотность дислокаций в сетке тем больше, чем больше разность параметров сопрягающихся решеток. Меняя параметр одной из решеток (добавлением примеси), можно управлять кол-вом дислокаций в эпитаксиальном нарастающем слое.

Э. происходит таким образом, чтобы суммарная энергия границы, состоящей из участков подложка – кристалл, кристалл – маточная среда и подложка – среда, была минимальной. У в-в с близкими структурами и параметрами (напр., Au на Ag) образование границы сопряжения энергетически невыгодно, и нарастающий слой имеет в точности структуру подложки (псевдоморфизм). С увеличением толщины упруго напряженной псевдоморфной пленки запасенная в ней энергия растет, и при толщинах более критической (для Au на Ag это ок. 60 нм) нарастает пленка с собств. структурой.

Помимо структурно-геом. соответствия, сопряжение данной пары в-в при Э. зависит от т-ры процесса, степени пересыщения (переохлаждения) кристаллизующегося в-ва в среде, от совершенства подложки, чистоты ее поверхности и др. условий кристаллизации. Для разных в-в и условий существует т. наз. эпитаксиальная т-ра, ниже к-рой нарастает только неориентированная пленка.

Э. обычно начинается с возникновения на подложке отд. кристалликов, к-рые срастаются (коалесцируют), образуя сплошную пленку (эпитаксиальную). На одной и той же подложке возможны разные типы нарастания, напр. [100](100)Au || [100](100)NaCl и [110](111)Au || [110](111)NaCl. Наблюдается также Э. на подложке, покрытой тонкой пленкой (неск. десятков нм) С, О, О<sub>2</sub> и др., что можно объяснить реальной структурой кристалла подложки, влияющей на промежут. слой. Возможна Э. на аморфной подложке, на к-рой создан кристаллографич. симметричный микрорельеф (графоэпитаксия). Эпитаксиальные пленки выращивают методами жидкостной, газофазной и мол.-пучковой эпитаксии (см. *Полупроводниковые материалы*), вакуумным напылением и др.

Э. широко используют в микроэлектронике (транзисторы, интегральные схемы, светодиоды и др.), в квантовой электронике (многослойные полупроводниковые гетероструктуры, инжекц. лазеры), в устройствах интегральной оптики, в вычислит. технике (элементы памяти с цилиндрич. магнитными доменами) и т. п.

Лит.: Палатник Л. С., Папиров И. И., Ориентированная кристаллизация, М., 1964; их же, Эпитаксиальные пленки, М., 1971; Современная кристаллография, т. 3, М., 1980. См. также лит. при ст. *Напыление вакуумное, Планарная технология, Химическое осаждение из газовой фазы*.

Е. И. Гиваргизов.



**ЭПИХЛОРИДРИН** (1-хлор-2,3-эпоксипропан, хлорметил-оксиран), мол. м. 92,53; бесцв. жидкость с резким неприятным запахом; т. пл.  $-57,0^{\circ}\text{C}$ , т. кип.  $116,11^{\circ}\text{C}$ ;  $d_4^{20}$  1,181;  $n_D^{20}$  1,4381; давление пара (кПа) 0,48 ( $0^{\circ}\text{C}$ ), 1,73 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 60,65 ( $100^{\circ}\text{C}$ );  $\mu$   $6,0 \cdot 10^{-30}$  Кл·м;  $t_{\text{криз}}$   $327^{\circ}\text{C}$ ,  $P_{\text{криз}}$  4,72 МПа,  $d_{\text{криз}}$  0,394 г/см<sup>3</sup>;  $\eta$  жидкости (МПа·с) 1,12 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 0,48 ( $100^{\circ}\text{C}$ ), пара (мкПа·с) 8,24 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 10,68 ( $100^{\circ}\text{C}$ );  $\gamma$  (мН·м) 37,4 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 26,4 ( $100^{\circ}\text{C}$ );  $C_p^0$  [кДж/(кг·К)] жидкости 1,528 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 1,867 ( $100^{\circ}\text{C}$ ), пара 1,013 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 1,193 ( $100^{\circ}\text{C}$ );  $\Delta H_{\text{всп}}^0$  (кДж/кг) 487,4 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 435,0 ( $100^{\circ}\text{C}$ ),  $\Delta H_{\text{гор}}^0$   $-1771$  кДж/моль,  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $-177,1$  кДж/моль; коэф. теплопроводности [Вт/(м·К)] жидкости 0,142 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 0,126 ( $100^{\circ}\text{C}$ ), пара 0,0107 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 0,0164 ( $100^{\circ}\text{C}$ );  $\epsilon$  жидкости 20,8 ( $21,5^{\circ}\text{C}$ ); электропроводность  $3,4 \cdot 10^{-6}$  см/м ( $25^{\circ}\text{C}$ ). Хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде (% по массе) 6,55 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 10,38 ( $80^{\circ}\text{C}$ ); р-римость воды в Э. 1,42 ( $20^{\circ}\text{C}$ ), 5,7 ( $80^{\circ}\text{C}$ ); образует азеотропную смесь с водой (75% Э. по массе, т. кип.  $88^{\circ}\text{C}$ ), к-рая при  $20^{\circ}\text{C}$  расслаивается: верх. водный слой содержит 5,99% Э., нижний — 98,8%.

Э. легко присоединяет HCl при обычной т-ре, образуя 1,3-дихлоридрин глицерина  $\text{ClCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}$ ; в пиридине или в конц. р-ре  $\text{CaCl}_2$  р-ция протекает количественно и служит для определения эпоксидной группы. В присут. небольших кол-в щелочи Э. присоединяет соед. с одним или неск. подвижными атомами Н, образуя хлоридрины  $\text{RCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}$ ; при действии  $\text{NH}_3$  или аминов дает  $\text{RNHCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}$  (R = Н, орг. остаток); при действии избытка щелочи при  $100^{\circ}\text{C}$  медленно превращается в глицерин; в присут. разбавленных неорг. к-т образуется  $\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{Cl}$ . Взаимод. Э. со спиртами приводит к простым эфирам  $\text{ClCH}_2\text{CH}(\text{OR})\text{CH}_2\text{OR}$ . С карбоновыми кислотами в присут. основных катализаторов (пиридин, амины и др.) или  $\text{FeCl}_3$  Э. образует сложные эфиры, напр. с леядной  $\text{C}_3\text{COOH}$  при  $180^{\circ}\text{C}$  дает 2-гидрокси-3-хлорпропилацетат; с фенолами в кислой среде при  $150$ – $160^{\circ}\text{C}$  дает феноливые эфиры хлоридрина, в щелочной — эфиры глицидола.

Э. вступает в р-цию конденсации с бисфенолом А, образуя диановые эпоксидные смолы. При полимеризации Э., в зависимости от условий и катализаторов, образуются каучуки. Получают Э. дегидрохлорированием дихлоридринов глицерина: 4–5%-ный водный р-р исходных в-в с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (известковое молоко) нагревают до  $100^{\circ}\text{C}$ , образующийся Э. быстро выводят из зоны р-ции во избежание протекания дальнейших процессов и после конденсации и отделения от водного слоя перегоняют; чистый продукт содержит более 99,5% Э.

Э. получают также эпексидированием аллилхлорида орг. гидропероксидами, напр. трет-бутилгидропероксидом в присут. комплексных соед. Мо при  $100^{\circ}\text{C}$ .

Э. — промежуточный продукт при произ-ве синтетич. глицерина, эпексидных смол, ряда ионообменных смол, эпихлоридриновых каучуков.

Э. легко воспламеняется, раздражает слизистые оболочки дыхат. путей, вызывает дерматиты, поражает почки и печень.

Т. всп.  $26^{\circ}\text{C}$  (в закрытом приборе),  $35^{\circ}\text{C}$  (в открытом приборе); т. самовоспл.  $410^{\circ}\text{C}$ ; температурные пределы воспламенения 26– $96^{\circ}\text{C}$ ; КПВ 2,3–49,0%; ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений 1 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов санитарно-бытового назначения 0,01 мг/л.

Мощности по произ-ву Э. ~ 320 тыс. т в год (1990).

Лит.: Ошин Л. А., Производство синтетического глицерина, М., 1974, с. 14, 102–15; Промышленные хлороорганические продукты. Справочник, под ред. Л. А. Ошина, М., 1978, с. 242–54. Ю. А. Трезер.

**ЭПИХЛОРИДРИНОВЫЕ КАУЧУКИ**, гомо- и сополимеры эпихлоридрина.

В пром-сти выпускают гомополимер эпихлоридрина общей ф-лы  $\text{[CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{Cl})\text{O}]_n$ , сополимер эпихлоридрина с этиленоксидом ф-лы  $\text{[CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{Cl})\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}]_n$  и терполимер эпихлоридрина, этиленоксида и аллилглицидилового эфира ф-лы  $\text{[CH}_2\text{CH}(\text{CH}_2\text{Cl})\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{O}]_n\text{[CH}_2\text{—CH}(\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2)\text{O}]_m$  (см. табл.).

СОСТАВ И СВОЙСТВА ЭПИХЛОРИДРИНОВЫХ КАУЧУКОВ И РЕЗИН НА ИХ ОСНОВЕ

Показатель	Гомополимер	Сополимер	Терполимер
	СКЭХГ*	СКЭХГ-С**	СКЭХГ-СТ***
Содержание, % по массе эпихлоридрина	100	68	63
этиленоксида	—	32	30–34
хлора	38	20–25	20–25
кислорода	17	23	24
непредельных соед.	—	—	3–7
Плотн., кг/м <sup>3</sup>	1390	1280	1240
Температура стеклования, $^{\circ}\text{C}$	-29	-45	-55
Вязкость по Муни при $100^{\circ}\text{C}$	35–100	50–80	40–80
Газопроницаемость по азоту, мл/(с·Па)	(2–4)· $10^{-18}$	—	—
	Резины		
Вязкость по Муни при $100^{\circ}\text{C}$	50–70	70–100	60–100
Прочность при растяжении, МПа	15–17	15–17	17–21
Относит. удлинение при разрыве, %	400	250	250–320
Сопротивление раздиру, кН/м	50–70	60–80	60–80
Твердость по Шору А	80–90	70–80	70–80
Эластичность, %	11–15	28–33	30–35
Температура хрупкости, $^{\circ}\text{C}$	—	(-40–44)	(-40–44)
Коэф. морозостойкости при $-35^{\circ}\text{C}$	—	0,3	0,3
Относит. остаточная деформация после сжатия на 20% в течение 24 ч при $100^{\circ}\text{C}$	—	20–25	20–30
Набухание в смеси изоктан:толуол (50:50), %	1–4	8–10	15–20

\* Герклор-Н, гидрин-100, джекрон-100, эпихрома-Н. \*\* Герклор-С, гидрин-200, джекрон-2000, эпихрома-С. \*\*\* Герклор-Т, гидрин-400, эпихрома-Сг.

Э. к. синтезируют в р-ре (р-рители — ароматич. или алифатич. углеводороды, простые эфиры и их смеси с углеводородами) или в массе в присут. каталитич. систем на основе триалкилалюминия при  $30$ – $70^{\circ}\text{C}$  и давлении 0,2–0,3 МПа в течение 8–12 ч. Стабилизируют Э. к. как неокрашивающими (замещенные фенолы), так и окрашивающими (производные вторичных ароматич. аминов) антиоксидантами.

Резиновые смеси на основе Э. к. готовят на вальцах ( $15$ – $17$  мин при  $40$ – $50^{\circ}\text{C}$ ) или в резиномесителе ( $7$ – $10$  мин при т-ре не выше  $100^{\circ}\text{C}$ ). Для вулканизации Э. к. применяют полиамины и тиосоединения, к-рые в присут. оксидов металлов реагируют с подвижными атомами хлора, пероксиды и серно-ускорительные смеси (см. Вулканизация). Типовая (стандартная) резиновая смесь для всех видов Э. к. (в долях по массе): каучук — 100; стеариновая к-та — 1,0; MgO (жженная магнезия) — 1,0; ZnO (цинковые белила) — 3,0–5,0; каптакс — до 0,8; тиурам — до 1,5; техн. углерод — 50; сера — до 1,0; роданин S-62 — 2,0. Для термостабилизации резин используют дибутилдитиокарбамат никеля. Резины на основе Э. к. масло-, нефте-, бензо-, газо- и озоностойки как при низких, так и при высоких т-рах. По теплоустойкости превосходят резины на основе хлоропреновых, бутадиен-нитрильных и акрилатных каучуков. Резины из сополимеров эпихлоридрина имеют также удовлетворит. морозостойкость, к-рая повышается при введении сложноефирного пластификатора, напр. дибутилфталата.

Э. к. применяют для произ-ва маслостойких деталей (шланги, прокладки, рукава, манжеты, кольца, торцевые уплотнения), используемых в нефтяной пром-сти, автомобиле- и авиационной. Гомополимер используют также как огнестойкий материал и для оболочки кабелей. Благодаря стойкости к диффузии паров масел, топлив и хладагентов Э. к. приме-

няют для изготовления деталей холодильных установок, газовых и вакуумных диафрагм.

Произ-во Э.к. малотоннажное; их выпускают в США (гидрин, герхлор) и Японии (джерон, эпихрома) соотв. в объемах 5300 и 1200 т в год (1986).

Лит.: Лысова Г.А., Хованская Н.Д., Эпихлоргидриновые каучуки, М., 1980; Горин Ю.А. [и др.], в кн.: Синтетический каучук, под ред. И.В. Гармонова, 2 изд., Л., 1983, с. 488-99. *Е.С. Юрцева.*

**ЭПОКСИДИРОВАНИЕ**, превращение двойной связи олефинов в эпоксидное (оксирановое) кольцо. Э. осуществляют, как правило, с помощью окислителей: надкислот (см. *Прилежаева реакция*), O<sub>2</sub> воздуха в присут. серебряного катализатора, трет-бутилгидропероксида, хромовой к-ты, гипохлорита натрия в пиридине и др. Для Э. α, β-непредельных карбонильных соед. используют H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в щелочной среде.

Иногда термин «Э.» относят к р-циям введения атома кислорода по кратной, но не углерод-углеродной связи (напр., C=N).

**ЭПОКСИДНОЕ ЧИСЛО**, количество к-ты HNaI (в молях), необходимое для гидрогалогенирования α-эпоксидных групп, содержащихся в 100 г орг. в-ва. Характеризует содержание α-эпоксидных групп (этиленоксидных, пропиленоксидных или глицидиловых). Определение эпоксидных групп основано на их способности присоединять галогеноводороды при комнатной т-ре с образованием галогенгидринов. При определении Э.ч. предварительно устанавливают кислотность образца А, т.е. кол-во свободных к-т в 100 г в-ва (в молях). Гидрогалогенирование осуществляют р-ром HCl в среде абс. диэтилового эфира, ацетона, диоксана или пиридина. Избыток HCl оттитровывают р-ром NaOH в присут. фенолфталеина.

Э.ч. рассчитывают по ф-ле:

$$Э.ч. = \frac{(V_2 - V_1) \cdot N}{10a} - A,$$

где V<sub>2</sub> и V<sub>1</sub> – объемы (в мл) р-ра NaOH, пошедшие на титрование соотв. в холостом опыте и в опыте с пробой; N – нормальность р-ра NaOH; а – навеска образца (в г); А – кислотность образца (в молях).

Для представления результатов в % полученное значение умножают на эпоксидный эквивалент, равный 43 для этиленоксидной и 57 для пропиленоксидной группы. Э.ч. может также выражаться кол-вом кислорода, содержащегося в эпоксидном кольце.

При определении Э.ч. по р-ции с HBr навеску образца титруют в соответствующем р-рителе уксуснокислым р-ром HBr в присут. кристаллического фиолетового. Известны также методы определения Э.ч., основанные на взаимод. эпоксидных групп с сульфитами и тиосульфатами; хлорной к-той в присут. избытка растворимого бромиды или хлорида четвертичного аммония, а также с помощью ИК спектроскопии.

Э.ч. характеризует активность эпоксидной смолы при отверждении аминами. Его определяют как в исходных продуктах, так и в неотвержденных и отвержденных эпоксидных смолах, а также в готовых лакокрасочных материалах и покрытиях. Э.ч. в эпоксидных смолах варьирует от 0,02 до 0,5.

*Н.К. Куцева.*

**ЭПОКСИДНЫЕ КАУЧУКИ**, см. *Пропиленоксидный каучук, Эпихлоргидриновые каучуки.*

**ЭПОКСИДНЫЕ КЛЕИ**, см. *Клеи синтетические.*

**ЭПОКСИДНЫЕ ЛАКИ**, р-ры эпоксидных смол или продуктов их модификации в орг. р-рителях. Наиб. практич. применение находят Э.л. на основе диановых смол (мол. м. 900-4000), эпоксиэфиров, образующихся при взаимод. смолы с ненасыщенными жирными к-тами растит. масел, а также лаки, в к-рых эпоксидные смолы сочетаются с др. пленкообразователями (напр., алкидными смолами и нитридами целлюлозы, жидкими тиоколами, дивинилацетиленовым лаком типа «этиноль» и др.).

Э.л. содержат: р-рители [простые эфиры гликолей (напр., этилцеллозоль), ароматич. углеводороды, спирты, кетоны, нитропарафины]; отвердители (полиэтиленполиамин, р-р гексаметилендиамина в этаноле, низкомоп. полиамиды, изо-

цианаты, феноло-, меламино- и мочевино-формальдегидные смолы, ангидриды карбоновых к-т); ускорители отверждения (обычно третичные амины, фенолы, фосфорная к-та); добавки, улучшающие растекание лака по пов-сти (напр., кремний-орг. жидкости); сиккативы и др.

Получают Э.л. растворением эпоксидных смол в орг. р-рителях с послед. введением добавок и отвердителей. Э.л., содержащиеся в качестве отвердителей полиамины, полиамиды и неблокированные изоцианаты, отверждаются при комнатной т-ре и используются для образования покрытий холодной и горячей сушки; относятся к двухкомпонентным лакам. Лаки с др. отвердителями (в т.ч. с блокированными изоцианатами) стабильны при низких и отверждаются при повышенных т-рах (120-235 °С); относятся к однокомпонентным лакам. В пром-сти применяются также Э.л., не содержащие летучих р-рителей. Такие лаки изготавливают гл. обр. на основе низковязких диановых смол (мол. м. до 900); содержат маловязкие нелетучие разбавители (напр., фенил- и бутилглицидиловые эфиры), отвердители (жидкие алифатич., ароматич. или гетероциклич. амины и их производные, кетимины, низкомоп. полиаминоимидазолины), ускорители отверждения (фенолы, третичные амины, основания Манниха, трифенилфосфит), низковязкие пластификаторы и модифицирующие добавки (напр., эпоксидные смолы на основе полиолов).

Э.л. применяют преим. для защиты металлич. пов-стей. Предварительно пов-сти из черных металлов подвергают чистке металлич. порошком или песком, пов-сти из цветных металлов – чистке песком или травлению с послед. тщательным обезжириванием. Наносят в 1-2 слоя, обычно с сушкой каждого слоя.

Покрытия из Э.л. обладают высокой адгезией к металлу, хорошими мех. и электроизоляц. св-вами, стойки к действию разб. р-ров щелочей и к-т, ионизирующему излучению; термостойки до 130-160 °С (лаки с полиамидными и ангидридными отвердителями – до 200 °С). Осн. недостаток – невысокая атмосферостойкость, обуславливающая ухудшение внеш. вида при эксплуатации.

Э.л., а также грунтовки, шпатлевки и эмали на их основе применяют для защиты резервуаров, в к-рых хранят и транспортируют агрессивные в-ва, хим. и мед. аппаратуры, холодильников, стиральных машин, консервной тары и др.

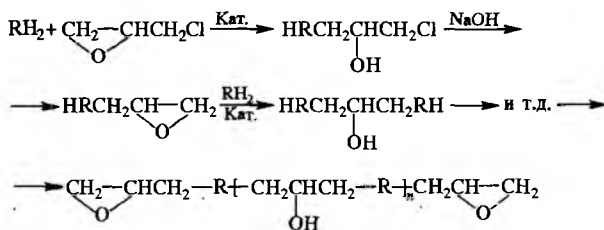
Лит.: Благонравова А.А., Непомнящий А.И., Лаковые эпоксидные смолы, М., 1970; Гольдберг М.М., Материалы для лакокрасочных покрытий, М., 1972. См. также лит. при ст. *Эпоксидные смолы.*

**ЭПОКСИДНЫЕ СМОЛЫ**, олигомеры, содержащие в молекуле одну или более глицидиловых —CH<sub>2</sub>—CH—CH<sub>2</sub> либо

эпоксидных  $\begin{matrix} & \diagup & & \diagdown \\ & C & - & C \\ & \diagdown & & \diagup \\ & O & & O \end{matrix}$  групп; способны под действием отвер-

дителей превращаться в шитые (сетчатые) полимеры. Эпоксидные группы могут находиться в алифатич. циклах или цепях, глицидиловые – чаще всего на концах цепей.

Э.с., содержащие в молекуле глицидиловые группы, синтезируют из эпихлоргидрина (иногда глицидола) и соед. с активным атомом водорода (спирты, фенолы, тиофенолы, карбоновые к-ты, амины, амиды и т.п.):

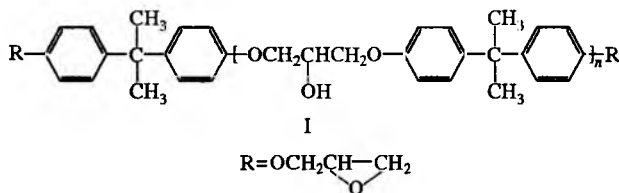


Присоединение эпихлоргидрина с раскрытием цикла и образованием 1,2-хлоргидрина происходит под действием основани, к-т или солей; дегидрохлорирование промежуц. 1,2-хлоргидрина протекает в присут. оснований и приводит к образованию глицидиловых концевых групп, дальнейшее взаимод.

к-рых с соед., содержащими активный атом Н, дает Э. с. Олигомеры с концевыми глицидиловыми группами обычно получают в избытке эпихлоргидрина.

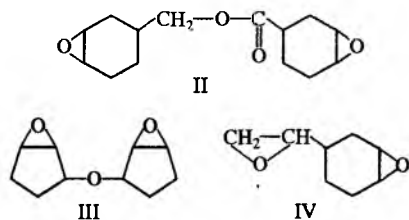
В ходе синтеза Э. с. протекает также ряд побочных р-ций: гидролиз и алколиз эпихлоргидрина и образующихся глицидиловых групп, полимеризация и изомеризация эпосигрупп в карбоильные, аномальное раскрытие цикла эпихлоргидрина с образованием 1,3-хлоргидрина.

Наиб. распространены Э. с. на основе 2,2-ди(4-гидроксифенил)пропана (дифенилолпропана, диана, бисфенола А) — т. наз. диановые Э. с. общей ф-лы I.



При синтезе низкомол. диановых смол (мол. м. 350–450) молярное соотношение дифенилолпропана и эпихлоргидрина 1:(8–10). Смесь в-в нагревают до кипения и постепенно (5–8 ч) добавляют к ней 40%-ный водный р-р NaOH; непрореагировавший эпихлоргидрин и воду непрерывно отгоняют из зоны р-ции в виде азетропной смеси. Э. с. с мол. м. 500–1000 получают аналогичным способом, но при молярном соотношении 1:(1,5–1,9); процесс ведут в присут. р-рителей — ксилола, толуола либо их смесей с бутиловым спиртом или циклогексаном. Э. с. с мол. м. 1000–3500 синтезируют поликонденсацией низкомол. эпоксидных олигомеров с дифенилолпропаном в расплаве при 140–210 °С (катализаторы — третичные амины, мочевины, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Диановые Э. с. — вязкие жидкости или твердые хрупкие в-ва от светлого-желтого до коричневого цвета; раств. в толуоле, ксилоле, ацетоне, метилэтилкетоне, метилзобутилкетоне и их смесях со спиртами, напр. бутиловым (табл.).

Э. с. с эпоксидными группами в алифатич. циклах или цепях получают окислением (эпоксидированием) ненасыщенных соед. надкислотами (напр., надуксусной к-той). Практич. значение имеют диэпоксиды тетрагидробензилового эфира тетрагидробензойной к-ты (II), дициклопентенилового эфира (III), 4-винилциклогексена (IV), эпоксидированные олигомеры дивинила. Эти Э. с. — высоковязкие жидкости, р-римые в большинстве полярных р-рителей.



Ярко выраженный полярный характер связи С—О в эпоксидном цикле в сочетании с его высокой напряженностью обуславливает способность Э. с. раскрывать цикл под дейст-

вием нуклеоф. и электроф. реагентов (отвердителей) с образованием твердых сетчатых полимеров. В качестве нуклеоф. отвердителей используют алифатич. и ароматич. первичные и вторичные ди- и полиамины, многоосновные к-ты и их ангидриды, многоатомные спирты, фенолы и их тиопроизводные, а также полиамиды, феноло-формальдегидные смолы резольного и новолачного типа, третичные амины и их соли; в качестве электроф. отвердителей — к-ты Бренстеда и Льюиса, способные образовывать с эпоксидным циклом триалкилосониевые ион. Процесс отверждения нуклеоф. агентами протекает по механизму р-ции поликонденсации или анионной полимеризации, электрофильными — только по механизму катионной полимеризации.

Для получения эпоксидных композиций пониженной вязкости используют т. наз. жидкие отвердители (аминоэфиры, жидкий изомер метилтетрагидрофталевого ангидрида) в сочетании с химически активными разбавителями, содержащими эпоксидные группы (напр., с глицидиловыми эфирами гликолей, алкилфенолов и разветвленных карбоновых к-т, эпоксидированными маслами и терпенами). Для увеличения вязкости в композиции вводят высокомол. соед. (напр., поливинилбутираль) или мелкодисперсные наполнители (напр., аэросил) в кол-ве 3–5%.

Различают низко- и высокотемпературные процессы отверждения Э. с. Процесс низкотемпературного («холодного») отверждения (~20 °С) обычно проводят с использованием алифатич. полиаминов или продуктов их конденсации с фенолом, формальдегидом и многоосновными карбоновыми к-тами; глубина отверждения обычно не превышает 65–70%; система достигает полной конверсии лишь при послед. прогревании при 50–100 °С в течение 2–12 ч.

При высокотемпературном («горячем») отверждении осн. отвердители — ароматич. полиамины (м-фенилендиамин, 4,4'-диаминодифенилметан, 4,4'-диаминодифенилсульфон), феноло- и мочевиноальдегидные смолы, ди- и поликарбоновые к-ты и их ангидриды [гл. обр. фталевый, метилтетрагидрофталевоый, гексагидрофталевоый, малеиновый, эндометилентетрагидрофталевоый (эндиквоый) и их смеси]; в качестве катализаторов иногда используют малолетучие третичные амины и их соли. Проводят горячее отверждение при 100–300 °С в течение неск. секунд (в тонких слоях) или неск. часов.

Отвержденные Э. с. имеют микрогетерогенную структуру глобулярного типа, формирование к-рой наблюдается уже в жидкой фазе на начальных стадиях отверждения; размер частиц зависит от состава неотвержденной Э. с. и условий отверждения, уменьшаясь с возрастанием т-ры. Ниже приведены нек-рые св-ва отвержденных диановых Э. с.:

Плотн. при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	1,16–1,25
Т-ра стеклования, °С	60–180
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,17–0,19
Уд. теплоемкость, кДж/(кг·К)	0,8–1,2
Температурный коэф. линейного расширения, град <sup>-1</sup>	(45–65)·10 <sup>-6</sup>
Теплостойкость по Мартенсу, °С	55–170
Относит. удлинение, %	0,5–6
Диэлектрич. проницаемость (20 °С, 1 МГц)	3,5–5
Тангенс угла диэлектрич. потерь (20 °С, 1 МГц)	0,01–0,03
Уд. электрич. сопротивление (20 °С), Ом·см	10 <sup>14</sup> –10 <sup>16</sup>
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	5–25
Влагопроницаемость, г/см <sup>2</sup> ·ч·мм рт. ст.	2,1·10 <sup>-10</sup>
Коэф. диффузии воды, см <sup>2</sup> /ч	до 10 <sup>-6</sup>

ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ДИАНОВЫХ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

Мол. м.	Содержание эпоксидных групп, % по массе	Содержание гидроксильных групп, % по массе	Содержание полимер-гомологов разл. степени полимеризации, % по массе				Средняя функциональность по эпоксидным группам, f <sub>n</sub>	Агрегатное состояние и вязкость η, Па·с
			n = 0	n = 1	n = 2	n > 3		
350–400	21,5–24,8	0,1–0,8	85–92	8–15	2–3	0	1,95–2,0	Жидкость, 0,8–2
400–600	14,5–21,5	0,8–2,5	50–85	15–20	8–10	5–10	1,90–1,95	Вязкая жидкость, 20–60 (40 °С)
600–800	10–14,5	2,5–4,6	20–50	12–16	8–11	45–50	1,85–1,9	Высоковязкая жидкость, 2 (100 °С)
800–1000	8–10	4,6–5,1	18–20	12–14	9–12	55–60	1,8–1,85	Твердое в-во, т. размягч. 50–55 °С
1000–1400	6–8	5,1–6,0	8–18	7–9	8–10	70–75	1,7–1,8	Твердое в-во, т. размягч. 55–70 °С
1400–1800	4–6	6,0–6,5	4–6	6–8	8–10	80–85	1,6–1,7	Твердое в-во, т. размягч. 70–85 °С
1800–3500	2–4	6,5–6,8	2–4	3–5	5–8	83–90	1,4–1,6	Твердое в-во, т. размягч. 85–100 °С

По прочностным показателям продукты отверждения Э. с. превосходят применяемые в пром-сти материалы на основе др. синтетич. смол. Так, прочность при растяжении может достигать 140 МПа, при сжатии — 40 МПа, при изгибе — 220 МПа; модуль упругости ~ 50 ГПа.

В композиции на основе Э. с. перед отверждением обычно вводят пластификаторы, не содержащие реакционноспособных групп, и разл. наполнители — порошки, высокопрочные и высокомодульные сплошные и рубленые волокна из ткани, стекловолокон и др. материалов (см. *Композиционные материалы*).

Композиции холодного отверждения используют в качестве клеев, герметиков, заливочных компаундов, эпоксидных лаков, эмалей и др. защитных покрытий в случаях, когда по условиям эксплуатации нежелателен нагрев. Композиции горячего отверждения применяют в качестве связующих для высокопрочных армированных пластиков, композиционных высокотемпературных материалов, дорожных покрытий, клеев, электроизоляционных и нек-рых лакокрасочных материалов.

Мировое произ-во Э. с. превышает 1 млн. т в год.

Лит.: Лн Г., Невьял К., *Справочное руководство по оксидным смолам*, пер. с англ., М., 1973; Розенберг Б.А., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1989, т. 34, № 5, с. 453–59; *Epoxi resins: chemistry and technology*, ed. by C. A. May, 2 ed., N. Y. — Basel, 1988.

М. А. Маркевич, Б. А. Розенберг.

**ЭРБИЙ** (от назв. селения Иттербу, Ytterby в Швеции; лат. Erbium) Er, хим. элемент III гр. периодич. системы, относится к *редкоземельным элементам*; ат. н. 68, ат. м. 167,26. В природе 6 стабильных изотопов:  $^{162}\text{Er}$  (0,14%),  $^{164}\text{Er}$  (1,61%),  $^{166}\text{Er}$  (33,6%),  $^{167}\text{Er}$  (22,95%),  $^{168}\text{Er}$  (26,8%),  $^{170}\text{Er}$  (14,9%). Конфигурация внеш. электронных оболочек атома  $4f^{14}5s^25p^66s^2$ ; степени окисления +3, редко +1; энергии ионизации при последоват. переходе от  $\text{Er}^0$  к  $\text{Er}^{3+}$  равны соотв. 6,10, 11,93, 22,74, 42,65, 65,1 эВ; электроотрицательность по Полингу 1,24; атомный радиус 0,175 нм, ионные радиусы  $\text{Er}^{3+}$  (в скобках даны координац. числа) 0,103 (6), 0,109 (7), 0,114 (8), 0,120 (9) нм.

Содержание в земной коре  $3,3 \cdot 10^{-4}\%$  по массе, в морской воде  $6 \cdot 10^{-7}$  мг/л. Вместе с др. РЗЭ содержится в минералах ксенотим, эвксенит, монацит, бастнезит, лопарит, ортит и др.

**Свойства.** Э.— серебристо-белый металл, имеет одну кристаллич. модификацию структурного типа Mg с гексагон. кристаллич. решеткой,  $a = 0,35588$  нм,  $c = 0,55874$  нм,  $z = 2$ , пространств. группа  $R\bar{6}_3/mmc$ ; т. пл. 1522 °С, т. кип. 2510 °С; плотн. 9,062 г/см $^3$ ;  $C_p^0$  28,12 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  316,5 кДж/моль;  $S_{298}^0$  73,18 Дж/(моль·К); давление пара при т-ре пла-

вления 2–8 МПа; температурный коэф. линейного расширения  $1,23 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ;  $\rho$   $8,5 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ; парамагнетик, магн. восприимчивость  $+2,63 \cdot 10^{-7}$ ; ферромагнетик ниже 20 К (точка Кюри); антиферромагнетик ниже 84 К (т-ра Нееля); модуль упругости 74,8 ГПа, модуль сдвига 30,2 ГПа; коэф. Пуассона 0,238;  $\sigma_{\text{раст}}$  286 МПа. Легко поддается мех. обработке (инертная атмосфера).

На воздухе компактный Э. окисляется медленно, при нагрев. во влажном воздухе неск. быстрее, с минеральными к-тами дает соли, кипящей водой медленно окисляется, взаимодей. с  $\text{O}_2$ , галогенами, халькогенами,  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2$  при нагрев., давая соед.  $\text{Er}(\text{III})$ . В водных средах Э. существует в виде гидратир. ионов  $\text{Er}^{3+}$ . С разл. орг. и неорг. лигандами ион  $\text{Er}(\text{III})$  образует соед. с координац. числами от 9 до 15. По хим. св-вам подобен др. лантаноидам(III).  $\text{Er}(\text{I})$  известен только в гидrolитически неустойчивых галогенидных кластерах типа  $\text{ErX}_3$ ,  $\text{Er}_4\text{X}_3$ ,  $\text{Er}_7\text{X}_{10}$ ,  $\text{Er}_6\text{X}_7$  и т. п., где X = Cl, Br, I, образующихся при взаимодей. металлич. Э. с  $\text{ErX}_3$ . Соед.  $\text{Er}(\text{III})$  окрашены в розовый цвет, моногалогениды имеют черную окраску.

Сесквиоксид  $\text{Er}_2\text{O}_3$  (табл.) получают разложением  $\text{Er}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Er}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Er}_2(\text{CrO}_4)_3$ , или др. солей на воздухе обычно при 800–1000 °С; компонент спец. керамик, люминофоров, лазерных стекол; временно допустимая концентрация в воздухе 4 мг/м $^3$ .

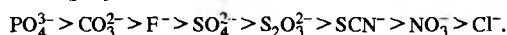
Трифторид  $\text{ErF}_3$  получают взаимодей.  $\text{Er}_2\text{O}_3$  с HF-газом при 500 °С, термич. разложением фтораммониевых солей, напр.  $(\text{NH}_4)_2\text{ErF}_6$ , при 400–500 °С в атмосфере Ar,  $\text{N}_2$ ; применяют для получения чистого металлич. Э. металлотермич. способом, в качестве компонента твердых электролитов. Трихлорид  $\text{ErCl}_3$  сильно гигроскопичен; получают взаимодей. смеси  $\text{Cl}_2$  и  $\text{CCl}_4$  с оксидом или оксалатом Э. выше 200 °С, хлорированием Э. и др.; применяют для получения металлоорг. соед. Э. и металлич. Э. металлотермически или электрохимически.

**Получение и применение.** Э. из прир. смеси РЗЭ выделяют методами экстракции и хроматографии. Дальнейшую очистку, как правило, проводят хроматографически. Металлич. Э. получают из фторида и хлорида металлотермически или электрохимически. Выпускают в небольших масштабах и используют гл. обр. в исследоват. целях как активатор люминесценции (в т. ч. в твердотельных лазерах), для изготовления магн. материалов (сплавы с Fe, Co, Ni, Re).

Э. был открыт К. Мосандером при исследовании эрбиевых соединений в 1843.

Комплексные соединения Э. характеризуются чаще всего высокими координац. числами (вплоть до 12), что обусловлено большими размерами ионов  $\text{Er}(\text{III})$ . Для координац. соед. Э. известны октаэдрические, пентагонально-бипирамидальные, додекаэдрические, икосаэдрические, призматические и др. координац. полиэдры. Хим. связь эрбий-лиганд преим. ионная, эффективные заряды на атоме Э. в соед. от +2,5 до +2,7, т. е. имеется нек-рый вклад ковалентной составляющей. Ковалентность увеличивается в ряду РЗЭ по мере уменьшения размера ионов РЗЭ(III) и для Э. существенно более значима по сравнению с легкими РЗЭ (лантаном, неодимом).

Комплексные соед. Э. имеют относительно высокие константы устойчивости, что в особенности характерно для соед. с полидентатными лигандами. Из неорг. производных наиб. важны гидроксокомплексы состава  $[\text{Er}(\text{H}_2\text{O})_m(\text{OH})_n]^{3-n}$ , где  $n = 1-3$ ,  $m = 2-6$ , галогенидные комплексы, как катионные (напр., состава  $[\text{MX}]^{2+}$ ), так и анионные (напр.,  $[\text{MX}_4]^-$ ,  $[\text{MX}_6]^{2-}$ ,  $[\text{MX}_6]^{3-}$ , где X — галоген), нитратные, сульфатные, фосфатные и т. д. Стабильность ацидокомплексов уменьшается в след. ряду лигандов:

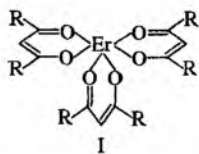


Из комплексов с орг. лигандами перспективны  $\beta$ -дикетонаты, используемые для группового разделения РЗЭ путем фракционной сублимации. В этих случаях чаще всего применяют дипивалоилметанаты [ф-ла I; R =  $(\text{CH}_2)_3\text{C}$ ] или ацетил-ацетонаты (I; R =  $\text{CH}_3$ ). Используются, кроме того, комплек-

#### СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭРБИЯ

Показатель	$\text{Er}_2\text{O}_3$		$\text{ErF}_3$		$\text{ErCl}_3$
	Светло-розовый	Моноклинная	Светло-розовый	Ромбич. Тригон.	Моноклинная
Цвет	Светло-розовый	Моноклинная	Светло-розовый	Ромбич. Тригон.	Моноклинная
Сингония	Кубич.	Моноклинная	Ромбич.	Тригон.	Моноклинная
Параметры ячейки:					
a, нм	1,0547	1,387	0,63354	0,4024	0,680
b, нм	—	0,3470	0,6846	—	1,179
c, нм	—	0,8555	0,4380	0,4125	0,639
угол, град	—	100,17	—	—	110,7
Число формульных единиц в ячейке	16	6	4	1	4
Пространственная группа	$Ia\bar{3}$	$C2/m$	$Fm\bar{3}m$	$\bar{C}3m1$	$C2/m$
T. пл., °С	2380	1020 <sup>a</sup> (3 МПа)	1117 <sup>a</sup>	1146	776
T. кип., °С	< 3500	—	—	—	1500
$C_p^0$ , Дж/(моль·К)	108,5	—	100,8	—	—
$\Delta H_{\text{обр}}^0$ , кДж/моль	-1897,86	—	-1698	29,5 <sup>b</sup>	-1000,3
$S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)	154,3	—	121,3	—	155
$\Delta H_{\text{пл}}^0$ , кДж/моль	—	—	462,3	—	280,9

<sup>a</sup> Т-ра полиморфного перехода. <sup>b</sup>  $\Delta H$  полиморфного перехода.



сы с дикарбоновыми к-тами (оксалаты, малонаты, сукцинаты и др.), монокарбоновыми к-тами (вплоть до C<sub>30</sub>), с аминами, а также комплексонаты. Последние применяют в технологии разделения и глубокой очистки РЗЭ методами ионного обмена, экстракции.

Получают комплексные соед. Э. (как и других РЗЭ) взаимодей. оксидов, гидроксидов, а также р-ров солей Er(III) с соответствующими лигандами с послед. кристаллизацией при упаривании р-ра или высаливании из него. Применяют их в технологии разделения и очистки собственно РЗЭ, при отделении лантаноидов и актиноидов и др. Чаще всего эти соед. в технол. практике являются полупродуктами при получении разнообразных материалов, в т. ч. галогенидных, оксидных и др. стекол, керамик со св-вами высокотемпературных сверхпроводников и др.

Химия других, по крайней мере тяжелых, РЗЭ подобна химии комплексных соед. Э.

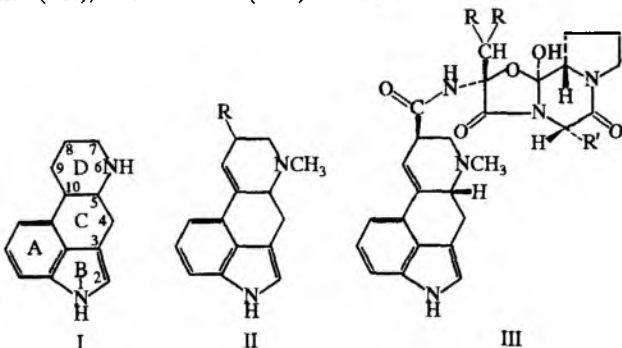
Л. И. Мартыненко, Ю. М. Киселев, С. Д. Моисеев.

**ЭРГОАЛКАЛОИДЫ**, индольные алкалоиды, выделенные из «ergot» – высушенной зрелой формы (склероции) гриба спорыньи (*Claviceps purpurea*) семейства Нуротеасеае. Спорынья паразитирует на ржи, др. злаках и ряде дикорастущих трав. Э. обнаружены также в грибах родов *Aspergillus*, *Penicillium* и др., а также в растениях семейства вьюнковых (*Convolvulaceae*). Из разных источников получают разл. типы Э.

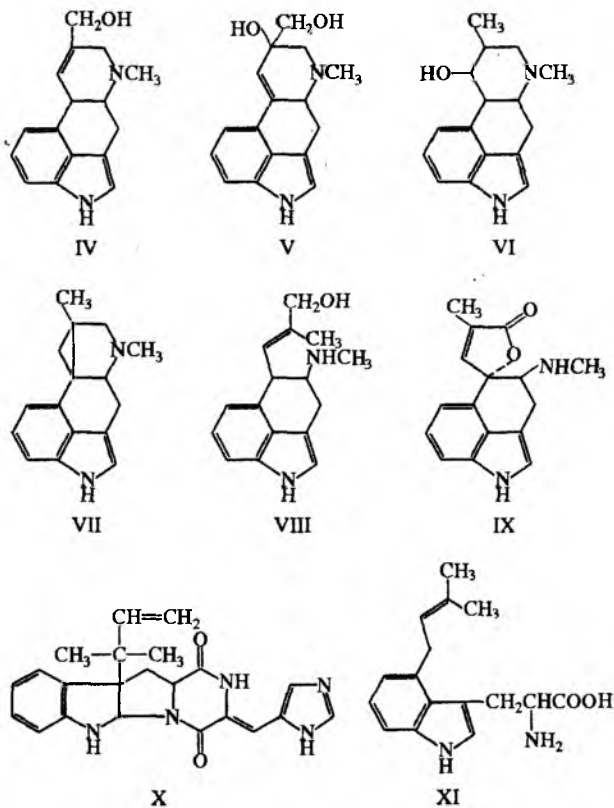
Э. включают более 60 представителей. Большинство из них – производные эрголина (ф-ла I). Различают две осн. группы Э. К первой относятся амиды лизергиновой к-ты (II; R = COOH), выделенные из грибов, паразитирующих на злаках. Эта группа включает растворимые в воде алкалоиды, в частности эргоновин [эргометрин; ф-ла II; R = C(O)NHCH(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>OH], и т. наз. пептидные Э., нерастворимые в воде. Примеры последних – эрготамин (III; R = H, R' = CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>), эргокристин (III; R = CH<sub>3</sub>, R' = CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>), эргокоринин [III; R = CH<sub>3</sub>, R' = CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], эргокриптин [III; R = CH<sub>3</sub>, R' = CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>].

При выделении Э. первой группы из свежеприготовленного сырья в мягких условиях получают фармакологически высокоактивные производные лизергиновой к-ты, к-рые, как правило, левовращающие. Использование лежалого сырья или жестких условий выделения приводит к диастереомерам (по атому С-8), к-рые являются правовращающими и фармакологически малоактивны. Называют их, используя окончание «инин», напр. малоактивный изомер эргокристина – эргокристинин. В щелочной среде наблюдается взаимопревращение диастереомеров.

Вторая группа включает Э. клавинового типа, к-рые специфичны для грибов, паразитирующих на дикорастущих травах, реже – на ржи, а также высш. растениях. Клавиновые Э. – производные лизергола (II; R = CH<sub>2</sub>OH) или лизергина (II; R = CH<sub>3</sub>). К ним относятся, в частности, элимоклавин (IV), пенниклавин (V), изофумигаклавин-А (VI), циклоклавин (VII), ханоклавин-1 (VIII).



Нек-рые грибы продуцируют Э. необычного строения, к-рые не относятся ни к одной из названных групп. Так, из



*Penicillium concavo-rugulosum* выделен (наряду с VIII) ругулавазин-А (IX), а из *Penicillium roqueforti* – рокефортин (X) в смеси с VI.

Строение Э. устанавливали по продуктам гидролиза и окисления, а также в результате их исследований методами спектрального и рентгеноструктурного анализа. Многие Э. синтезированы.

Биогенетич. предшественник Э. – триптофан. Из культуры *Claviceps fusiformis* выделено N-метилгилье производное образующегося в ходе биосинтеза 4-(3-метил-2-бутиленил)триптофана (XI). Дальнейшие превращения последнего приводят к клавиновым алкалоидам и лизергиновой к-те, к-рая взаимодей. с пептидами, одновременно образующимися из соответствующих аминокислот.

В пром-сти Э. получают из склероций спорыньи (содержащей до 0,3% алкалоидов) или синтетически. Для определения Э. используют р-ции, приводящие к образованию окрашенных соед., напр. с n-диметиламинобензальдегидом в сернокислом р-ре Э. дают характерное голубое окрашивание.

Массовые заболевания (эпилептич. конвульсии, гангрена конечностей), вызванные употреблением в пищу зараженного спорыньей зерна, были известны еще в средние века. Спектр фармакологич. действия Э. и их производных чрезвычайно широк. Среди них встречаются антагонисты адреналина, серотонина, ингибиторы пролактинина. В медицине Э. применяются как маточные и успокаивающие средства, а также как средства против тахикардии, мигрени, аллергии, гипертонии. Эргоновин (в виде соли малеиновой к-ты) останавливает послеродовые кровотечения. Эрготоксин – смесь эргокристина, эргокоринина и эргокриптина – обладает сильным симпатолитич. действием. Дигидроэрготоксин – смесь соответствующих 9,10-дигидропроизводных – применяется при лечении сосудистых заболеваний. *Лизергиновой кислоты диэтилаид* – один из самых сильных галлюциногенов.

Лит.: Stoll A., Hofmann A., в кн.: *The Alkaloids*, ed. by R. H. F. Manske, v. 8, N. Y., 1965, p. 725–83; Stadler P. A., Stütz P., в кн.: *The Alkaloids*, ed. by R. H. F. Manske, v. 15, N. Y., 1975, p. 1–40. А. А. Ибрагимов.

**ЭРГОТАМИН** (ф-лу см. в ст. *Эргоалкалоиды*), мол. м. 581,68; пептидный алкалоид, продуцируемый спорыньей (*Claviceps purpurea*). Бесцв. кристаллы; т. пл. 212–214 °С (из бензола);  $[\alpha]_D^{20} -160^\circ$  ( $\text{CHCl}_3$ ),  $-12,7^\circ$  ( $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ ); раств. в орг. р-рителях, не раств. в воде. Э. легко (напр., при кристаллизации) переходит в диастереомер по атому С-8 – эрготаминин, т. пл. 241–243 °С;  $[\alpha]_D^{20} +369^\circ$  ( $\text{CHCl}_3$ ). Обратный переход происходит при осаждении сульфата Э. из ледяной  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

Э. – основание, образует соли по атому N-6: тартрат  $(\text{C}_{33}\text{H}_{35}\text{N}_5\text{O}_5)_2 \cdot \text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6 \cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$ , т. пл. 203 °С; гидрохлорид, т. пл. 212 °С (с разл.); малеат, т. пл. 195–197 °С (с разл.); фосфат, т. пл. 200 °С (с разл.); сульфат, т. пл. 207 °С (с разл.). При щелочном гидролизе Э. распадается на лизергиновую к-ту, L-пролин, L-фенилаланин, пировиноградную к-ту и аммиак.

Осуществлен лаб. синтез Э. В пром-сти его получают из склероций спорыньи, к-рой специально заражают посевы ржи.

Э. оказывает продолжит. стимулирующее действие на гладкую мускулатуру матки, проявляет кровоостанавливающий эффект. В медицине Э. используют в виде тартрата как маточное ср-во и ср-во против мигрени. Э. входит в состав многих лек. препаратов, применяемых при вегетативных дистониях, неврозах, гипертиреозе, мигрени. ЛД<sub>50</sub> 60 мг/кг (мышь, внутривенно), 3,5 мг/кг (кролики, внутривенно), 11 мг/кг (кошки, подкожно).

Лит.: Садригдинов Ф. С., Курмуков А. Г., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980.

А. А. Ибрагимов.

**ЭРИТРИНОВЫЕ АЛКАЛОИДЫ**, выделяют в осн. из растений рода эритрина (*Erythrina*) семейства бобовых (*Leguminosae*, или *Fabaceae*), рода коккулус (*Cocculus*) и гипербаена (*Huperbaena*) семейства луносемянниковых (*Menispermaceae*); гомоэритриновые алкалоиды – из рода феллине (*Phelline*) семейства *Phellinaceae*, рода *Dysoxylum* семейства *Meliaceae* и родов *Athrotaxis* и *Sephalotaxis* семейства *Taxodiaceae*. Известно более 100 представителей Э. а.

В основе строения Э. а. лежит, как правило, тетрациклич. спироамин. Э. а. в зависимости от числа атомов углерода в кольце С (ф-ла I) делят на две группы: собственно Э. а. ф-л I–III ( $n = 1$ ), IV и гомоэритриновые ф-л I–III ( $n = 2$ ), V. В свою очередь каждую группу делят на 3 подгруппы в зависимости от строения кольца D.

В первую подгруппу обеих групп входят алкалоиды, имеющие ароматич. кольцо D; различаются *цис*- или *транс*-сочленением колец A и B, количеством двойных связей и их положением ( $\Delta^{1(6)}$ ,  $\Delta^1$ ,  $\Delta^6$ ) и наличием заместителей при углеродных атомах 2, 3, 15, 16, 17 (свободная или этерифи-

цированная гидроксигруппа, а также метокси- и метилendioксигруппы). Пример – кокулин ф-лы I, где  $\text{R}^1 = \text{R}^4 = \text{R}^5 = \text{H}$ ,  $\text{R}^2 = \text{OCH}_3$ ,  $\text{R}^3 = \text{OH}$ ,  $n = 1$ , двойная связь  $\Delta^{1(6)}$ .

Ко второй подгруппе относятся алкалоиды с пиридиновым кольцом D. Различаются наличием заместителей и двойных связей в кольцах A и B. Все в-ва этой подгруппы содержат в положении 3 метоксигруппу и часто в положении 15 – метоксикарбонильную группу. Пример – эримелантин ф-лы II, где  $\text{R} = \text{COOCH}_3$ ,  $\text{X} = \text{H}_2$ ,  $n = 1$ .

Третью подгруппу составляют алкалоиды, содержащие лактоновое шестичленное, напр.  $\alpha, \beta$ -эритроидины ф-лы III ( $n = 1$ ,  $\Delta^{12}$ ), или пятичленное кольцо, напр. кокулолидин ф-лы IV, либо фурановое кольцо, напр. селлагиноидин ф-лы V.

Многие эритриновые и гомоэритриновые алкалоиды синтезируются. Их биосинтез проходит параллельно с промежут. образованием соед. ф-лы VI, причем предшественниками являются в случае Э. а. 1-бензилизохинолины, а в случае гомоэритриновых – 1-фенетилизохинолины.

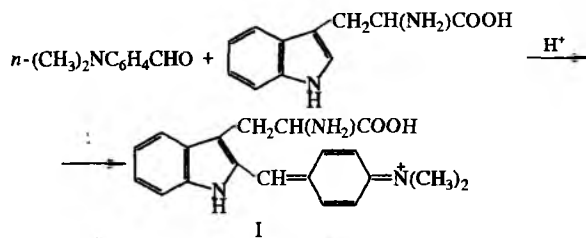
Э. а. обладают седативным, гипотензивным, ганглиоблокирующим, спазмолитич., а также курареподобным действием.

Лит.: Jackson A., в кн.: *The chemistry and biology of isogonine alkaloids*, В.- [а. о.], 1985, р. 62–79; Chawla A., Jackson A., «Natural Product Reports», 1986, в. 3, р. 555–64.

В. И. Виноградова.

**ЭРИТРОИЗОМЕРЫ**, см. *Изомерия*.

**ЭРЛИХА РЕАКЦИЯ**, взаимодействие 4-диметиламинобензальдегида (т. наз. реагент Эрлиха) с триптофаном или его остатками в белках (пептидах) по схеме:



Р-цию осуществляют в кислой среде. Образующееся соед. ф-лы I обуславливает красно-фиолетовое или пурпурное окрашивание.

Э. р. применяют для обнаружения и определения триптофана, в т. ч. в белках и пептидах (в условиях Э. р. ароматич. амины и цитруллин дают желтую окраску, гидроксикинуренин, кинуренин и 2-амино-3-гидроксиацетофенон – оранжевую).

Р-ция предложена П. Эрлихом в нач. 20 в.

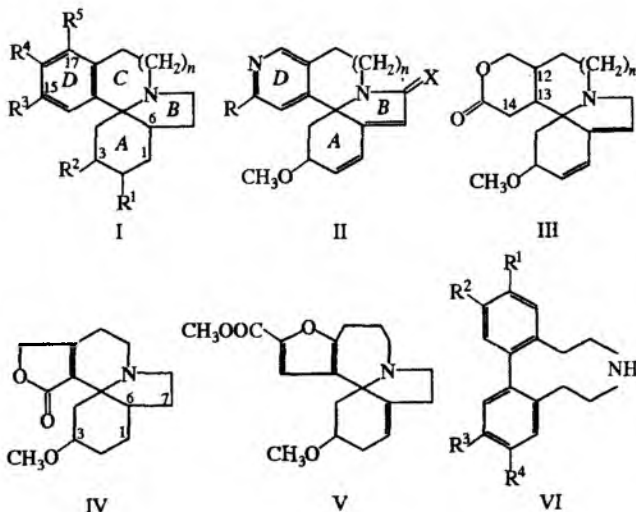
Лит.: Справочник биохимика, пер. с англ., М., 1991, с. 392. В. В. Баяв.

**ЭСТРОГЕНЫ** (эстрогенные гормоны) (от греч. *oistros* – возбуждение и *gēnos* – род, происхождение), группа *стероидных гормонов*, регулирующих формирование и функционирование женских половых органов и молочных желез, развитие вторичных половых признаков, нек-рые стороны психофиз. состояния организма млекопитающих, а в комплексе с *гестагенами* – беременность и лактацию.

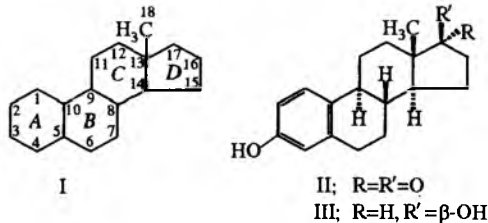
Э. относятся к  $\text{C}_{18}$ -стероидам, в основе к-рых лежит скелет эстрана (ф-ла I). Названия Э. по номенклатуре ИЮПАК включает корень «эстр» с окончаниями, отражающими набор содержащихся в молекуле заместителей.

Э. обнаружены в нек-рых высших растениях, преим. в цветках и плодах, напр. в плодах кокосовой пальмы, плодах и цветках ивы и пшеницы. Осн. прир. Э. – 3-гидроксиэстра-1,3,5(10)-триен-17-он, или эстрон (ф-ла II; т. пл. 259–260 °С), и эстра-1,3,5(10)-триен-3,17β-диол, или эстрадиол (III; т. пл. 177–179 °С), впервые были выделены гидролизом мочи жеребых кобыл или беременных женщин.

Прир. Э. содержат фенольное кольцо и являются производными эстра-1,3,5(10)-триена, в к-ром имеются 4 асимметрич. атома углерода. Прир. Э. имеют 8β-, 9α-, 13β-, 14α-конфи-

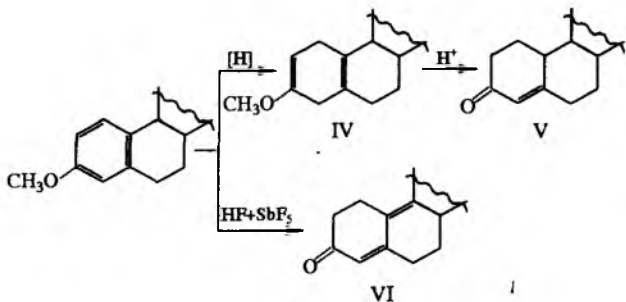






гурации асимметрич. центров, где буквами α и β обозначают заместители, расположенные соотв. за и перед плоскостью скелета молекулы. Другие стереоизомеры – менее или совсем биологически неактивны.

Ароматич. кольцо А в Э. довольно легко восстанавливается этилатом Li в жидком NH<sub>3</sub>, напр. в случае 3-метилового эфира эстрадиола образуется диен IV, гидролизующийся в присут. к-т в 19-нортестостерон V, из к-рого в дальнейшем получают анаболич. стероиды; при действии на этот же эфир сверхкислоты (HF + SbF<sub>5</sub>) происходит деароматизация кольца с образованием диенона VI, производные к-рого обладают антигестагенной активностью:

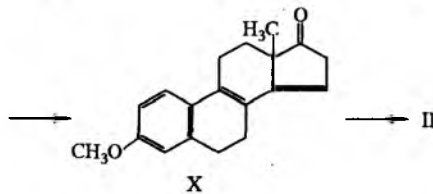
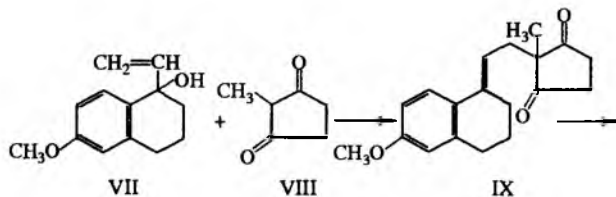


Осн. путь биосинтеза Э. исходит из холестерина; в организме они образуются в железах внутр. секреции (яичниках, семенниках, надпочечниках) непосредственно из андрогенов при участии фермента ароматазы; напр., в организме женщины в сутки вырабатывается 300–700 мкг эстрадиола. С помощью транспортной системы крови (альбумин и глобулин, связывающий половые гормоны) Э. доставляются к органам-мишеням, проникают через клеточные мембраны в цитоплазму, где связываются с рецепторами Э. Образующийся рецепторный комплекс переходит в ядро клетки и активирует геном, что приводит к синтезу специфич. белков, в т.ч. рецепторов.

В организме с участием никотинамидадениндинуклеотида происходит взаимопревращение эстрона и эстрадиола. Осн. путь их метаболизма включает превращение в 16α-гидроксиэстрадиол [эстра-1,3,5(10)-триен-3,16α,17β-триол, или эстриол], к-рый является главным метаболитом; содержание его в организме особенно возрастает в период беременности. Другой тип метаболитов – т. наз. катехольные Э., к к-рым относятся 2- и 4-гидроксипроизводные эстрона и эстрадиола, выполняющие важную роль в регуляции в организме уровня нек-рых гормонов гипофиза. Э. циркулируют в крови и выводятся из организма гл. обр. в виде аддуктов с глюкуроновой и серной к-тами.

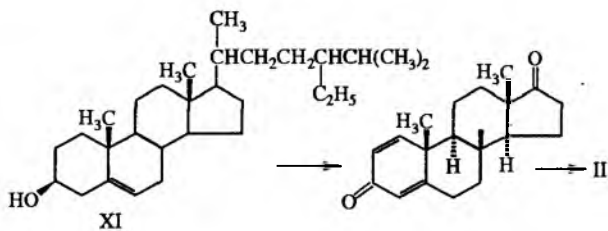
Э. обладают высокой биол. активностью, причем их активные концентрации на 1–3 порядка ниже, чем у др. стероидных гормонов. Для количеств. определения Э. в биол. жидкостях применяют радиоиммунологич. и иммуоферментный методы, основанные на р-ции антиген–антитело, где в качестве антигена используют конъюгированный с Э. белок.

Полный синтез Э. включает конденсацию соед. VII, получаемого из β-нафтола, с метилциклопентандионом VIII и циклизацию образовавшегося diketона IX в кетон X, из к-рого последоват. восстановлением двойных связей и деметилированием получают (±)-эстрон II:

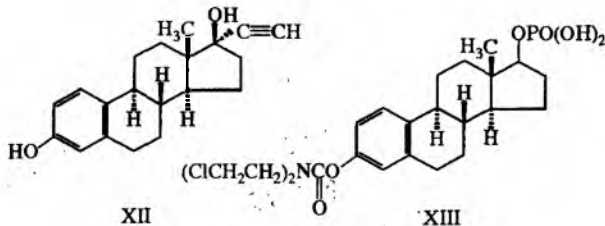


Асимметрич. синтез, как микробиологическими, так и хим. методами, из diketона IX по этой схеме приводит к прир. (+)-эстрону.

Для произ-ва Э. обычно используют частичный синтез из β-ситостерина XI с микробиол. деградацией боковой цепи и трансформацией кольца А культурой *Mycobacterium*:

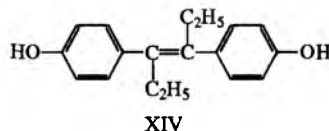


Э. применяют при лечении заболеваний, связанных с недостаточной ф-цией половых желез, в т.ч. при слабой родовой деятельности, бесплодии. Прир. Э. при оральном приеме неактивны, поэтому используют их синтетич. аналоги. Наиб. применение получил 17α-этинилэстрадиол XII, к-рый вместе с гестагенами входит в состав оральных контрацептивов, регулирующих рождаемость; 11β-метоксипроизводное диола XII – мексэстрол – самый активный из всех Э. Производное эстрадиола, содержащее в молекуле группировку азотистого иприта – эстрацит (ф-ла XIII), – лек. препарат для лечения заболеваний предстательной железы.



Применявшаяся ранее подкормка сельскохозяйств. животных Э. запрещена из-за риска попадания в организм человека Э. и гл. обр. их метаболитов, вызывающих нарушение гормонального баланса.

Эстрогенным действием обладают также нестероидные соед., среди к-рых особенно активны производные стильбэстрола (гл. обр. диэтилстильбэстрол XIV); они не дезактивируются в желудочно-кишечном тракте, хотя и связываются в организме с рецептором менее эффективно.



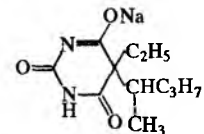
Лит.: Физер Л., Физер М., Стероиды, пер. с англ., М., 1964; Ахрем А. А., Титов Ю. А., Полный синтез стероидов, М., 1967; Estrogens in the environment, ed. by J. A. McLachlan, N. Y., 1980. См. также лит. при ст. Стероидные гормоны. В. М. Ржезников.

**ЭТАМБУТОЛ** [(+)-1,1'-этилендиамин-N,N'-бис-(1-гидроксиметилпропан) дигидрохлорид, биамбутол, мианбутол],  $C_9H_{15}N(CH_2OH)_2 + RCOOH \longrightarrow RCON(CH_2CH_2OH)_2 + H_2O$   
 $NH_2CH_2CH_2OH + RCOCl \longrightarrow RCONHCH_2CH_2OH + HCl$   
 $NH_2CH_2CH_2OH + RCOOCH_3 \longrightarrow RCONHCH_2CH_2OH + CH_3OH$   
 мол. м. 277,23; бесцв. кристаллы; т. пл. 198,5–200,3 °С,  $[\alpha]_D^{20} +5,5$  (вода); хорошо раств. в воде. Получают конденсацией 1,2-дихлорэтана с избытком (S)-2-амино-1-бутанола; в-ва, получаемые из R-изомера или рацемата 2-амино-1-бутанола, в лечебной практике не применяются, т. к. (-)-энантиомер неактивен, а Р-этанамат и мезоформа соотв. в 2 и 10 раз менее активны, чем Э.

Э.- противотуберкулезное ср-во; подавляет рост микобактерий туберкулеза, устойчивых к стрептомицину, n-аминосалицилату Na, изониазиду и фтивазиду.

А. И. Боканов.

**ЭТАМИНАЛ-НАТРИЙ** [5-(1-метилбутил)-5-этилбарбитурат натрия, нембугал]; мол. м. 248,25; бесцв. гигроскопичные кристаллы; т. пл. 155 °С, хорошо раств. в воде и этаноле. Получают Э. аналогично барбитамилу. Э.- спотворное и противосудорожное ср-во; оказывает также успокаивающее действие.



**ЭТАН**  $CH_3CH_3$ , мол. м. 30,07; газ без цвета и запаха; т. пл. -183,23 °С, т. кип. -88,63 °С;  $d_4^{100}$  0,572;  $t_{крст}$  32,3 °С,  $p_{крст}$  4,87 МПа,  $d_{крст}$  0,2045 г/см<sup>3</sup>; давление пара 2,379 МПа (0 °С);  $C_p$  12,58 Дж/(моль·К) (25 °С);  $\Delta H_{исп}^0$  14,68 кДж/моль;  $\Delta H_{гор}^0$  -1541,4 кДж/моль;  $\Delta H_{обр}^0$  -106,7 кДж/моль. Р-римость (мл в 100 мл р-рителя): вода 4,7 при 20 °С, этанол 46 при 0 °С, хорошо раств. в углеводородах.

По хим. св-вам Э.- типичный представитель насыщенных углеводородов. Вступает в разл. р-ции замещения по радикальному механизму. Термич. дегидрирование Э. при 550–650 °С приводит к этилену, при т-рах свыше 800 °С – к ацетилену (образуется также бензол и сажа), прямое хлорирование при 300–450 °С – к этилхлориду, окисление – к смеси  $CH_3CHO$  и  $CH_3COOH$ , нитрование в газовой фазе дает смесь (3:1) нитроэтана и нитрометана.

Э.- компонент прир. и попутных газов (до 10% по объему) и м. б. выделен из них низкотемпературной ректификацией. Значит. кол-ва Э. образуются при крекинге нефтяного сырья. В лаб. условиях Э. получают из  $CH_3I$  по р-ции Вюрца, из  $CH_3COONa$  электролизом по р-ции Кольбе, сплавлением пропионата Na с щелочью, из этилбромидом по р-ции Гриньяра, гидрированием этилена (над Pd) или ацетилена (в присут. Ni-Ренся).

Э.- сырье для получения этилена и винилхлорида. В США и Канаде 60% этилена получают из этана, в России и Западной Европе этот способ нерентабелен из-за низкого содержания Э. в прир. газе местных месторождений.

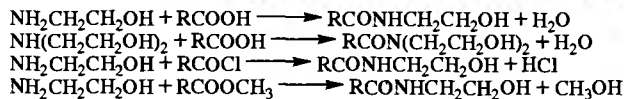
В смеси с воздухом Э. взрывоопасен. Т. всп. 152 °С, т. самовоспл. 472 °С, КПВ 2,9–15,0%. Нетоксичен. А. А. Братков.

**ЭТАНОЛ**, то же, что *этиловый спирт*.

**ЭТАНОЛАМИДЫ ЖИРНЫХ КИСЛОТ**, техн. название N-(2-гидроксипропан)амидов карбоновых к-т общех ф-л  $RCONHCH_2CH_2OH$  (моноэтаноламиды) или  $RCON(CH_2CH_2OH)_2$  (диэтаноламиды), где R – насыщенный или ненасыщенный алифатич. радикал  $C_9$ – $C_{17}$ . Мицеллообразующие неионогенные ПАВ. Пром. продукты – твердые, мазеобразные или жидкие в-ва с содержанием смеси моно- и диэтаноламидов до 85% по массе; раств. в воде, орг. р-рителях, диспергируются в нефтяных топливах и маслах.

В гомологич. ряду индивид. моноэтаноламидов жирных к-т (от октановой до октадекановой) св-ва Э. ж. к. изменяются соотв. в пределах: т. пл. – от 67,9 до 102 °С; р-римость в этаноле (20 °С) – от 602,0 до 15,0 г/л, в ацетоне – от 362,0 до 3,0, в воде (40 °С) – от 39,0 до 0,015 г/л; критич. концентрация мицеллообразования при 40 °С – от 34,0 до 12,7 мг/л.

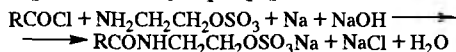
Получают Э. ж. к. взаимод. моно- или диэтаноламинов с жирными к-тами, их хлорангидридами или эфирами по р-циям:



В пром-сти обычно используют жирные к-ты растит. масел (напр., кожосового) или синтетич. жирные к-ты фракции  $C_{10}$ – $C_{16}$ .

Оксисилированием Э. ж. к. получают *синтамыды* – неионогенные ПАВ техн. назначения.

Анионные ПАВ – сульфозфиры общей ф-лы  $RCONHCH_2CH_2OSO_3Na$  получают взаимод. Э. ж. к. с серной или хлорсульфоновой к-той либо олеумом (с послед. нейтрализацией продукта щелочью), а также конденсацией хлорангидрида жирной к-ты с сульфозфиром этаноламина по р-ции:



Э. ж. к. – составная часть синтетич. моющих ср-в, шампуней, пенных препаратов для ванны, косметико-гигиенич. ср-в; повышают моющую способность алкансульфонатов, алкилбензолсульфонатов и др. мицеллообразующих ПАВ, стабилизируют пену при стирке, являются эффективными загустителями, проявляют антисептич. и антикоррозионное действие. Синтамыды и сульфозфиры Э. ж. к. – эмульгаторы, смачиватели, диспергаторы, мягчители, антистатиканы в кожевенной и текстильной и нек-рых отраслях нефтяной и хим. пром-сти.

Лит.: Поверхностно-активные вещества. Справочник, под ред. А. А. Абрамцова, Г. М. Газвго, Л., 1979. Л. А. Шич.

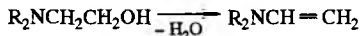
**ЭТАНОЛАМИНЫ**. Различают моноэтаноламин (2-аминоэтанол, этаноламин, коламин), диэтаноламин (иминодиэтанол) и триэтаноламин (нитрилотриэтанол). Бесцв. вязкие гигроскопичные жидкости со специфич. аминным запахом, неограниченно смешиваются с водой, хорошо раств. в этаноле, бензоле, хлороформе, плохо – в гептане (табл.). Обладают св-вами аминов и спиртов.

#### СВОЙСТВА ЭТАНОЛАМИНОВ

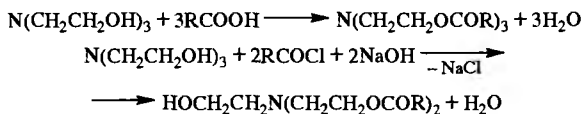
Показатель	Моноэтаноламин $HOCH_2CH_2NH_2$	Диэтаноламин $(HOCH_2CH_2)_2NH$	Триэтаноламин $(HOCH_2CH_2)_3N$
Мол. масса	61,08	105,14	149,19
Т. пл., °С	10,6	27,8	21,2
Т. кип., °С	170–171	270	360
$d_4^{20}$	1,0159	1,0966	1,1242
$\eta^{20}$	1,4541	1,4776	1,4852
$\eta$ , мПа·с (25 °С)	19	580	601
Растворимость, г в 100 г гептана (25 °С)	0,6	0,1	0,2
Т. всп., °С	93	148,9	179
Т. самовоспл., °С	450	—	—
ПДК*, мг/м <sup>3</sup>	1	5	5

\* В воздухе рабочей зоны.

Э.– слабые основания; с минер. и сильными орг. к-тами дают соли. Соли Э. с жирными к-тами – некристаллич. в-ва, похожие на воск, используются в пром-сти как эмульгаторы (этаноламинные мыла). Р-ция моноэтаноламинов с 48%-ной HBr приводит к виниламинам:

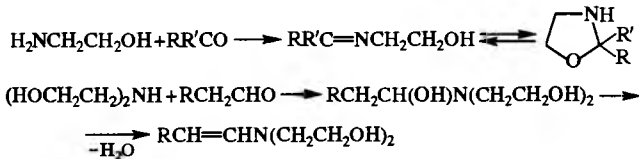


При взаимод. со сложными эфирами и карбоновыми к-тами или их ангидридами и хлорангидридами моно- и диэтаноламины превращаются соотв. в N-(2-гидроксипропан) и N,N-ди(2-гидроксипропан)амиды к-т. Триэтаноламин реагирует с карбоновыми к-тами и хлорангидридами при повышенных т-рах, напр.:

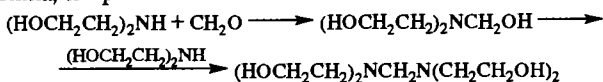


При р-ции с дикарбонными к-тами моно- и диэтанолламины образуют полиэфирполиамиды  $[-COCH(R)CONHCH_2CH_2O-]_m$ , триэтанолламины – «сшитые» полиаминополиэфиры.

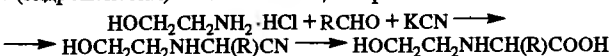
Моноэтанолламин с альдегидами (за исключением формальдегида) и кетонами дает шиффовы основания, последние обычно находятся в равновесии с изомерными оксазолидинами. Диэтанолламин с высшими альдегидами в присут.  $K_2CO_3$  образует третичные аминоспирты, к-рые далее превращаются в  $\alpha, \beta$ -ненасыщенные аминоспирты, напр.:



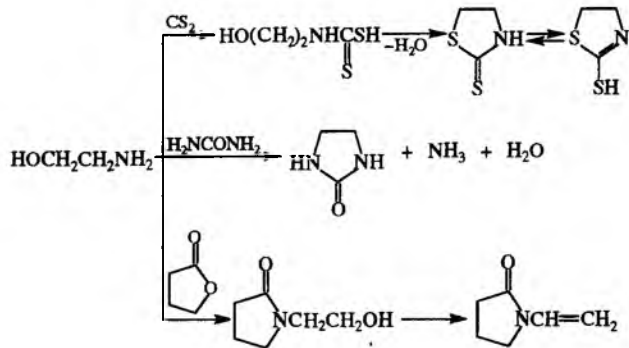
Р-ция моно- и диэтанолламинов с формальдегидом в присут. щелочи приводит к метиловым производным, последние могут вступать в р-цию со второй молекулой диэтанолламина с образованием N,N,N',N'-тетра(2-гидроксиэтил)метиленамина, напр.:



При взаимодействии солей моно- и диэтанолламинов с KCN или NaCN и альдегидами и кетонами образуются N-(гидроксиэтил)аминитрилы, к-рые при гидролизе превращаются в N-(гидроксиэтил)аминокислоты, напр.:

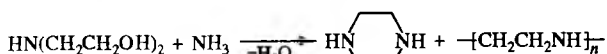
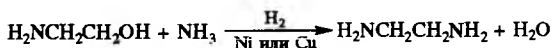


Моноэтанолламин при р-ции с  $CS_2$  образует N-(2-гидроксиэтил)дитиокарбаминную к-ту, к-рая при нагр. дает меркаптоэтиазолин; при нагр. с мочевиной – этиленмочевину; с  $\gamma$ -бутиролактоном – N-(2-гидроксиэтил)пирролидон, к-рый далее превращается в N-винилпирролидон:



Моно- и диэтанолламины с безводным  $CO_2$  дают соответствующие N-гидроксиэтилкарбаминные к-ты и их соли (напр.,  $HOCH_2CH_2NHCOOH$  и  $HOCH_2CH_2NHCOOH \times H_2NCH_2CH_2OH$ ), с акрилонитрилом – N-(2-гидроксиэтил)аминопропионитрил ( $HOCH_2CH_2)_2NCH_2CH_2CN$ , с этиленкарбонатом – уретановые гликоли  $HOCH_2CH_2OC(O)NH-CH_2CH_2OH$ .

Аммонолиз моноэтанолламина в присут.  $H_2$  и катализаторов гидрирования приводит к этилендиамину, диэтанолламин в тех же условиях превращается в пиперазин и полиэтиленполиамин:



В пром-сти Э. получают жидкофазным аммонолизом этиленоксида в присут. небольшого кол-ва воды. Процесс осуществляют в одну стадию (при т-ре 90–130 °С и давлении 7–10 МПа). При соотношении этиленоксид : аммиак (1:15) продукт р-ции содержит 78,3% моно-, 16% ди- и 4,4% триэтанолламинов. Конверсия этиленоксида 100%. Состав смеси Э. регулируют кол-вом  $NH_3$ , т-рой процесса и направлением в реикул одного или двух Э. Образующуюся смесь Э.,  $H_2O$  и  $NH_3$  разделяют ректификацией, при этом аммиак в сжиженном виде направляется в реикул;  $H_2O$ , моно-, ди- и триэтанолламины выделяют ректификацией.

В лаборатории Э. синтезируют оксиэтилированием аммиака, аминированием этиленхлоргидрина, гидрированием метиленамина.

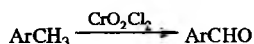
Анализируют Э. методами ГЖХ, потенциометрич. титрования, колориметрии или иодометрии.

Э. применяют в качестве абсорбентов «кислых» газов ( $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$  и др.) в процессах очистки технол. газов на предприятиях нефтеперерабатывающей, газодобывающей и хим. отраслей пром-сти; как сырье для получения эмульгаторов, диспергаторов, стабилизаторов пен, моющих и чистящих средств, шампуней, ПАВ и др. Моноэтанолламин используют в орг. синтезе для получения этилендиамина, N-винилпирролидона и др., диэтанолламин – в произ-ве пластификаторов, ингибиторов коррозии и др.

Лит.: Справочник нефтехимика, т. 2, Л., 1978, с. 294; «Hydrocarb. processing», 1973, v. 52, № 11, p. 120; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N. Y., 1978, p. 944.

М. И. Якушкин.

**ЭТАРА РЕАКЦИЯ**, окисление метильной группы в ароматич. соед. в альдегидную под действием хромилхлорида (иногда к Э. относят любые р-ции в орг. химии с участием  $CrO_2Cl_2$ ):



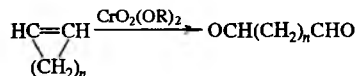
Ароматич. ядро может содержать заместитель: Hal,  $NO_2$ , Alk и AlkO (хотя две последние группы также могут окисляться в ходе р-ции). Вместо  $CrO_2Cl_2$  можно использовать  $CrO_2(OCOR)_2$  ( $R = CH_3, C_6H_5, CCl_3$ ), что способствует увеличению выхода.

Обычно хромилхлорид смешивают с ароматич. соед. в среде инертного орг. р-рителя ( $CS_2, CCl_4, CHCl_3, C_6H_5Cl$  и др.) при 10–50 °С. Образовавшийся комплекс состава  $ArCH_3 \cdot 2CrO_2Cl_2$  (часто выпадает в осадок) обрабатывают  $H_2O$ . Выходы составляют 50–70%. Основные побочные продукты – хлорированные ароматич. соед. и продукты более глубокого окисления.

Механизм Э. р. известен лишь в общих чертах. Установлено, что стадия, определяющая скорость р-ции, – расщепление связи C–H в метильной группе при образовании аддукта с первой молекулой  $CrO_2Cl_2$ . Полагают, что этот процесс может идти по ионному либо радикальному механизму, давая в обоих случаях на первой стадии аддукт типа  $ArCH_2-O-Cr(OH)Cl_2$ , к-рый быстро присоединяет вторую молекулу хромилхлорида. Образующееся соед. имеет, по-видимому, структуру  $ArCH[OCr(OH)Cl_2]_2$ .

В условиях Э. р. метилзамещенные алициклич. соед. в присут. каталитич. кол-в олефинов (ок. 1%) дают соответствующие альдегиды с выходом 25%.

При действии  $CrO_2(OR)_2$  и циклич. олефины образуются линейные диальдегиды:



Э. р. используют в препаративной практике. Р-ция открыта А. Этаром в 1877.

Лит.: Грагеров И. П., Пономарчук М. П., «Ж. орган. химии», 1967, т. 3, № 3, с. 458–64; 1969, т. 5, № 6, с. 1145–47; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1988, с. 295–96; Harford W., «Chem. Vet.», 1958, Bd 58, S. 25; Neitzescu C., «Bull. Soc. chim. France», 1968, p. 1349.

Г. И. Дрозд.

**ЭТЕРИФИКАЦИЯ**, см. *Эфиры сложные*.

**ЭТИЛАКРИЛАТ** (этиловый эфир акриловой к-ты)  $\text{CH}_2 = \text{CHCOOC}_2\text{H}_5$ , мол. м. 100,117; бесцв. жидкость с резким неприятным запахом; т. пл.  $-71,2^\circ\text{C}$ , т. кип.  $99,5^\circ\text{C}$ ;  $d_4^{25}$  0,9178;  $n_D^{20}$  1,4034;  $P_{\text{крит}}$  3,68 МПа,  $t_{\text{крит}}$  279,85  $^\circ\text{C}$ ,  $d_{\text{крит}}$  0,310 г/см<sup>3</sup>;  $\eta$  0,54 мПа·с (25  $^\circ\text{C}$ ),  $\gamma$  24,7 мН/м (25  $^\circ\text{C}$ ), давление пара (кПа): 1,16 (0  $^\circ\text{C}$ ), 3,93 (20  $^\circ\text{C}$ ), 16,8 (50  $^\circ\text{C}$ );  $S_p^0$  1,87 кДж/(кг·К);  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  388,7 кДж/кг,  $\Delta H_{\text{гор}}^0$   $-2550,6$  кДж/моль,  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $-349,53$  кДж/моль,  $S_{298}^0$  406,64 Дж/(моль·К),  $\Delta H_{\text{пол}}$  77,8 кДж/моль; теплопроводность 0,1644 Вт/(м·К); хорошо раств. в орг. р-рителях, р-римость в 100 г воды при 25  $^\circ\text{C}$  и воды в 100 г Э. – 1,5 г. Образует азеотропные смеси с водой, метанолом, этанолом, кипящие соотв. при 81,1  $^\circ\text{C}$  (15% по массе  $\text{H}_2\text{O}$ ), 64,5  $^\circ\text{C}$  (84,4%  $\text{CH}_3\text{OH}$ ), 77,5  $^\circ\text{C}$  (72,5%  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ).

Хим. св-ва Э. определяются наличием двойной связи, сопряженной с карбонильной группой. Легко гидролизруется в кислой и щелочной средах, перэтерифицируется в присут. к-т, присоединяет  $\text{H}_2$ , галогены, галогеноводороды,  $\text{HCN}$ ,  $\text{NH}_3$ , амины, в присут. основных катализаторов – спирты, фенолы,  $\text{H}_2\text{S}$ , тиолы (против правила Марковникова), м. б. диенофилом в диеновом синтезе. Легко полимеризуется и сополимеризуется с этиленом, акрилонитрилом, хлорэтиленвиниловым эфиром и др.

Осн. пром. способ произ-ва Э. – этерификация акриловой к-ты этанолом при небольшом избытке спирта (10–30%) при 60–80  $^\circ\text{C}$  в присут. катализатора (катионообменная смола,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или *n*-толуолсульфокислота). Э. получают также гидролизом акрилонитрила разбавленной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с послед. этерификацией этанолом; взаимод. ацетилена с этанолом в условиях р-ции Реппе:  $4\text{C}_2\text{H}_2 + 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{Ni}(\text{CO})_4 + 2\text{HCl} \rightarrow 4\text{CH}_2 = \text{CHCOOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2 + \text{NiCl}_2$ ; с высокими выходами алминированием спирта из  $\beta$ -алкоксипропионата путем пропускания последнего над фосфатами или оксидами металлов, силикатами при 200–400  $^\circ\text{C}$  либо жидкофазной р-цией в присут. серной или фосфорной к-т при 125–150  $^\circ\text{C}$  и др.

Содержание основного в-ва в товарном продукте должно составлять не менее 99,5%. Для предотвращения самопроизвольной полимеризации при получении и хранении в товарный Э. добавляют ингибиторы: гидрохинон, его монометиловый эфир, фенотиазин, *n*-трет-бутилпирокатехин в кол-ве 0,001–0,1%. Перед полимеризацией Э. очищают от ингибитора щелочной промывкой, обработкой ионообменными смолами либо мол. ситами или дистилляцией.

Для контроля за чистотой Э. применяют ГЖХ; двойную связь определяют иодо- или бромометрически, сложноэфирную группу – щелочным омылением.

Используют Э. для произ-ва полиэтилакрилата (см. Полиакрилаты), сополимеров Э. с метилметакрилатом, этиленом, акрилонитрилом и др., применяемых в произ-ве лаков, красок, в качестве связующих нетканых текстильных материалов.

Т. всп. 9  $^\circ\text{C}$ , т. самовоспл. 383  $^\circ\text{C}$ , КПВ 1,8–9,5% (по объему). Э. обладает общетоксич. действием, раздражает кожу, слизистые оболочки, верхние дыхат. пути, пищеварит. тракт, при длительном контакте вызывает ожоги, при вдыхании избытка паров – отек легких; ПДК в воздухе рабочей зоны 20 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов 0,005 мг/л, допустимое кол-во, мигрирующее в пищу, 2 мг/кг; ЛД<sub>50</sub> 1020 мг/кг (крысы, перорально), 1950 мг/кг (кролики, при нанесении на кожу).

Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 1, N. Y., 1978, p. 330–54.

Ф. Е. Куперман.

**ЭТИЛАМИНЫ**  $\text{C}_2\text{H}_5\text{NRR}'$ . В статье рассмотрены первичный, вторичный и третичный амины, содержащие только этильные остатки (см. табл.). Первичный Э. (моноэтиламин,  $\text{R} = \text{R}' = \text{H}$ ) – бесцв. газ, вторичный (диэтиламин,  $\text{R} = \text{C}_2\text{H}_5$ ,  $\text{R}' = \text{H}$ ) и третичный (триэтиламин,  $\text{R} = \text{R}' = \text{C}_2\text{H}_5$ ) – бесцв. маловязкие жидкости со специфич. аминным запахом. Неограниченно смешиваются с водой, хорошо раств. в этаноле и др. орг. р-рителях. Триэтиламин образует азеотропную смесь с этанолом (51% по объему триэтиламина, т. кип. 76,9  $^\circ\text{C}$ ).

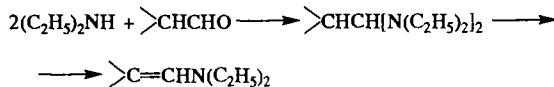
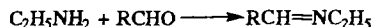
Э. – сильные основания, обладают св-вами аминов. С минер. и орг. к-тами образуют кристаллич. соли. При взаимод. с

СВОЙСТВА ЭТИЛАМИНОВ

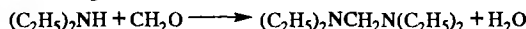
Показатель	Свойства этиламинов		
	Моноэтиламин $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	Диэтиламин $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$	Триэтиламин $(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{N}$
Мол. масса	45,09	73,14	101,19
Т. пл., $^\circ\text{C}$	-81,0	-48	-114,7
Т. кип., $^\circ\text{C}$	16,6	56,3	89,4
$d_4^{20}$	0,6828	0,7056	0,7257
$n_D^{20}$	1,3663	1,3864	1,4010
$t_{\text{крит}}^\circ\text{C}$	183,2	223,3	258,9
$P_{\text{крит}}$ МПа	55,5	36,6	30
$\Delta H_{\text{исп}}^\circ$ кДж/моль (25 $^\circ\text{C}$ )	28,03*	31,34	34,69
$\Delta H_{\text{обр}}^\circ$ кДж/моль (газа)	-46,02	-72,38	-99,58
$p_K$ (вода, 25 $^\circ\text{C}$ )	10,63	10,93	10,87
$pH$ 0,1 л водного р-ра	11,9	11,0	11,8
Т. самовоспл., $^\circ\text{C}$	555	490	510
КПВ (% по объему)	5,5–17	2,2–14	1,2–8
ПДК*, мг/м <sup>3</sup>	10	30	10

\* При 16  $^\circ\text{C}$ . \*\* В воздухе рабочей зоны.

карбонвыми к-тами (при повышенных т-рах), их ангидридами, хлорангидридами и эфирами моно- и диэтиламинами превращаются соотв. в *N*-этил- и *N,N*-диэтиламиниды к-т. Р-ция с альдегидами и кетонами приводит к шиффовым основаниям и енаминам; последние при гидрировании дают *N*-этил- и *N,N*-диэтилкалиламины, напр.:

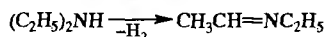
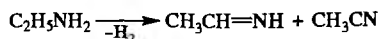


При р-ции диэтиламина с формальдегидом получают *N,N,N',N'*-тетраэтилметиленамин:



Моноэтиламин алкилируется спиртами и алкилгалогенидами до вторичных и третичных алкаламинов; диэтиламин – до *N,N*-диэтилкалиламинов; триэтиламин – до четвертичных аммониевых солей (из алкилгалогенидов). Моно- и диэтиламины реагируют с  $\text{CO}_2$  и  $\text{CS}_2$ , превращаясь в соли соотв. карбаминных  $[\text{C}_2\text{H}_5\text{NHCOOH} \cdot \text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_5]$  и дитиокарбаминных к-т  $[(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NCSSH} \cdot \text{HN}(\text{C}_2\text{H}_5)_2]$ ; при обработке этиленоксидом образуются соотв. *N*-этилетаноламины и *N,N*-диэтилетаноламины или их полиоксигетильные производные; при обработке фосгеном – этилизоцианат и тетраэтилмочевина.

При взаимод. с лактамами моноэтиламин дает *N*-этиллактам, с хлороформом в присут. щелочи – этилизонитрил, с  $\text{HNO}_2$  – этанол и  $\text{N}_2$  (количественно). Э. диспропорционируют при повышенных т-рах над катализаторами дегидратации или гидрирования (в присут.  $\text{H}_2$ ); при этом из моноэтиламина получаются диэтиламин и аммиак, из диэтиламина – моноэтиламин и триэтиламин. В присут. катализаторов гидрирования при высоких т-рах моноэтиламин и диэтиламин дегидрируются:



В пром-сти смесь Э. получают парофазным аминированием этанола в присут.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  или их смеси при 350–450  $^\circ\text{C}$ , давлении 2–20 МПа, молярном соотношении  $\text{NH}_3 : \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  (2:6) либо в присут.  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Re}$  и др. и  $\text{H}_2$  при 150–230  $^\circ\text{C}$ , давлении 1,7–3,5 МПа, молярном соотношении  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{NH}_3:\text{H}_2$  1:(1,5–6):(2–5). Выход в первом случае 75–80%, во втором – 90–95% при конверсии этанола 95–100%. Состав смеси Э. регулируют кол-вом  $\text{NH}_3$ , т-рой процесса и направлением в рецикл одного или двух Э. Образующуюся смесь Э.,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  и непрореагировавшего этанола разделяют ректификацией под давлением 0,1–1,8 МПа, получая моно-, ди- и триэтиламины.

В лаборатории Э. синтезируют методами, общими для получения алифатич. аминов, в т. ч. гидрированием ацетонитрила или нитроэтана, восстановит. аминированием ацетальдегида, аммонолизом диэтилового эфира или этилгалогенидов.

Моноэтиламин без примесей ди- и триэтиламина синтезируют по р-циям Габриеля и Гофмана.

Анализируют Э. методами ГЖХ и титрованием к-тами р-ров Э. в воде или в орг. р-рителях. В воздухе Э. определяют методом ГЖХ или колориметрически.

Э. применяют в произ-ве пестицидов (напр., симазин, атразин, цианазин и др.), ингибиторов коррозии (напр., N,N-диэтилпиперидин, динитробензоат диэтиламина и др.), лек. в-в (напр., новокаин, кардиамин и др.), катализаторов синтеза полиуретанов.

Моноэтиламин используют также для получения пластификаторов, флотореагентов, текстильно-вспомогат. в-в, антиобледенит. композиций, ускорителей вулканизации каучука; диэтиламин – для получения присадок к моторным топливам и маслам, отвердителей эпоксидных смол; триэтиламин – для произ-ва жидких ракетных топлив, антисептиков для древесины, олигомеров, стабилизаторов трихлорэтилена.

Э. в больших концентрациях оказывают вредное влияние на печень, почки, нервную систему; раздражают кожу, слизистые оболочки глаз, верхних дыхат. путей.

Лит.: Бобков С.С., Смирнов С.К., Синильная кислота, М., 1970, с. 141; Справочник нефтехимика, т. 2, Л., 1978, с. 293–94; Паушкин Я.М., Жидкие и твердые химические ракетные топлива, М., 1978, с. 127; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 2, N. Y., 1978, p. 272–82. М. И. Якушкин.

**ЭТИЛАЦЕТАТ** (этиловый эфир уксусной к-ты)

$\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ ; мол. м. 88,11; бесцв. жидкость с приятным запахом; т. пл.  $-84^\circ\text{C}$ , т. кип.  $77,1^\circ\text{C}$ ;  $d_4^{20}$  0,9001;  $n_D^{20}$  1,3724;  $t_{\text{кип}} 250,4^\circ\text{C}$ ,  $\rho_{\text{жидк}} 0,78$  МПа;  $\eta$  0,455 мПа·с ( $20^\circ\text{C}$ );  $\mu$   $6,03 \cdot 10^{-30}$  Кл·м;  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  34,75 Дж/моль,  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  10,481 Дж/моль;  $\Delta H_{\text{гор}}^0$   $-2254,98$  кДж/моль,  $\Delta H_{\text{обр}}^0$   $-463,8$  кДж/моль;  $\epsilon$  6,053; смешивается с этанолом, диэтиловым эфиром, бензолом,  $\text{CHCl}_3$ ; р-римость (% по массе): в воде 12, воды в Э. 9,7. Э. образует двойные азеотропные смеси с водой (т. кип.  $70,4^\circ\text{C}$ , содержание воды 8,2% по массе), этанолом (71,8; 30,8), метанолом (62,25; 44,0), изопропанолом (75,3; 21,0),  $\text{CCl}_4$  (74,7; 57), циклогексаном (72,8; 54,0) и тройную азеотропную смесь Э.: вода:этанол (т. кип.  $70,3^\circ\text{C}$ , содержание соотв. 83,2, 7,8 и 9% по массе).

Э. обладает всеми св-вами эфиров сложных.

В пром-сти Э. получают: 1) по Тищенко реакции из ацетальдегида при  $0-5^\circ\text{C}$  в присут. катализич. количеств алкоголята Al; конверсия ацетальдегида 98%, селективность 97–98%; 2) этерификацией  $\text{CH}_3\text{COOH}$  этанолом при  $110-115^\circ\text{C}$  в присут.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , соотношение к-ты и спирта (1:1,1), степень конверсии более 95%; 3) взаимодей.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  с этиленом при т-ре  $150^\circ\text{C}$  и давлении 7,7 МПа в присут.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при соотношении  $\text{CH}_3\text{COOH}$ : этилен 1:3,89.

Лаб. способы получения: взаимодей.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  с  $\text{CH}_3\text{COCl}$ , кетеном либо  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ , или р-цией СО с  $\text{CH}_3\text{OH}$  и этиленом.

Э. – р-ритель нитроцеллюлозы, ацетилцеллюлозы, смоляных масляных лаков, жиров, восков, в смеси со спиртом – р-ритель в произ-ве искусств. кожи. Применяется как экстрагент орг. соед. из водных р-ров, желатинизирующее средство в произ-ве взрывчатых в-в, компонент фруктовых эссенций.

Пары Э. раздражают слизистые оболочки глаз и дыхат. путей, при действии на кожу вызывают дерматиты и экземы. ПДК в воздухе рабочей зоны 200 мг/м<sup>3</sup>.

Т. всп.  $2^\circ\text{C}$ , т. воспл. ниже  $0^\circ\text{C}$ , т. самовоспл.  $400^\circ\text{C}$ , КПВ паров в воздухе 2,1–16,8% (по объему), температурные пределы воспламенения 1–31  $^\circ\text{C}$ .

Мировой объем произ-ва Э. 0,45–0,5 млн. т в год (1986), в т. ч. в Японии 0,11, Германии 0,08, США 0,08.

Лит.: Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т., Свойства газов и жидкостей, пер. с англ., Л., 1982; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 21, N. Y., 1983, p. 382–83. З. П. Присяжко.

**ЭТИЛБЕНЗОЛ**,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{CH}_3$ , мол. м. 106,16; бесцв. жидкость с запахом бензола; т. пл.  $-94,97^\circ\text{C}$ , т. кип.  $136,19^\circ\text{C}$ ,  $25,88^\circ\text{C}/10$  мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  0,8671;  $n_D^{20}$  1,4958;  $\eta$  0,637 мПа·с ( $20^\circ\text{C}$ );  $\mu$   $1,97 \cdot 10^{-30}$  Кл·м;  $C_p^0$  (жидкость) 186,56 Дж/(моль·К),  $C_p^0$  (газ) 128,49 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  (жидкость)  $-12,48$  кДж/моль,  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  (газ)  $-29,71$  кДж/моль;  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  86,3 Дж/г,  $\Delta H_{\text{гор}}^0$   $-4568,6$  кДж/моль;  $S_{298}^0$  (жидкость) 255,35 Дж/(моль·К),  $S_{298}^0$  (газ) 360,69 Дж/(моль·К);  $\epsilon$  2,41 ( $20^\circ\text{C}$ ). Р-римость в воде 0,014 г в 100 г ( $15^\circ\text{C}$ ); смешивается с большинством орг. р-рителей. Образует пикрат с т. пл.  $96,6^\circ\text{C}$ .

Обладает св-вами ароматических соединений. При действии  $\text{Cl}_2$  или  $\text{Br}_2$  на Э. в газовой фазе в отсутствие катализатора на свету или при т-ре кипения Э. происходит замещение в боковой цепи с образованием (1-галогенэтил)- и (2-галогенэтил)бензолов. Галогенирование в жидкой фазе при низких т-рах в присут. катализаторов ( $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ,  $\text{I}_2$  и др.) приводит к о- и п-галогенпроизводным. Нитрование  $\text{HNO}_3$  ( $d = 1,5$ ) и сульфирование идет в бензольное кольцо с образованием соответствующих моно-, ди- и тринитропроизводных. При окислении  $\text{CrO}_3$  или разб.  $\text{HNO}_3$  Э. превращается в бензойную к-ту и ацетофенон, при окислении р-ром  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в автоклаве при т-ре  $250^\circ\text{C}$  в течение 1 ч – в натриевую соль фенилуксусной к-ты (выход 89%). Жидкофазное окисление Э. в присут. ацетата Mn приводит к  $\alpha$ -фенилэтиловому спирту, к-рый при  $300^\circ\text{C}$  в присут.  $\text{TiO}_2$  превращается в стирол. При окислении кислородом воздуха при  $130^\circ\text{C}$  и 0,5 МПа Э. образует гидропероксид, к-рый при  $110^\circ\text{C}$  в присут. нафтенатов W или Mo с пропиленом образует пропиленоксид и  $\alpha$ -фенилэтиловый спирт.

При пропускании паров при  $360^\circ\text{C}$  над катализатором на основе оксидов Zn или Cr Э. с выходом 90–92% дегидрируется в стирол.

Э. содержится в сырой нефти, продуктах катализич. риформинга нефтяных фракций и легких фракциях смолы коксования угля, откуда он м. б. легко выделен. В пром-сти Э. получают гл. обр. алкилированием бензола этиленом в присут.  $\text{AlCl}_3$  при т-ре  $400-450^\circ\text{C}$ ; разработаны также процессы алкилирования в присут.  $\text{BF}_3$  на модифицированном оксиде Al,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  на кизельгуре, мол. ситах.

Э. – исходное в-во в произ-ве стирола, добавка к моторному топливу для повышения октанового числа, р-ритель.

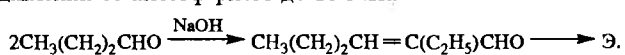
Э. раздражает кожу, оказывает судорожное действие; ПД<sub>50</sub> 3,5 г/кг (мышы, внутривенно). ПДК в атм. воздухе 0,02 мг/м<sup>3</sup>, в водоемах хозяйств.-бытового пользования 0,01 мг/л. Т. воспл.  $15^\circ\text{C}$ , т. самовоспл.  $432^\circ\text{C}$ , КПВ 0,9–3,9% по объему.

Объем мирового произ-ва ок. 17 млн. т в год (1987); объем произ-ва в России 0,8 млн. т в год (1990).

Лит.: Теддер Дж., Нехватал А., Джубб А., Промышленная органическая химия, пер. с англ., М., 1977; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 15, N. Y., 1981, p. 545; v. 24, 1984, p. 709. В. Г. Литович, М. Ф. Вагин.

**2-ЭТИЛГЕКСАНОЛ**  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5)\text{CH}_2\text{OH}$ , мол. м. 130,23; бесцв., слегка вязкая жидкость с приятным цветочным запахом; т. пл.  $70^\circ\text{C}$ , т. кип.  $183,5^\circ\text{C}$ ;  $d_4^{20}$  0,8340;  $n_D^{20}$  1,4315; раств. в большинстве орг. р-рителей, р-римость в воде 0,07% (по массе), р-римость воды в Э. 2,6%; с водой образует азеотропную смесь (т. кип.  $99,1^\circ\text{C}$ ; 20% по объему Э.).

Осн. пром. способ получения Э. – альдольная конденсация масляного альдегида (последний образуется при гидроформилировании пропилена в присут. Rh) при  $80-140^\circ\text{C}$  и 0,2–0,6 МПа с послед. гидрированием образующегося 2-этилгексаналя в присут. Ni или Cu при т-ре  $100^\circ\text{C}$  и выше и давлении от атмосферного до 10 МПа:



Э. – р-ритель нек-рых пластмасс, лаков; экстрагент редких и радиоактивных металлов из руд и минералов; пеногаситель; стабилизатор эмульсий типа «вода в масле»; компонент парфюм. композиций.

Широко применяют эфиры Э. (табл.), в осн. в качестве пластификаторов. На произ-во эфиров расходуется ок. 80% производимого Э. Наиб. универсальный пластификатор — ди(2-этилгексил)фталат (ДФ). Его используют для пластификации ПВХ и эфиров целлюлозы. Эфиры Э. и дикарбоновых к-т — пластификаторы морозостойких полимерных композиций.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЭФИРОВ 2-ЭТИЛГЕКСАНОЛА

Соединение	T. пл., °C	T. кип., °C/мм рт. ст.	d <sub>4</sub> <sup>25</sup>	n <sub>D</sub> <sup>25</sup>	η, Па·с	P-р-ность в воде, % по массе	T. исп., °C
Ди(2-этилгексил)фталат	-46	231/5	0,986	1,484	0,082	0,01	206
Три(2-этилгексил)тримеллитат	-33	260/1	0,987	1,485	0,21-0,286	—	260
Ди(2-этилгексил)адипонат	-70	214/15	0,927*	1,447*	0,013-0,015	0,025	196
Три(2-этилгексил)фосфат	-90	220/5	0,926**	1,444**	—	0,01	207
Ди(2-этилгексил)фенилфосфат	-95	190-205/1	0,97-0,99	1,470**	—	0,01	195-205

\*При 35 °C. \*\*При 20 °C.

Эфиры Э. и ароматич. поликарбоновых к-т, напр. три(2-этилгексил)тримеллитат, благодаря низкой летучести, малой экстрагируемости моющими средствами и низкой миграции в лаковые покрытия применяют при изготовлении кабельной изоляции, эксплуатируемой при высоких т-рах, а также в отделочных материалах автомобилей.

Эфиры Э. и ортофосфорной к-ты повышают огнестойкость полимерных материалов; они малотоксичны и используются для приготовления упаковочных материалов в пищ. пром-сти. Для Э. ПДК в воздухе рабочей зоны 50 мг/м<sup>3</sup>, КПВ 1,03-8,48% (по объему), т. исп. 185 °C.

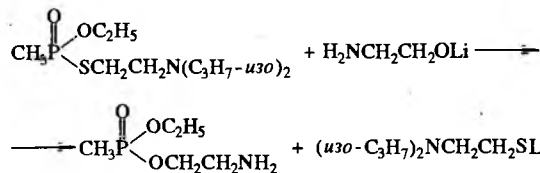
Мировой объем произ-ва Э. 3 млн. т в год (1990), в т. ч. в России 140 тыс. т.

Лит.: Колесов М.Л. и др., Промышленные методы производства 2-этилгексанола и перспективы развития, М., 1992; «Нефть, газ и нефтяные ресурсы», 1991, № 4, с. 80. Н. С. Баринюв.

**О-ЭТИЛ-S-β-ДИИЗОПРОПИЛАМИНОЭТИЛМЕТИЛФОСФОНАТ** [О-этиловый S-2-(диизопропиламино)этиловый эфир метилфосфоновой к-ты, ви-газ, Ви-Экс, VX], мол. м. 267,37; бесцв. жидкость (техн. продукт имеет окраску от желтой до темно-коричневой); т. пл. -39 °C, т. кип. 95-98 °C/1 мм рт. ст.; d<sub>4</sub><sup>25</sup> 1,0083; летучесть

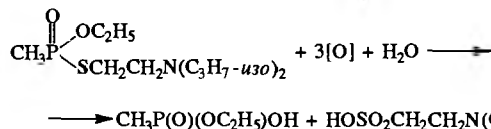
0,0105 мг/л (25 °C). Э. гигроскопичен, ограниченно раств. в воде (ок. 5% при 20 °C), хорошо — в орг. р-рителях. Легко проникает в пористые материалы.

Химически устойчив. Очень медленно реагирует с нуклеоф. реагентами. Время гидролиза на 50% при 25 °C и pH 7 составляет 350 сут, при pH 10 — ок. 10 сут, при pH 14 — 1,3 мин. Практич. значение для дегазации Э. имеет его взаимодей. с солями аминоспиртов и целлозольвами в неводных р-рителях, напр.:



Так, 0,5 М р-р H<sub>2</sub>NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OLi в смеси с моноэтаноламином и 1,6-гександиолом (3:1) полностью разлагает Э. за 15 мин.

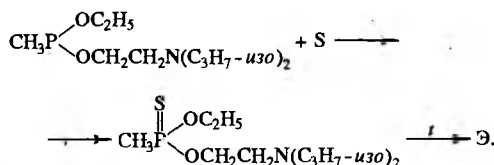
Электроф. р-ции в водной среде с разрывом связи P—S легче всего происходят при pH 5-9; окислители (напр., гипохлориты) сравнительно легко разлагают Э. до нетоксичных продуктов:



Эти р-ции пригодны для дегазации Э.

С к-тами Э. образует твердые ядовитые аммониевые соли, раств. в воде. Термич. разложение Э. начинается при 150 °C; при 250 °C Э. пиролизуется наполовину за 4 мин, а при 295 °C — за 36 с.

Э. может быть получен мн. методами, напр.:



Э. — ОВ нервно-паралитич. действия. При вдыхании аэрозоля Э. первые признаки поражения (миоз и загрудинный эффект) возникают при концентрации 0,0001 мг/л через 1 мин; ЛД<sub>50</sub> при ингаляц. воздействии на человека при экспозиции 10 мин составляет 0,001 мг/л (период скрытого действия 5-10 мин). Для Э. характерна высокая кожно-резорбтивная токсичность (ЛД<sub>50</sub> 0,1 мг/кг), при этом первым признаком поражения м. б. не миоз, а мелкие подергивания кожи в местах ее контакта с ОВ. Период скрытого действия при кожно-резорбтивном действии 1-24 ч (в зависимости от дозы Э.).

Защита от Э. — противогаз, ср-ва защиты кожи, а также антидоты (атропин и др.).

Лит. см. при ст. Отравляющие вещества.

В. И. Емельянов.

**ЭТИЛЕН** (этен) CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>, мол. м. 28,05; бесцв. газ со слабым запахом; т. пл. -169,15 °C, т. кип. -103,71 °C; d<sub>4</sub><sup>104</sup> 0,566; t<sub>кр</sub> 9,2 °C, p<sub>кр</sub> 5,042 МПа; η (жидкости) 0,161 МПа·с; γ (жидкости) 16,4 мН/м; давление пара (кПа): 4110 (0 °C), 2200 (-25 °C), 151 (-100 °C); C<sub>p</sub> 62,16 Дж/(моль·К) (-193 °C); ΔH<sub>гор</sub><sup>0</sup> -1400 кДж/моль. P-римость (мл в 100 мл р-рителя при 0 °C): вода 25,6, этанол 359; хорошо раств. в диэтиловом эфире и углеводородах.

В природе Э. практически не встречается. В незначит. кол-вах образуется в тканях растений и животных как промежут. продукт обмена в-в. Он обладает св-вами фитогормон — замедляет рост, ускоряет старение клеток, созревание и опадение плодов.

По хим. св-вам — типичный представитель олефинов, обладает высокой реакционной способностью, особенно в р-циях электроф. присоединения. При взаимодей. Э. с хлором образуется дихлорэтан, к-рый при дегидрохлорировании превращается в винилхлорид; последний м. б. получен в одну стадию в присут. силицида кремния при 450-550 °C. Гидратация Э. приводит к этиловому спирту, гидрогалогенирование — к этилхлориду, взаимодей. с SCl<sub>2</sub> или S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> — к иприту S(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>Cl)<sub>2</sub>, окисление кислородом или воздухом в присут. оксида Ag при 200-300 °C — к этиленоксиду; жидкофазное окисление кислородом в водных р-рах PdCl<sub>2</sub> и CuCl<sub>2</sub> при 130 °C и 0,3 МПа — к ацетальдегиду; в тех же условиях в присут. CH<sub>3</sub>COOH образуется винилацетат.

Э. — алкилирующий агент, широко используется для алкилирования бензола; р-цию проводят в газовой фазе при 400-450 °C и давлении 1,4 МПа в присут. AlCl<sub>3</sub> в стационарном слое кизельгура, пропитанного H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (возможно использование VF<sub>3</sub> и цеолитов).

Э. — исходное соед. для получения полиэтилена высокого и низкого давления и олигомеров этилена, являющихся основой ряда синтетич. смазочных масел. Сополимеризацией Э. с пропиленом на катализаторах Циглера-Натты получают эти-



лен-пропиленовые каучуки, обладающие повышенной устойчивостью к окислению и истиранию. В пром-сти получают также сополимеры Э. со стиролом и винилацетатом.

Осн. метод получения Э. — пиролиз жидких дистиллятов нефти или низших парафиновых углеводородов. Р-цию обычно проводят в трубчатых печах при 750–900 °С и давлении 0,3 МПа. В России, Западной Европе и Японии сырьем служит прямогонный бензин; выход Э. ок. 30% с одновременным образованием значит. кол-ва жидких продуктов, в том числе ароматич. углеводородов. При пиролизе газойля выход Э. 15–25%. В США осн. сырье — легкие алканы (этан, пропан, бутан), что обусловлено их высоким содержанием в прир. газе месторождений Северной Америки; выход Э. ок. 50%.

Разработан метод получения Э. из метана:  $2\text{C}_2\text{H}_4 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$ ; р-цию проводят на оксидах Mn, Ti, Cd или Pb при 500–900 °С в присут. кислорода. Газы пиролиза разделяют дробной абсорбцией, глубокоим охлаждением и ректификацией под давлением. Наиб. чистый Э. получают дегидратацией этанола при 400–450 °С над  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; этот метод пригоден для лаб. получения Э.

Применяют Э. в пром. орг. синтезе (в ряде процессов он вытесняет ацетилен), а также как регулятор роста растений, для ускорения созревания плодов, дефолиации растений и снижения преждевременного опадания плодов.

Э. взрывоопасен, КПВ 3–34% (по объему), т. всп. 136,1 °С, т. самовоспл. 540 °С, ПДК в атм. воздухе 3 мг/м<sup>3</sup>, в воздухе рабочей зоны 100 мг/м<sup>3</sup>.

Мировое произ-во 50 млн. т в год (1988).

Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980, p. 393–431.

А. А. Братков.

**ЭТИЛЕНА СОПОЛИМЕРЫ**, продукты, получаемые сополимеризацией этилена с др. мономерами, а также прививкой разл. мономеров к макромолекуле полиэтилена или этилена к макромолекуле др. полимера. По сравнению с *полиэтиленом* Э. с. обладают улучшенными физ.-хим. св-вами и перерабатываемостью, повышенной адгезией, теплоемкостью, растворимостью и т. п.

Сополимеризацию осуществляют по радикальному механизму при высоком давлении или с помощью катализаторов координационно-анионного типа при среднем и низком давлении. Для прививки этилена к полимерам и мономеров к полиэтилену используют обычно радикальные инициаторы.

В пром-сти наиб. распространены 4 основных типа Э. с.: полиэтилен, модифицированный небольшими кол-вами сомономеров (винилацетатом, α-олефинами и др.); полипропилен, модифицированный небольшим кол-вом этилена; *этилен-пропиленовые каучуки*; блок-привитые сополимеры этилена.

Э. с., содержащие 3–30% по массе винилацетата, обычно синтезируют радикальной сополимеризацией при высоком давлении. При введении 5% винилацетата получают продукт, используемый для изготовления пленок с улучшенными оптич. св-вами (показатель мутности 2–3% против 6,5% для обычного полиэтилена) и высокой эластичностью, при введении 25–30% — пленки с высокой адгезией к бумаге и картону, а также клеи, применяемые в полиграфии, обувной и мебельной пром-сти.

Э. с., содержащие 0,2–3% по массе пропилена или высших α-олефинов (1-бутилен, 1-гексен, 4-метилпентен), получают каталитич. полимеризацией (гл. обр. в присут. кат. Циглера-Натты) при среднем и низком давлении в газовой или жидкой фазе. Эти материалы, обладающие повышенной прочностью к удару и стойкостью к растрескиванию, используют для изготовления труб, контейнеров, канистр, бутылей, ящиков. Наиб. интерес представляет статистич. Э. с. с 2–5% α-олефинов, имеющий равномерную разветвленность макромолекулы — т. наз. «линейный» полиэтилен низкой плотности (ЛПНП).

Прививку этилена к макромолекуле пропилена осуществляют для получения ударопрочных и морозостойких марок последнего. В совр. методах синтеза полипропилена обычно предусмотрен дополнительный реактор, в к-ром в газовой фазе готовый полипропилен сополимеризуют со смесью этилена и

пропилена; при этом суммарное содержание этилена может достигать 25 и даже 50% по массе. Практически получается смесь полипропилена, этилен-пропиленовых каучуков и блоксополимеров последних с полипропиленом.

Среди блок-привитых сополимеров этилена особый интерес представляют композиции этилен-пропиленовых каучуков с полипропиленом. Эти блоксополимеры являются смешанными полиолефиновыми термоэластопластами и наз. термопластичными резинами (ТПР). Обладая св-вами резин общего назначения, они могут храниться и транспортироваться в виде гранул, а перерабатываться в изделия литьем под давлением или экструзией, как термопласт. Применяются в автомобильной пром-сти, строительстве, произ-ве спортивной обуви, санитарно-технич. оборудования. ТПР — экологически чистый материал, изделия из них можно перерабатывать многократно.

В мире произ-во этилен-пропиленовых каучуков и ТПР на их основе все время возрастает и к концу 20 в. каждое третье РТИ будет изготавливаться из этих материалов.

Лит.: Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 1011–1015. См. также лит. при ст. *Термоэластопласты*, *Этилен-пропиленовые каучуки*.

С. А. Вольфсон.

**ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ** (1,2-этанediол)  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ , мол. м. 62,07; бесцв. вязкая гигроскопич. жидкость без запаха, сладковатого вкуса; т. пл. –12,7 °С, т. кип. 197,6 °С, 100 °С/16 мм рт. ст.;  $d_4^{20}$  1,1088;  $n_D^{20}$  1,4316;  $\eta$  19,83 мПа·с (20 °С);  $\gamma$  48,4 мН/м (20 °С);  $\mu$   $7,3 \cdot 10^{-30}$  Кл·м (30 °С); ур-ние температурной зависимости давления пара в интервале 25–90 °С:  $\lg p$  (мм рт. ст.) = 8,863 – 2694,7/t;  $\Delta H_{пл}^0$  11,64 Дж/моль;  $\Delta H_{исп}^0$  58,71 Дж/моль;  $\Delta H_{гор}^0$  жидкости –1180,3 Дж/моль (20 °С);  $\Delta H_{гор}^0$  газа –397,75 кДж/моль; теплопроводность 0,29 Вт/(м·град), электропроводность  $1,07 \cdot 10^{-6}$  См·см<sup>–1</sup>,  $\epsilon$  38,66 (20 °С). Хорошо раств. в воде, спиртах, кетонах и др., умеренно — в бензоле, толуоле, диэтиловом эфире,  $\text{CCl}_4$ . В Э. плохо раств. растит. и животные масла и не раств. минер. масла, парафины, каучук, ацетил- и этилцеллюлоза, поливинилхлорид.

При растворении Э. в воде выделяется теплота и происходит уменьшение объема. Водные р-ры замерзают при низких т-рах:

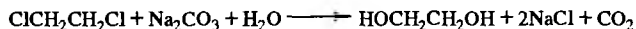
Концентрация Э., % по объему	20	30	40	50	66,7	80	90
Т-ра замерзания, °С	–8	–15	–24	–36	–75	–47	–29

Э. обладает всеми св-вами *гликолей*. С щелочными металлами и щелочами образует гликоляты, с орг. к-тами или их ангидридами — одно- и двухзамещенные сложные эфиры, с  $\text{HNaI}$  — этиленгалогенгидриды  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{NaI}$ , с  $\text{PCl}_5$  — дихлорэтан  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ , с акрилонитрилом — моно- и ди(2-цианоэтиловые) эфиры Э., соотв.  $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CN}$  и  $[\text{CH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{CN})]_2$ , при дегидратации — ацетальдегид (в присут.  $\text{ZnCl}_2$ ), диэтиленгликоль (в присут.  $\text{NaOH}$ ) или диоксан (при нагр. в присут.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), с этиленоксидом — полиэтиленгликоли  $\text{H}(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$ . При окислении Э. в зависимости от условий и окислителя образуется смесь гликолевого альдегида  $\text{HOCH}_2\text{CHO}$ , гликолевой к-ты  $\text{HOCH}_2\text{COOH}$ , гликолята  $\text{ONCH}_2\text{CHO}$ , гликолевой к-ты  $\text{ONCH}_2\text{COOH}$  и шавелевой к-ты; окисление мол. кислородом приводит к пероксидам, формальдегиду, муравьиной к-те.  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  окисляют Э. до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

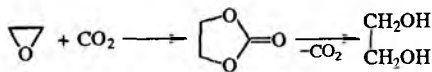
В пром-сти Э. получают гидратацией этиленоксида. Процесс проводят при 130–150 °С и давлении 1,5–2 МПа при соотношении этиленоксид : вода (1:8)–(1:15). В качестве побочных продуктов образуются ди-, три- и полигликоли. Выход последних повышается при увеличении доли этиленоксида. В присут. к-ты и щелочи скорость р-ции возрастает, но возникает проблема коррозии оборудования и очистки Э. Как правило, произ-во Э. объединяют с произ-вом этиленоксида; при этом используют очищенный товарный этиленоксид или 9–12%-ный р-р, что снижает себестоимость Э., но ухудшает его качество. Выпускают Э. двух марок: волоконный и антифризный; для первого предъявляют очень жесткие требования к содержанию примесей альдегидов (поглощение в

УФ области при  $\lambda$  275 нм должно составлять не менее 95–97%).

Первое пром. произ-во Э. основывалось на гидролизе дихлорэтана водным р-ром соды при 200 °С и давлении 10 МПа:



Э. может быть получен взаимод. этиленоксида с  $\text{CO}_2$  при т-ре 80–120 °С и давлении 2–5 МПа в присут. галогенидов щелочных металлов, аммония или аминов с послед. гидратацией образующегося этиленкарбоната:



Этот метод позволяет использовать водный р-р этиленоксида (1:1), выход 97–98%.

Э. образуется также при ацетоксилировании этилена с послед. гидролизом моно- и диацетатов Э. (кат. – хлориды Pd, Li, нитраты Fe, Ni); недостаток метода – высокая коррозионность среды, трудность отделения солей и продуктов р-ции, необходимость регенерации катализатора.

При уменьшении добычи нефти и резком увеличении стоимости этилена представляют интерес методы синтеза Э. из альтернативного сырья: синтез-газа, метанола, СО и воды при т-ре 200 °С и давлении 70 МПа либо в жидкой фазе при 40 МПа в присут. оксидных медно-магниевого или родиевых катализаторов; из СО и  $\text{H}_2$  – через диэфиры шавелевой к-ты.

Э. применяют в хим., текстильной, автомобильной, авиационной, электротехн. пром-сти; 41–45% мирового произ-ва Э. используется для получения синтетич. полиэфирных волокон и пленок, ~40% – в произ-ве антифризов. Э. применяют также в произ-ве гидравлич. и закалочных жидкостей, полиуретанов, алкидных смол и др.

Э. токсичен при попадании внутрь, действует на центр. нервную систему и почки; смертельная доза 1,4 г/кг. ПДК в воздухе рабочей зоны 5 мг/м<sup>3</sup>.

Э. – горючая жидкость. Т. всп. в открытом тигле 120 °С, т. самовоспл. 380 °С, КПВ в воздухе: нижний 3,8, верхний 6,4% (по объему). Температурные пределы воспламенения: нижний 112 °С, верхний 124 °С.

Мировое потребление Э. ~ 8 млн. т в год (1992).

Лит.: Дымев О.Н., Казанский К.С., Мирошкин А.М., Гликолы и другие производные окисей этилена и пропилена, М., 1976; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N.Y., 1980. Б.А. Чесноков.

**ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬДИНИТРАТ** (динитрат 1,2-этандиола, нитрогликоль),  $\text{O}_2\text{NOC}_2\text{H}_4\text{ONO}_2$ , мол.м. 152,07; бесцв. жидкость, т-ра замерзания –22,3 °С, т. кип. 197,5 °С;  $d_4^{20}$  1,4890;  $n_D^{20}$  1,4323;  $\eta$  4,61 мПа·с;  $\mu$  13,34·10<sup>-30</sup> Кл·м; ур-ние температурной зависимости давления пара  $\lg p$  (Па) = (11,3 – 3700/T)·2,125;  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  –283 кДж/моль;  $\epsilon$  28,26 (20 °С). Хорошо раств. в большинстве орг. р-рителей, плохо – в  $\text{CCl}_4$ , бензоле, воде; легко желатинирует эфиры нитроцеллюлозы.

По хим. св-вам Э. подобен нитроглицерину, но по реакц. способности уступает ему в неск. раз. Легко взаимодей. с разл. нуклеофилами и сильными к-тами. Аналогично нитратам органическим обладает ограниченной термич. стойкостью; константа скорости его гомолитич. распада в жидком состоянии с отрывом  $\text{NO}_2$   $k = 10^{14,65} \exp(1 - 160000/RT) \text{ с}^{-1}$ , где R – газовая постоянная, T – абс. т-ра.

Э. – мощное бризантное ВВ, но менее чувствительное к удару и трению, чем нитроглицерин. Скорость детонации 7200 м/с, может детонировать с малой скоростью 1000–3000 м/с; критич. диаметр детонации 1,9 мм. Объем газообразных продуктов взрыва 0,737 м<sup>3</sup>/кг;  $\Delta H_{\text{взрыва}}$  –6600 кДж/кг. Жидкий Э. при давлениях ниже 1 МПа горит стационарно (при 0,1 МПа скорость горения 0,3 мм/с; критич. диаметр 10 мм). При давлении выше 1,5 МПа Э. горит в турбулентном режиме; зависимость скорости горения от давления становится в десятки раз более сильной, хотя и сохраняет линейный характер.

985

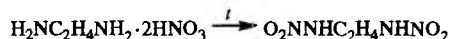
Пром. способы получения Э. – этерификация этиленгликоля смесью  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  состава 1:1.

Э. – компонент нек-рых смесевых ВВ, напр. труднозаменяющих динамитов, порохов; заменитель нитроглицерина.

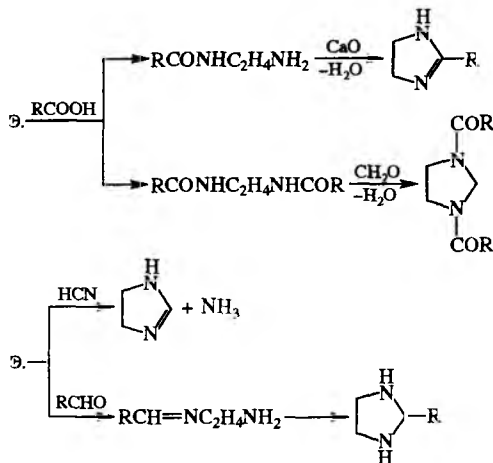
Лит.: Аидреев К.К., Термическое разложение и горение взрывчатых веществ, М., 1966; Орлова Е.Ю., Химия и технология бризантных взрывчатых веществ, Л., 1981, с. 276–78. Б.А. Чесноков.

**ЭТИЛЕНДИАМИН** (1,2-диаминоэтан)  $\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{NH}_2$ , мол.м. 60,099; бесцв. жидкость с аминным запахом, дымящая на воздухе; т. пл. 10,9 °С, т. кип. 117 °С;  $d_4^{20}$  0,8966;  $n_D^{20}$  1,4571;  $\mu$  6,34·10<sup>-30</sup> Кл·м;  $\eta$  1,35 мПа·с (25 °С); давление пара 1,21 кПа (20 °С);  $C_p^0$  3,41 Дж/(г·К);  $\Delta H_{\text{всп}}^0$  636,4 Дж/г;  $pK_1$  3,83,  $pK_2$  6,56; образует с водой азеотропную смесь (81,6% по массе Э., т. кип. 119 °С); смешивается с водой (с разогревом) и с большинством орг. р-рителей, не раств. в углеводородах.

Э. обладает хим. св-вами диаминов. С к-тами образует два ряда солей, с металлами (Cu, Mn, Co и др.) – комплексные соли. Нитрат Э. при нагр. отщепляет две молекулы воды с образованием взрывчатого в-ва – этилендинитрамина:



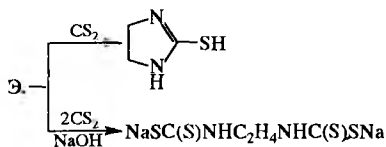
Нагревание Э. с одноосновными карбоновыми к-тами приводит к моно- и диамидам, способным циклизоваться в имидазолины и имидазолидины; аналогично протекают р-ции с HCN и альдегидами, напр.:



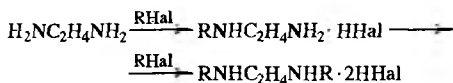
Самоконденсация Э. при повышенных т-ре и давлении в присут. катализатора дает пиперазин, конденсация Э. с 1,2-дикетонами – 2,3-дигидропиперазины, с мочевиной – 2-имидазолидинон (этиленмочевину).

При взаимодей. Э. с  $\text{ClCH}_2\text{COOH}$  или со смесью  $\text{CH}_2\text{O}$  и HCl образуется этилендиаминтетрауксусная кислота.

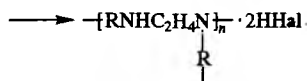
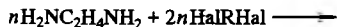
Р-ция Э. с 1 эквивалентом  $\text{CS}_2$  приводит к 2-меркаптоимидазолину, с 2 эквивалентами  $\text{CS}_2$  в присут. щелочи – к этилен-бис-(дитиокарбамату):



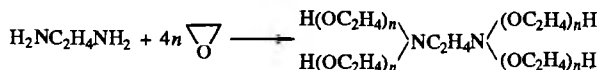
С алкилгалогенидами Э. дает моно- и дзамещенные продукты, с дигалогенидами образуются катионные полимерные продукты (водорастворимые или гелеобразные), напр.:



986



Э. цианэтилируется акрилонитрилом, оксидируется эпоксидами с образованием проксаминов, напр.:



Получают Э. взаимодей. дихлорэтана с  $\text{NH}_3$  (жидким или водным) при 100 °С либо катализир. гидрированием смеси моноэтаноламина с  $\text{NH}_3$  при 150–230 °С.

Э. образуется также непосредственно из этилена и  $\text{NH}_3$  либо из  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  и  $\text{HCN}$  в присут. катализатора.

Э.—компонент пластификаторов феноло-формальдегидных смол, полиуретановых волокон, используется для стабилизации смазочных масел и каучуковых латексов, в произ-ве полиуретанов и термопластичных адгезивов, для получения этилендиаминтетрауксусной к-ты, фунгицидов (напр., цинеба, полимарцина), присадок к моторным маслам, лек. ср-в и др.

Э. раздражает слизистые оболочки верхних дыхат. путей и кожу, поражает печень. ПДК в атм. воздухе 0,03 мг/м<sup>3</sup>, в воздухе рабочей зоны 2 мг/м<sup>3</sup>, в воде водоемов хозяйств.-бытового пользования 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

Т. всп. 33 °С, т. самовоспл. 390 °С, КПВ 3,82–19,6%.

Лит.: Вредные вещества в промышленности, 7 изд., т. 2, Л., 1976, с. 232–33; Ullmann's Encyclopedia, 5 ed., Bd A2, Weinheim, 1985, p. 23–26.

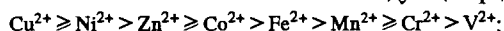
П. А. Гембицкий

**ЭТИЛЕНДИАМИНТЕТРАУКСУСНАЯ КИСЛОТА** [этилен-бис-(иминодиуксусная к-та), этилендинитрилотетрауксусная к-та, ЭДТА, комплексон II, хелатон II]  $(\text{HOOCCH}_2)_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_2\text{COOH})_2$ , мол. м. 292,252; бесцв. кристаллы, термически устойчивы до 180 °С, плохо раств. в воде, раств. в р-рах щелочей, не раств. в орг. р-рителях (за исключением формамида).

Четырехосновная аминокислота:  $pK_{a1}$  2,00,  $pK_{a2}$  2,66,  $pK_{a3}$  6,17,  $pK_{a4}$  10,24 (20 °С);  $pI$  1,7; в твердом виде и в р-ре имеет структуру цвиттер-иона. Образует устойчивые комплексы с катионами разл. элементов; при этом выступает в качестве пента- или гексадентатного лиганда (см. Хелаты). Комплексы устойчивы в водных средах, большинство из них раств. в воде.

В зависимости от значения рН Э.к. образует простые  $[\text{ML}]^{4-m}$ , гидридные  $[\text{MH}_n\text{L}]^{4-m-n}$  и гидроксидные комплексы  $[\text{M}(\text{OH})_n\text{L}]^{4-m-n}$  (L — Э.к.;  $m$  — степень окисления металла М;  $n = 1, 2$ ).

Наименее устойчивы комплексы с щелочными металлами (напр.,  $\lg K_{\text{Li}^+} = 2,79 \pm 0,06$ , здесь и далее  $K$  — константа устойчивости 0,1 н. р-ра комплекса при 20 °С). Высокой устойчивостью обладают простые комплексы с катионами щел.-зем. металлов (напр.,  $\lg K_{\text{Ca}^{2+}} = 10,7$ ); переходных металлов III группы (напр.,  $\lg K_{\text{Al}^{3+}} = 16,3$ ); 3d-элементов в степени окисления +2 (напр.,  $\lg K_{\text{Cu}^{2+}} = 18,80$ ), при этом порядок устойчивости комплексов изменяется в следующем ряду:



3d-элементов в степени окисления +3, устойчивость последних более чем на 10 порядков выше, чем соответствующих двухзарядных катионов (напр.,  $\lg K_{\text{Fe}^{3+}} = 25,1$ ;  $\lg K_{\text{Co}^{3+}} = 40,7$ ); 4f- и 5f-элементов (напр.,  $\lg K_{\text{La}^{3+}} = 19,8$ ;  $\lg K_{\text{Np}^{3+}} = 24,6$ ). Существуют комплексы состава металл : лиганд (1:2), (2:1) и др., а также гетеролигандные комплексы.

Получают Э.к. взаимодей. этилендиамина с монохлоруксусной к-той в щелочной среде либо цианметилированием эти-

лендиамина с послед. гидролизом полученного нитрила (см. Штреккера реакции).

Применяют Э.к. в осн. в виде дигидрата динатриевой соли (комплексон III, трилон Б, хелатон III) — бесцв. кристаллы, раств. в воде, не раств. в орг. р-рителях.

Э.к. используют в анализ. химии в качестве титранта в комплексонометрии и маскирующего агента, для разделения и выделения ионов металлов, для извлечения и очистки РЗЭ, очистки пов-стей металлов перед гальванопластикой, для растворения разл. отложений (обусловленных, напр., жесткостью воды) на пов-сти теплоэнергетич. оборудования, как хелатирующий агент, антикоагулянт крови и стабилизатор пищ. продуктов, для удаления следов металлов из растит. масел и лек. в-в, а также радиоактивных и токсичных металлов из организма и с разл. пов-стей, для произ-ва ПАВ (в т.ч. жидких мыл и шампуней), средств защиты растений, в качестве умягчителя воды.

Лит.: Порай-Кошич М.А., Полюнова Т.Н., «Коорд. химия», 1984, т. 10, № 6, с. 725–72; Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И., Комплексоны и комплексонаты металлов, М., 1988; Martell A.E., Smith R.M., Critical stability constants, v. 1, N.Y.—L., 1974.

В.Я. Темкина, Н.М. Дятлова

**ЭТИЛЕНДИНИТРАМИН** ( $\text{N},\text{N}'$ -динитро-1,2-этилендиамин, ЭДНА, галейт),  $\text{O}_2\text{N}(\text{NH}(\text{CH}_2)_2\text{NH})\text{NO}_2$ ; мол. м. 151,04; бесцв. кристаллы; т. пл. 175–178 °С; плотн. 1,75 г/см<sup>3</sup>; негигроскопичен;  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  84 кДж/моль. Раств. в кипящей воде, этаноле, нитробензоле, диоксане, не раств. в диэтиловом эфире; р-римость (г/100 г р-рителя) при 25, 50 и 75 °С: в воде — 0,3, 1,25 и 4,95; 95%-ном этаноле — 1,25, 2,46 и 10,1.

Э.—мощное бризантное ВВ. Взрывается при ударе;  $\Delta H_{\text{взрыва}} = 5360$  кДж/кг; скорость детонации 7750 м/с (при плотн. 1,55 г/см<sup>3</sup>); объем газообразных продуктов взрыва 908 л/кг. Восприимчивость к детонации: предельный заряд гремучей ртuti 0,2 г (как у тетрила). Чувствительность к удару: 2% при грузе 5 кг и высоте 240 мм. С металлами образует соли, очень чувствительные к мех. воздействиям.

Э. в щелочном р-ре — стойкое соед.; в нейтральной и кислой средах разлагается с образованием этиленгликоля, ацетальдегида и  $\text{N}_2\text{O}$ ; разложение ускоряется при повышении т-ры и концентрации к-ты. Влажный Э. разлагается при т-ре выше 50 °С; продукты распада и примеси катализируют распад. Энергия активации термич. разложения 128 кДж/кг.

Получают Э. нитрованием ацетильных или формильных производных этилендиамина, а также этиленмочевины.

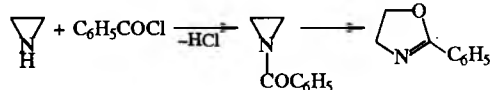
Э.—токсичное в-во, поражает центральную нервную систему, нарушает кровообращение и вызывает малокровие.

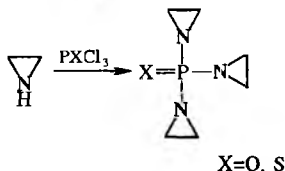
Э.—бризантное ВВ в смесях для заливки снарядов, компонент порохов вместо нитроглицерина и нитроцеллюлозы, а также в капсюлях-детонаторах вместо тетрила и при снаряжении боеприпасов вместо пикриновой к-ты и тротила.

Н. С. Бахаревич

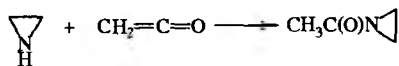
**ЭТИЛЕНИМИН** (азиридин), мол. м. 43,01; бесцв. жидкость с аминным запахом; т. пл. -74 °С, т. кип. 57 °С;  $d_4^{20}$  0,832;  $n_D^{25}$  1,4123;  $pK_a$  7,88;  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  -91,9 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{сгор}}^0$  -1591,5 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{взр}}^0$  16,74 кДж/моль;  $\eta$  0,418 мПа·с (25 °С);  $\gamma$  0,3105 Н/м; давление пара 160 мм рт. ст. при 20 °С. Раств. в воде и большинстве орг. р-рителей.

Э.—высокореакционное в-во; р-ции протекают с сохранением или раскрытием цикла. К первому типу принадлежат гл. обр. р-ции образования координац. соед. с ионами металлов. Ацилирование Э. хлорангидридами в инертном р-рителе (бензол) с использованием ацелгатора к-ты (триэтиламина) приводит к неустойчивым этиленимидам карбоновых к-т, к-рые затем превращаются в производные оксазолина; взаимодей. с хлорангидридами фосфорной и тиофосфорной к-т — к соответствующим этилениминфосфорамидам, напр.:

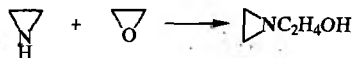




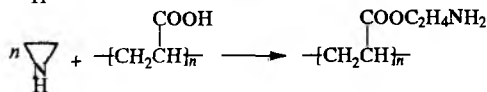
Гладко протекает присоединение Э. по активированным кратным связям, напр. при взаимодействии с кетеном с образованием N-ацетилэтиленимины:



Р-ция Э. с эпоксидами сопровождается раскрытием эпиксидного кольца и сохранением этилениминового, напр.:



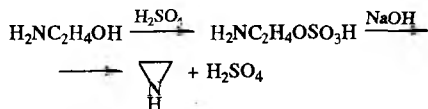
Р-ции раскрытия цикла Э. обычно включают протонирование атома N и послед. нуклеоф. атаку по одному из атомов С. При этом протекает β-аминоэтилирование мономерных или полимерных молекул, напр.:



По такому же механизму происходит полимеризация Э., приводящая к полиэтиленимины.

Для аналит. определения Э. используют р-ции раскрытия цикла тиосульфатом, тиоцианатом или тиомочевинной, а также фотометрирование его окрашенных соед., напр. с 3-(4-нитробензил)пиридином.

В пром-сти Э. получают циклизацией моноэтанолamina через 2-аминоэтилсульфат по Венкеру:



Другие способы получения – взаимодействие 1,2-дихлорэтана с избытком NH<sub>3</sub>, прямая конверсия моноэтанолamina при 380 °С в присут. Nb-катализаторов:



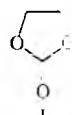
В связи с токсичностью, летучестью и коррозионной активностью Э. в установках по его синтезу используют сварные соединения; они снабжены скрубберами с водным р-ром (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Э. используют для получения полиэтиленимины, при гибридизации с-х. растений и микроорганизмов (напр., при получении антибиотиков), аминоэтилировании полимеров (напр., акрилатов), улучшения их адгезии к разл. поверхностям (водоэмульсионные краски); полифункциональные производные Э.– сшивающие агенты.

Э. токсичен, проявляет тератогенную и мутагенную активность, вызывает тяжелые отравления; кожный контакт должен быть полностью исключен. ЛД<sub>50</sub> 14 мг/кг (крысы, перорально), 13 мг/кг (кролики, внутримышечно); ПДК в воздухе рабочей зоны 0,02 мг/м<sup>3</sup>, в атм. воздухе – 0,001 мг/м<sup>3</sup>. Т.всп. –11 °С.

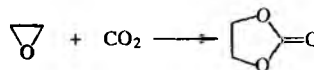
Лит.: Гембицкий П.А., Жук Д.С., Каргин В.А., Химия этиленимины, М., 1966; The chemistry of heterocyclic compounds, ed. by A. Weissberg, 1983, v. 42, pt 1, № 4; Ullmann's Encyclopedie, 5 Aufl., Bd A3, Weinheim, 1985, S. 239. П.А. Гембицкий

**ЭТИЛЕНКАРБОНАТ** (1,2-этиленкарбонат, 2-оксо-1,3-диоксолан, гликолькарбонат, ф-ла I), мол.м. 88,06; бесцветные кристаллы без запаха; т.пл. 38,5–39 °С, т.кип. 248 °С;  $d_4^{20}$  1,3222;  $n_D^{20}$  1,4190;  $t_{\text{крист}}$  500 °С,  $p_{\text{крист}}$  6,2 МПа;  $\gamma$  54,5 мН/м;  $\mu$  16,2 · 10<sup>-30</sup> Кл·м; давление пара, кПа: 0,9 (109 °С), 1,5 (119 °С), 3,02 (135 °С), 5,61 (150 °С), 7,2 (157 °С), 9,1 (164 °С);  $C_p^0$  135 Дж/(моль·К);  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  13,3 кДж/моль,  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  56,5 кДж/моль (130 °С),  $\Delta H_{\text{гор}}^0$  –1171 кДж/моль. Э. раств. в этаноле, диэтиловом эфире, ацетоне, ароматич. углеводородах, карбонатовых к-тах; не раств. в алифатич. углеводородах, CS<sub>2</sub> смешивается с водой. Э. в жидком виде растворяет многие полимеры, полиэфирные волокна и смолы, напр. полиакрилонитрил, ПВХ, нитрат и ацетат целлюлозы, полиэтилентерефталат.



По хим. св-вам аналогичен пропиленкарбонату (см. также Карбонаты органические).

Получают Э. взаимодействием этиленоксида с СО<sub>2</sub> в присут. галогенидов щелочных металлов или тетраалкиламмония при т-ре 150–200 °С и давлении 2–8 МПа:



Э. может быть получен конденсацией этиленгликоля с производными угольной к-ты (фосгеном, эфирами хлоругольной к-ты, диалкилкарбонатом); взаимодействием этиленхлоридрина с Na-солью алкилкарбонатов или с концентрир. р-рами неорг. карбонатов.

Э.– р-ритель полимеров в хим. и текстильной пром-сти, экстрагент ароматич. углеводородов, исходное в-во для синтеза мономеров и полимеров, пластификаторов, модификаторов и средств защиты растений.

Э. не вызывает коррозии, малотоксичен.

Лит. см. при ст. Пропиленкарбонат.

Н.С. Баринова.

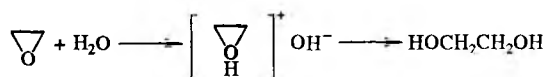
**ЭТИЛЕНОВЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ**, то же, что олефины.

**ЭТИЛЕНОКСИД** (оксиран, 1,2-эпоксигетан, окись этилена), мол.м. 44,05; бесцв. газ или жидкость с характерным эфирным запахом; т.пл. –112,5 °С, т.кип. 10,7 °С;  $d_4^{20}$  0,8697;  $n_D^{20}$  1,3597; длины связей 0,1462 нм (С–С), 0,1086 нм (С–Н), 0,1428 нм (С–О), углы НСН 116,9°, СОС 61,62°;  $t_{\text{крист}}$  195,8 °С,  $p_{\text{крист}}$  7,19 МПа; давление пара 145,8 кПа (20 °С);  $\eta$  0,26 мПа·с (20 °С);  $\gamma$  24,3 мН/м (20 °С);  $\mu$  6,34 · 10<sup>-30</sup> Кл·м;  $\Delta H_{\text{исп}}^0$  25,82 кДж/моль;  $\Delta H_{\text{пл}}^0$  5,17 кДж/моль;  $\Delta H_{\text{гор}}^0$  –1306 кДж/моль (газ); хорошо раств. в воде, этаноле, углеводородах и др. орг. р-рителях.



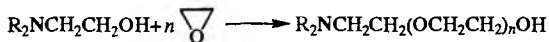
При нагрев. до 300 °С Э. устойчив, св. 400 °С в смеси с N<sub>2</sub> изомеризуется в ацетальдегид или образует этилен (при избытке Э.); при окислении O<sub>2</sub> в водном р-ре AgNO<sub>3</sub> образуется гликолевая к-та, при окислении на окисдных и Ag-кат.– СО<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O; при гидрировании над Ni-кат. при 30 °С – этанол.

Для Э. характерны р-ции, сопровождающиеся размыканием цикла, что используют для оксиэтилирования (введение группы СН<sub>2</sub>СН<sub>2</sub>ОН в орг. соед.). Большинство р-ций с нуклеоф. реагентами протекают через промежуц. образование оксониевого комплекса. Гидратация Э. при 130–150 °С и давлении 1,5–2 МПа в присут. кислотных или основных катализаторов приводит к этиленгликолю:



При взаимодействии с галогеноводородами в водной среде образуются галогенгидриды; наиб. легко реагируют  $\text{HBr}$  и  $\text{HI}$ , труднее —  $\text{HCl}$ ; р-цию с  $\text{HF}$  проводят в среде дитиолового эфира (безводный  $\text{HF}$  вызывает цепную полимеризацию Э.).

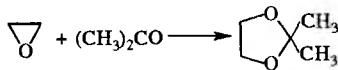
Со спиртами при нагревании Э. дает *целлозолы*, а при избытке Э. — *карбитолы* или эфиры полигликолей. С  $\text{NH}_3$  в присут. небольшого кол-ва воды образуется смесь моно-, ди- или триэтаноламинов; р-ция диалкилэтаноламинов с Э. приводит к аминопроизводным полиэтиленгликолей:



Э. легко реагирует с  $\text{HCN}$  в присут. щелочей, образуя этилендиангидрин, при дегидратации к-рого получают акрилонитрил.

С  $\text{H}_2\text{S}$  в присут. воды при нагрев. Э. дает тиогликоль  $\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  и тиодигликоль  $\text{S}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH})_2$ ; в присут.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при  $200^\circ\text{C}$  — 1,4-дистиан или 1,4-оксатиан, с тиолами образуются соответствующие орг. сульфиды.

Р-ция Э. с орг. к-тами или их ангидридами приводит к моно- и диэфирам этиленгликоля; с альдегидами и кетонами в присут.  $\text{SnCl}_2$  или  $\text{BF}_3$  — к циклич. ацеталам или кеталам, напр.:



Э. вступает в р-цию Фриделя–Крафтса с ароматами, углеводородами; эта р-ция лежит в основе синтеза  $\beta$ -фенилэтилового спирта, последний образуется также при взаимодействии Э. с фенилмагниихлоридом.

Р-ция Э. с  $\text{CO}_2$  в присут. четвертичных солей аммония, фосфония и третичных аминов при  $150\text{--}200^\circ\text{C}$  и давлении 2–8 МПа приводит к этиленкарбонату.

Э. легко полимеризуется, в зависимости от природы инициатора можно получать *полиэтиленоксид* разл. мол. массы. Известны также блоксополимеры Э., напр. с пропиленоксидом (см. *Проксанолы*), с пропиленоксидом и этилендиамином (см. *Проксамины*). При димеризации Э. образуется 1,4-диоксан.

Осн. пром. метод синтеза Э. — окисление этилена. Процесс осуществляют в трубчатых реакторах на неподвижном слое катализатора (серебро с промотирующими или модифицирующими добавками, нанесенное в кол-ве 10–15% по массе на пористый корундовый носитель) при  $200\text{--}300^\circ\text{C}$  и давлении 1–3 МПа, окислителями могут служить воздух или кислород.

Э. может быть получен также дегидрохлорированием этиленхлоргидрина (этот метод ранее использовался в пром-сти), действием щелочи на  $\beta$ -хлорэтилацетат  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{OCOSCH}_3$  при  $100^\circ\text{C}$  либо на этилгипохлорит  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCl}$ , окислением этилена орг. надкислотами (р-ция Прилежаева).

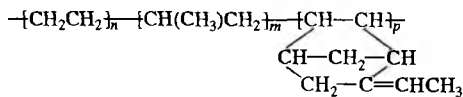
Э. — важный продукт основного орг. синтеза. Его применяют в произ-ве этиленгликолей, галогенгидринов, этаноламинов, диоксана, фенилэтанола, полиэтиленгликолей, неионогенных ПАВ, а также в медицине для стерилизации мед. инструментов, одноразовых шприцов.

Э. — горюч, взрывоопасен и токсичен; КПВ 3–100% (по объему); т. всп.  $< -18^\circ\text{C}$ ; при 22-кратном разбавлении становится негорючим. Оказывает общеядовитое действие, раздражает кожу и слизистые оболочки. ПДК в воздухе рабочей зоны  $1 \text{ мг/м}^3$ .

Мировое произ-во ок. 9 млн. т в год (1989).

Лит.: Окисл. этилена, М., 1967; Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980, p. 432–71. Б. Б. Чесноков.

**ЭТИЛЕН-ПРОПИЛЕНОВЫЕ КАУЧУКИ**, сополимеры этилена с пропиленом или терполимеры этих двух мономеров с несопряженным диеном. В качестве диена, вводимого для облегчения вулканизации в кол-ве 0,5–3 мол. %, чаще всего используют этилиденнорборнен, реже — дициклопентадиен, 1,4-гексадиен и метилтетрагидроинден. Общая ф-ла сополимера  $[\text{CH}_2\text{CH}_2]_n[\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2]_m$ , ф-ла терполимера с этилиденнорборненом



**Структура и св-ва каучуков.** Макромолекула Э.-п.к. содержит от 50 до 70 мол. % этиленовых звеньев, сополимеры с большим кол-вом этих звеньев в молекуле являются термопластами. Мол. м. 80–250 тыс.; плотн. 0,85–0,87 г/см<sup>3</sup>; т. стекл. от  $-55$  до  $-70^\circ\text{C}$ ;  $C_p$  2,17 кДж/(кг·К); теплопроводность  $20,81 \cdot 10^{-4}$  Вт(м·К); коэф. линейного расширения  $2,2 \cdot 10^{-4}$  град<sup>-1</sup>,  $\rho_v$  (5–10)  $\cdot 10^{16}$  Ом·см;  $\epsilon$  2,2–2,4. Э.-п.к. мало набухают в полярных р-рителях, но нестойки к действию углеводородных масел и неполярных р-рителей.

Основные цепи сополимера и терполимера не содержат двойных связей, поэтому Э.-п.к. превосходят др. типы СК по озono-, свето- и атмосферостойкости; обладают длит. теплоустойкостью при т-рах до  $150^\circ\text{C}$  и кратковременной при  $200^\circ\text{C}$ ; стойки к воздействию окислит. и агрессивных сред. Для длит. хранения Э.-п.к. стабилизируют обычно бесцв. антиоксидантами фенольного типа (0,2–0,5% от массы каучука), в нек-рых случаях применяют окрашивающие антиоксиданты, напр. фенил- $\beta$ -нафтиламин (неозон Д). Недостатки Э.-п.к. — низкая масло- и огнестойкость.

Каучуки с низким содержанием пропилена (20–30%) характеризуются высокой прочностью невулканизованной смеси, каучуки с высоким его содержанием (45–50%) — низкой прочностью, но достаточно высокой морозостойкостью. В зависимости от мол. массы Э.-п.к. делят на низко-, средне- и высоковязкие; их вязкости по Муни, измеренные при  $100^\circ\text{C}$ ,  $120^\circ\text{C}$ ,  $125\text{--}200^\circ\text{C}$ , составляют соотв. 25–60, 60–100 и 100–120 единиц.

**Получение каучуков.** Осн. пром. способы произ-ва Э.-п.к. — сополимеризация этилена с пропиленом (и диеном) на катализаторах Циглера–Натты в присут. тяжелых углеводородных р-рителей или в суспензии в жидком пропилене. Осн. пром. катализаторы — системы, содержащие соед. V ( $\text{VOCl}_3$ ,  $\text{VCl}_4$ , триацетилацетон V) и алюминийалкилы или алюминийгалогеналкилы  $[\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{Cl}$ ,  $\text{Al}_2(\text{C}_2\text{H}_5)_3\text{Cl}_3]$ .

Полимеризацию в тяжелых углеводородных р-рителях — н-гексане, н-гептане или бензине с т. кип.  $80\text{--}110^\circ\text{C}$  — проводят при  $30^\circ\text{C}$  в реакторе непрерывного типа с мешалкой и охлаждением или в каскаде из 2–5 реакторов, куда поступают мономеры, очищенные от влаги и полярных р-рителей, и катализатор. Во избежание излишнего повышения вязкости смеси сополимеризацию образуют при получении р-ра с концентрацией Э.-п.к. 8–10% по массе, для чего добавляют разл. спирты. После частичного удаления непрореагировавших мономеров в р-р вводят антиоксиданты и удаляют катализатор промывкой реакц. смеси водой, этанолом и соляной к-той. После отгонки р-рителя с парами воды (т. наз. метод водной дегазации) выделяют каучук; иногда выделение из р-ра осуществляют путем осаждения этанолом.

Полимеризацию мономеров в суспензии в жидком пропилене проводят при т-ре от  $-20$  до  $40^\circ\text{C}$ . Компоненты каталитич. системы вводят в реактор раздельно в виде р-ров в жидком пропилене или бензине; активный каталитич. комплекс образуется непосредственно в реакц. зоне. Полученная суспензия каучука в пропилене (25–36% по массе) поступает на водную дегазацию, а затем обезвоживается в червячно-отжимных прессах.

Низковязкие Э.-п.к. получают обычно полимеризацией в р-ре, высоковязкие — в суспензии. В последнем случае выход каучука выше, легче ведется контроль ММР. Выпускают Э.-п.к. в виде гранул, резаных узких полос или прессованных кип.

**Переработка каучука.** Э.-п.к. обычно не пластицируют; для получения резиновых смесей необходимой пластичности выбирают каучуки с соответствующей вязкостью. Э.-п.к. легко смешиваются с интродуцентами в резиномесителях и на вальцах. Изделия изготовляют методом литья под давлением, каландрованием, экструзией.

Наряду с ненаполненными Э.-п. к. выпускают наполненные каучуки; осн. наполнители – слабощелочная или нейтральная печная сажа (для темных каучуков), минер. наполнители, не имеющие кислот р-ции (мел, кремнезем, каолин). Тип пластификатора Э.-п. к. выбирают в зависимости от используемой в дальнейшем вулканизирующей смеси; для сополимеров это гл. обр. насыщенные минер. масла, парафины, сложные эфиры, полиалкилбензолы; для терполимеров применяют также вулканизирующие пластификаторы – низкомол. полибутадиев с высоким содержанием винильных звеньев.

Э.-п. к. вулканизуют при 150–180 °С в течение 10–60 мин; осн. вулканизующие агенты для сополимера – кумилпероксид, трет-бутилпероксид, нек-рые ненасыщенные пероксиды с соагентами (S, триаллилизоцианурат и др.), для терполимера – гл. обр. S с ускорителями вулканизации (каптакс, тетраметилтирамдисульфид), феноло-формальдегидные смолы. С применением феноло-формальдегидных смол получают резины с высокой озоноустойчивостью, при использовании пероксидов в сочетании с S и ускорителями вулканизации – резины с высокой стойкостью к агрессивным средам, при применении S и тетраметилтирамдисульфида – резины с хорошими физ.-мех. характеристиками.

Для устранения недостатков Э.-п. к. – низких адгезии, масло- и огнестойкости, невысокой скорости экструзии при изготовлении изделий – каучуки совмещают с др. СК. Так, сополимер хорошо совмещается с термопластами (особенно полиэтиленом и полипропиленом) и с бутилкаучуком. Терполимеры совулканизируются с бутадиен-нитрильными, полихлоропреновыми, бутадиен-стирольными и бутадиеновыми каучуками.

Осн. применение Э.-п. к. – в качестве изоляции проводов и кабелей, для получения (в смеси с полипропиленом) ударопрочных пластмасс, изготовления автомобильных уплотнительных деталей, велосипедных шин, гуммированных покрытий, терmostойких конвейерных лент, прорезиненных тканей, рукавов.

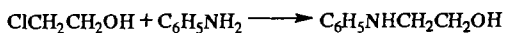
Мировой объем произ-ва ок. 600 тыс. т в год (1989). Выпускаются под назв. висталон, эпсин, нордель, энкар (США), дютрал (Италия), эспрен ЕРДМ и митцунерт (Япония), СКЭП и СКЭПТ (Россия).

Лит.: Кисин К.В. и [др.], «Каучук и резина», 1981, № 6, с. 5–8; Говорова О.А., Фролов Л.Е., Сорокин Г.А., в сб.: Свойства резин на основе этилен-пропиленовых каучуков, М., 1986; Говорова О.А., там же, М., 1989; Drake R.E., Gummi, Asbest, Kunststoffe, Jahrg. 35, 1982, S. 180–85; Dutral Ethylene-propylene elastomers. Technical Inform., Montedison, 1985; О. А. Говорова.

**ЭТИЛЕНСУЛЬФИД**, см. *Олефинов тиооксиды*.

**ЭТИЛЕНХЛОРИДРИН** (2-хлорэтанол, β-хлорэтиловый спирт, хлоридрин этиленгликоль) HOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>Cl, мол. м. 80,51; бесцв. малоподвижная жидкость с приятным эфирным запахом; т. пл. 67,5 °С, т. кип. 128,7 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,2003; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,4419; давление пара (кПа) 0,13 (–4 °С), 0,67 (19 °С), 53,32 (110 °С); η 3,43 мПа·с (20 °С); γ 38,9 мН/м (20 °С); μ 5,84·10<sup>–30</sup> Кл·м; ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 515 кДж/кг (126,5 °С); смешивается с водой, спиртами, эфирами в любых соотношениях, с водой образует азеотропную смесь (42,3% по массе Э., т. кип. 97,8 °С).

Э. вступает в р-ции, характерные как для спиртов, так и для галогензамещенных углеводородов. При нагревании с водой в присут. щелочных агентов легко гидролизует до этиленгликоля. При окислении HNO<sub>3</sub> или CrO<sub>3</sub> превращается в ClCH<sub>2</sub>COOH; при кипячении с небольшим кол-вом конц. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – в (ClCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>O, при этерификации карбоновыми к-тами RCOOH – в RCOOCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>Cl; с алколятами образует моноэфир этиленгликоля; при действии гидроксидов Ca, Na, Ba – этиленоксид; с водным NH<sub>3</sub> – смесь моно-, ди- и триэтаноломинов. С первичными и вторичными аминами Э. образует производные этаноламинов, напр.:



С солями щелочных металлов при повышенной т-ре Э. вступает в р-ции обмена атома Cl (р-ция с нитрилами идет в присут. каталитич. кол-в CuCN), хлорируется при 50–90 °С в

жидкой фазе с образованием хлораля (в присут. воды выход хлораля увеличивается).

Получают Э. из этилена; р-цию проводят при 60–80 °С при непрерывной подаче этилена и хлора в 8–10%-ный водный раствор Э. (в процессе р-ции образуется HClO, к-рая и реагирует с этиленом); р-р концентрируют (до 25–30%), добавляют NaCl, к-рый вызывает его расслоение. Орг. слой, содержащий 70% Э., ректифицируют; сначала отделяется азеотропная смесь, затем безводный Э.

Э. может быть получен также взаимод. этиленгликоля с HCl или S<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> либо р-цией этиленоксида с HCl.

Водный р-р Э. – антифриз; безводный Э. – р-ритель эфиров целлюлозы, применяемых в лакокрасочной и др. отраслях пром-сти. Э. может использоваться для получения этиленгликоля и его производных, этаноламинов; для произ-ва этиленоксида утратил свое значение.

Э. сильно действует на нервную систему и обмен веществ, раздражает слизистые оболочки. ПДК в воздухе рабочей зоны 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Взрыво- и пожароопасный продукт, т. всп. 55 °С, т. воспл. (в закрытом приборе) 58,9 °С, т. самовоспл. 425 °С; КПВ 4,9–15,9% (по объему).

Лит.: *Промышленные хлорорганические продукты. Справочник*, М., 1978, с. 70–76. Ю. А. Трегер.

**ЭТИЛОВАЯ ЖИДКОСТЬ**, гомогенная смесь тетраэтилсвинца (54–63% по массе) с галогенопроизводными углеводородов (34–45%) – обычно со смесью этилбромидом, дибром- и дихлорэтаном и хлорнафталином (см. *Антидетонаторы моторных топлив*); содержит также наполнитель (авиабензин), антиокислитель (напр., *n*-гидроксидифениламин) и красящее в-во. Э. ж. – маслянистая жидкость; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,5–1,7; не раств. в воде, раств. в бензинах, жирах, маслах. Используют для повышения детонац. стойкости бензинов (добавка 0,5–4 мл к 1 кг бензина увеличивает октановое число на 4–15 единиц). Высокотоксична (поэтому для предотвращения применения не по назначению этилиры бензины окрашивают). Использование Э. ж. сокращается.

Лит.: Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л., Химмотология, М., 1986, с. 112, 113.

**ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ** (этанол, метилкарбинол, винный спирт) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, мол. м. 46,069; бесцв. легкоподвижная жидкость с характерным запахом и жгучим вкусом; т. пл. –114,15 °С, т. кип. 78,39 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 0,78927; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,3611; t<sub>крист</sub> 243,1 °С; P<sub>крист</sub> 6,395 МПа, d<sub>крист</sub> 0,275 г/см<sup>3</sup>; η 1,17 мПа·с (20 °С); γ 231 мН/м (25 °С); μ 5,67·10<sup>–30</sup> Кл·м (в бензоле); C<sub>p</sub> (20 °С) 2,428 кДж/(кг·К) (для жидкости), 1,197 кДж/(кг·К) (для пара); ΔH<sub>исп</sub><sup>0</sup> 839,3 Дж/г; ΔH<sub>пл</sub><sup>0</sup> 4,81 кДж/моль; ΔH<sub>сгор</sub><sup>0</sup> –29,68 кДж/г; ΔH<sub>обр</sub><sup>0</sup> –234,8 кДж/моль (для пара); S<sub>298</sub><sup>0</sup> 281,380 Дж/(моль·К), ε 25,7 (20 °С).

Э. с. смешивается во всех соотношениях с водой (св-ва водных р-ров Э. с. приведены в табл.), спиртами, диэтиловым эфиром, глицерином, хлороформом, ацетальдегидом, бензином и др.; образует азеотропные смеси с водой (95,6% по массе Э. с., т. кип. 78,15 °С); бензолом (32,4%, 68,24 °С); гексаном (21%, 58,7 °С); толуолом (68%, 75,65 °С); этилацетатом (30,8%, 71,8 °С) и др., а также тройные азеотропные смеси, напр. Э. с. – бензол – вода (содержание в % по массе

**СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭТИЛОВОГО СПИРТА**

Содержание этилового спирта в фазе, молярные %		Т. кип., °С	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>
жидкость	пар		
10	43,7	86,2	0,96571
20	52,8	82,9	0,93697
30	57,25	81,64	0,89848
40	61,02	80,66	0,88396
50	64,75	79,96	0,86308
60	69,8	79,4	0,84509
70	75,3	78,89	0,82296
80	81,55	78,47	0,81499
90	89,9	78,2	0,80178
100	100	78,39	0,78927



соотв. 18,5–74,1–7,4, т. кип. 64,86 °С), Э. с. – дихлорэтан – вода (17–78–5, 66,7 °С). Э. с. горит бледно-голубым пламенем.

**Химические свойства.** Э. с. – типичный одноатомный алифатич. спирт. С металлами образует этилаты, напр.  $C_2H_5ONa$ ,  $(C_2H_5O)_3Al$ ; с неорг. и орг. к-тами, ангидридами, галогенангидридами – сложные эфиры, напр. с  $H_2SO_4$  этилсульфат  $C_2H_5OSO_3H$  или диэтилсульфат  $(C_2H_5O)_2SO_2$ , с  $CH_3COOH$  – этилацетат. Р-ция с эпоксидами приводит к раскрытию кольца и образованию гидроксиэфиров, напр.:



Дегидратация Э. с. приводит к этилену или диэтиловому эфиру; дегидрирование – к ацетальдегиду; р-ция с альдегидами и кетонами  $RR'CO$  – к ацеталам  $RR'C(OC_2H_5)_2$ ; с  $NaClO$  – к хлороформу (см. *Галоформная реакция*), хлорирование – к хлоралу; взаимод. с  $NH_3$  – к моно-, ди- и триэтиламинам; р-ция с  $POCl_3$  или  $SO_2Cl_2$  в присут. третичных аминов – к полным эфирам фосфорной или серной к-ты. При пропускании паров Э. с. над сложным катализатором при 380–400 °С образуется 1,3-бугадиен, при взаимод. Э. с. с ацетиленом – винилэтиловый эфир  $C_2H_5OCH=CH_2$ .

**Получение.** В пром-сти Э. с. получают анаэробным брожением углеводов растит. происхождения в присут. дрожжей и гидратацией этилена. Перспективен способ получения Э. с. из синтез-газа: прямым синтезом из  $CO$  и  $H_2$  либо через метиловый спирт.

Сырьем для произ-ва Э. с. служат пищевое растит. сырье, отходы деревообрабатывающей пром-сти, сульфитные щелоки.

Сбраживание пищевого растит. сырья – наиб. древний способ получения Э. с., известный с доисторич. времен. Перед брожением сырье (сок сахаро-ягодных культур, зерно, картофель, меласса – отход сахароварения) очищают, толстокожурное зерно дробят и разваривают 1–2 ч острым паром при давлении 0,4–0,5 МПа для разрушения клеточных оболочек. Крахмалсодержащее сырье перед подачей на брожение осаживают ферментсодержащим препаратом (солодом или микробными ферментами) при 60 °С. При необходимости сырье подкисляют, добавляют водный р-р аммиака и фосфаты. Брожение происходит в присут. дрожжей при 15–30 °С, длительность от 10–15 ч до 2–3 сут. Теоретич. выход Э. с. определяется ур-нием р-ции:  $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ ; практич. выход 90–93%. Побочно при брожении образуются метанол, спирты  $C_3$ – $C_5$ , глицерин, янтарная к-та, ацетальдегид, сложные эфиры и др. Реакт. смесь после брожения (бражку) очищают на ректификационных установках: остаток от перегонки (барда) идет на корм скоту. Расход пищ. сырья на получение 1 т Э. с.: картофеля 10–13 т, ячменя 4–5 т, пшеницы и кукурузы 3,5–4 т. О механизме спиртового брожения см. в ст. *Брожение*.

Гидролиз отходов деревообрабатывающей пром-сти осуществляют водой в присут. к-т либо солей, дающих кислую р-цию (см. *Гидролизные производства*). Сбраживание полученных сахаров и выделение Э. с. из бражки аналогичны вышеописанному. Из 1 т сухой хвойной древесины получают 130–160 кг Э. с. и до 120 кг сжиженной углекислоты. При комплексной переработке гидролизата получают также фуфурол, кормовые дрожжи, гипс, лигнин. Метод используют в основном в России. За рубежом применяют ограниченно из-за высокой себестоимости спирта.

Для получения Э. с. из сульфитных щелоков (отход произ-ва целлюлозы методом сульфитной варки древесины) древесину обрабатывают р-ром, содержащим 3–6% своб.  $SO_2$  и 2%  $SO_2$  в виде гидросульфитов щелочных или щел.-зем. металлов при 135–150 °С и повыш. давлении. При этом целлюлоза не растворяется, а в р-р сульфитных щелоков переходят сульфолигнин, олиго- и моносахариды, часть смол, формальдегид и др. Щелоки продувают паром или воздухом, нейтрализуют известковым молоком, отделяют от гипсового шлама и направляют на сбраживание. Выход Э. с. на 1 т

переработанной древесины ок. 80 кг; побочно образуется до 60 кг белковых дрожжей и 600–700 г сульфолигнина.

Осн. пром. способ получения синтетич. Э. с. – прямая гидратация этилена; катализатор – ортофосфорная к-та на пористом носителе (силикагель, диатомит, кизельгур, пористые стекла и др.). В качестве побочных продуктов образуются: ацетальдегид, диэтиловый эфир, кротоновый альдегид, ацетон, спирты  $C_3$ – $C_4$ , метилэтилкетон, низкомогл. полиэтилен.

Технол. схема произ-ва Э. с.: смесь этиленсодержащего газа и воды нагревают в системе теплообменников (в осн. за счет тепла, выходящего из реактора потока, а на последней ступени – печи огневого нагрева или паром высокого давления в теплообменнике) и подают в реактор – цилиндрич. аппарат, заполненный катализатором (для защиты от коррозии реактор футеруется медью). На выходе из реактора или после охлаждения потока до точки росы реакт. смесь нейтрализуют р-ром щелочи. Поток охлаждают направляемым в реактор сырьем, на последней ступени – в водяном холодильнике. Э. с., непрореагировавшая вода и побочные продукты р-ции конденсируются, водно-спиртовой р-р (содержание Э. с. ок. 13%) сепарируется от непрореагировавшего этилена и направляется на узел выделения и очистки. Этиленсодержащий газ отмывается от остатков спирта водой, смешивается со свежими порциями этилена и вновь направляется в реактор.

Очистка Э. с. включает все или нек-рые из след. стадий: удаление из водно-спиртового р-ра легкокипящих головных фракций (ацетальдегид, диэтиловый эфир, ацетон, кротоновый альдегид, легкие полимеры) экстрактивной дистилляцией с водой; ректификацию кубового продукта и получение спирта-сырца (90–94% Э. с.); гидрирование спирта-сырца при 100 °С в паровой (давление 0,1–0,2 МПа), чаще жидкой фазе (давление 1,5–2,5 МПа) на никельсодержащем катализаторе; оканчат. ректификацию (95–96%-ный Э. с.). Спирт, очищенный по полной схеме, по качеству не уступает пищевому.

Отходы произ-ва – высшие спирты (применяются как р-рители), диэтиловый эфир (рециклируется на стадию гидратации) либо используется как товарный продукт) и полимеры этилена (сжигаются).

Метод получения синтетич. Э. с. сернокислотной гидратацией этилена, распространенный в 40–60-х гг. 20 в., полностью вытеснен прямой гидратацией этилена; это связано со сложностью защиты оборудования от коррозии, высоким расходом  $H_2SO_4$  и большими энергезатратами, проблемами экологии.

Произ-во Э. с. и выбор метода определяются наличием сырьевой базы и соотношением цен на пищевые и нефтепродукты.

Абсолютирование Э. с. осуществляют перегонкой с третьим компонентом, образующим с Э. с. и водой азеотроп, напр. с бензолом или циклогексаном. Установка для абсолютирования состоит из 2 колонн. В первую ректификац. колонну в середину подается 92–95%-ный Э. с., а в верхнюю часть – бензол. С верха колонны отбирается смесь Э. с., бензола и воды, из куба – абсолютир. Э. с. (концентрация 99,9%). Смесь конденсируется, охлаждается и направляется в разделит. сосуд для расслаивания. Бензол возвращается в колонну абсолютирования, а водно-спиртовой р-р – на вторую ректификац. колонну, в к-рой выделяют 92–95%-ный Э. с., рециклизуемый в первую колонну.

Разработаны способы пром. абсолютирования Э. с. на мол. ситах, полупроницаемых мембранах, абсорбцией жидким  $CO_2$ , сжиженными алканами и др. Иногда абсолютирование ведут азеотропной перегонкой с бензиновыми фракциями, особенно в случаях, когда абсолютир. Э. с. используется как добавка к моторному топливу. В препаративных целях Э. с. абсолютируют  $CaCl_2$ ,  $CuSO_4$ , мол. ситами и др.

Идентифицируют Э. с. физ.-хим. методами либо через фенилуретан, т. пл. 57 °С.

**Применение.** Э. с. – р-ритель в лакокрасочной и фармацевтич. пром-сти, в произ-ве кинофотоматериалов, товаров радиоэлектроники и бытовой химии, ВВ и др. Сырье в произ-ве

диэтилового эфира, хлороформа, тетраэтилсвинца, ацетальдегида, уксусной к-ты, этилацетата, этиламина, этилакрилатов, этилсиликатов и др. Э. с. из пищ. сырья часто используют для получения чистого этилена. Э. с. – компонент антифриза, топливо для реактивных двигателей. В ряде стран – компонент автомобильного топлива: повышает октановое число, сокращает расход бензина, снижает содержание вредных в-в в выхлопных газах. Содержание Э. с. в автомобильном топливе в зависимости от сырьевой базы составляет от 10% в США до полной замены бензина этанолом в Бразилии.

Для техн. целей часто используют денатурированный спирт (денатурат) – спирт-сырец, содержащий добавки красителя, окрашивающего Э. с. в сине-фиолетовый цвет, и спец. в-в, придающих ему неприятный запах и вкус; денатурат ядовит. В медицине Э. с. применяется для дезинфекции, как поверхностное сосудорасширяющее ср-во, коагулянт белка, в т.ч. при лечении ожогов. Значит. часть Э. с. идет на изготовление спиртных напитков.

Э. с. чрезвычайно гигроскопичен, при концентрации выше 70% (по объему) прижигает кожу и слизистые оболочки; при приеме внутрь угнетает центры торможения мозга, вызывает опьянение, при многократном употреблении – алкоголизм.

Легко воспламеняется, т. всп. 13 °С, т. самовоспл. 404 °С, пределы взрываемости: температурные 11–41 °С, концентрационные 3,6–19% (по объему), ПДК в атм. воздухе 5 мг/м<sup>3</sup>, в воздухе рабочей зоны 1000 мг/м<sup>3</sup>, ЛД<sub>50</sub> 9 г/кг (крысы, перорально).

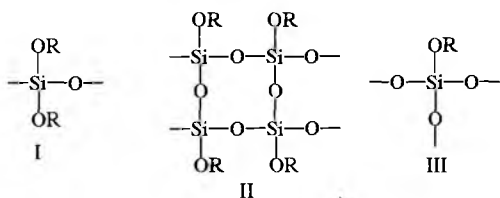
Наиб. крупные производители Э. с. (тыс. т в год): Бразилия 7500 (1985), США 2700 (1986), Россия 1200 (1989), Великобритания 200 (1986), Япония 179 (1985).

Впервые Э. с. выделен из продуктов брожения в Италии в 11–12 вв. Абсолютир. Э. с. получил перегонкой водного р-ра над поташом Т. Е. Ловид (1796). В 1855 М. Бертелло синтезировал Э. с. из этилена через этилсерную к-ту. Произ-во синтетич. Э. с. началось в 1930 в США.

Лит.: Брунштейн Б. А., Климченко В. Л., Цыркин Е. Б., Производство спиртов из нефтяного и газового сырья, Л., 1964; Салотияцкий С. А., Использование сульфитных щелоков, 2 изд., М., 1965; Технология гидролизных производств, М., 1973; Стабинков В. Н., Ройтер И. М., Продюк Т. Б., Этиловый спирт, М., 1976; Новые тенденции в производстве синтетического этилового спирта, М., 1981; Справочник по производству спирта. Сырье, технология и техконтроль, М., 1981. Б. С. Боуден.

**ЭТИЛОВЫЙ ЭФЙР**, то же, что *диэтиловый эфир*.

**ЭТИЛСИЛИКАТЫ**, техн. название олигоэтоксисилоксанов, содержащих в молекуле линейные (ф-ла I), циклолинейные (II) и разветвленные (III) фрагменты (R = C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>):

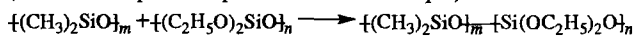


Концевыми группами служат триэтоксисилльные фрагменты (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O)<sub>3</sub>Si.

При обозначении марок Э. указывают содержание SiO<sub>2</sub>: Э.-32, Э.-40, Э.-50 содержат соотв. 32, 40 и 50% SiO<sub>2</sub> (по массе). В наиб. кол-вах производят Э.-40 (ЭТС-40) – олигомер, ср. состав к-рого соответствует ф-ле (RO)<sub>3</sub>Si[OSi(OR)<sub>2</sub>]<sub>4</sub>OSi(OR)<sub>3</sub>, содержит (41 ± 1)% SiO<sub>2</sub>, 10–15% тетраэтоксисилана, не более 0,5% HCl.

ЭТС-40 – горючая, легковоспламеняющаяся, взрывоопасная жидкость, плотн. (1,06 ± 0,01) г/см<sup>3</sup>, т-ра замерзания ниже –60 °С, кинематич. вязкость 3,5–6 мм<sup>2</sup>/с, не раств. в воде, раств. в орг. р-рителях. Т. всп. 83 °С (в открытом тигле) и 38 °С (в закрытом тигле), т. воспл. 240 °С; температурные пределы воспламенения 38–100 °С, КПВ 0,7–23% (по объему). ПДК в воздухе рабочей зоны 20 мг/м<sup>3</sup>, длит. воздействие выше ПДК раздражает слизистые оболочки глаз и дышат. путей.

Э. вступают в р-ции, характерные для *кремнийорганических соединений*. С олигодиметилсилоксанами при нагр. в присут. тетраметиламмонийгидроксида образуют блок-сополимеры (см. также *Кремнийорганические полимеры*):



Получают Э. из тетрахлорсилана в 2 стадии: частичная этерификация этанолом и последующая гидролитич. этерификация водным р-ром этанола. Э. могут быть получены также гидролитич. поликонденсацией тетраэтоксисилана.

Применяют Э. в литейном произ-ве как связующее при изготовлении форм (отливка авиационных, автомобильных двигателей, запорной арматуры газовых скважин и пр.), в композициях с хлоридами Fe и Ti – в качестве тампонажных составов при добыче нефти (ремонт обводненных скважин), как вулканизующие агенты при отверждении материалов на основе кремнийорг. полимеров.

А. С. Шаптин.

**ЭТИЛХЛОРИД** (хлорэтан, хлористый этил) C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>Cl, мол. м. 64,52; бесцв. газ; т. пл. –138,3 °С, т. кип. 12,27 °С; d<sub>4</sub><sup>20</sup> 0,8978, плотн. по воздуху 2,23; n<sub>D</sub><sup>20</sup> 1,3676; длины связей 1,77 нм (С–Cl), 1,55 нм (С–С); энергии связей (кДж/моль): 406,43 (С–Н), 336,4 (С–Cl), 371,1 (С–С); t<sub>крит</sub> 187,2 °С, P<sub>крит</sub> 5,27 МПа, d<sub>жидк</sub> 0,33 г/см<sup>3</sup>; η (мПа·с) жидкости 0,502 (–40 °С), 0,330 (0 °С), 0,155 (100 °С), пара 6,88 (–60 °С), 9,11 (0 °С), 12,08 (100 °С), 22,25 (400 °С); γ (мН/м) 24,2 (–40 °С), 21,6 (0 °С), 19,5 (20 °С), 9,4 (100 °С); μ 6,0·10<sup>–30</sup> Кл·м; давление пара (кПа) 1,3 (–66,4 °С), 24,5 (–20 °С), 60,7 (0 °С), 135 (20 °С), 1165 (100 °С), 5067 (180,5 °С); C<sub>p</sub><sup>жидк</sup> [кДж/(кг·К)] жидкости 1,474 (–40 °С), 1,574 (20 °С), 2,018 (100 °С), пара 0,90 (0 °С), 1,130 (100 °С), 1,821 (500 °С); ΔH<sub>исп</sub><sup>жидк</sup> (кДж/кг) 418,7 (–20 °С), 379,1 (12,27 °С), 276,3 (100 °С); ΔH<sub>исп</sub><sup>пар</sup> 69,04 кДж/кг, ΔH<sub>гор</sub><sup>жидк</sup> –1326 кДж/моль, ΔH<sub>гор</sub><sup>пар</sup> –105,1 кДж/моль; S<sub>298</sub><sup>жидк</sup> 274,9 Дж/(моль·К), коэф. теплопроводности [Вт/(м·К)] жидкости 0,1569 (–40 °С), 0,1301 (0 °С), 0,090 (100 °С), пара 0,00929 (0 °С), 0,01657 (100 °С), 0,03347 (300 °С); ε жидкости 10,43 (0 °С), пара 1,0132 (20 °С).

Э. хорошо раств. в орг. р-рителях; р-римость в воде (% по массе): 0,450 (0 °С), 0,574 (20 °С); р-римость воды в Э. 0,07 (0 °С), 0,36 (50 °С); образует азеотропную смесь с водой (т. кип. 11,8 °С, 99,6% Э.).

Э. реагирует с хлором в жидкой фазе в присут. инициаторов или в газовой фазе в присут. катализаторов (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, силикагель и др.) с образованием смеси 1,1- и 1,2-дихлорэтанов, с понижением т-ры возрастает выход 1,1-дихлорэтана. С бромом при 100 °С в присут. Fe дает хлорбромэтан. При действии спиртовой щелочи в газовой фазе в объеме (выше 350 °С) или в присут. катализаторов (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, силикагель, пемза и др.) дегидрохлорируется в этилен. Гидролизует в присут. щелочей до C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ОН и (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>O. В присут. металлов VIII гр. восстанавливается до этана; при 300–350 °С в избытке водорода – до метана; в присут. Na превращается в бутан, с магнием дает реактив Гриньяра; при окислении образуются CO<sub>2</sub>, HCl и H<sub>2</sub>O. Э. вступает в р-ции обмена атома Cl на NH<sub>2</sub>, CN и др.

Получают Э. гидрохлорированием этилена, как правило, в жидкой фазе в присут. AlCl<sub>3</sub> при –10 °С. Образующийся Э. промывают, нейтрализуют, сушат и ректифицируют. Э. получают также взаимодей. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ОН с HCl либо хлорированием этана в газовой фазе в объеме.

Применяют Э. в произ-ве Pb(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>, этилцеллюлозы, кремнийорг. соед.; Э.-р-ритель жиров, масел, жир. смол, восков и др.; ср-во для наружного наркоза.

Э. горюч, взрыво- и пожароопасен; т. всп. –50 °С (в закрытом приборе), –43 °С (в открытом), т. самовоспл. 494 °С; КПВ 3,8–15,4% (по объему), ПДК в воздухе рабочей зоны 50 мг/м<sup>3</sup>.

Произ-во Э. в США 69 млн. т в год (1988).

Лит.: Промышленные хлорорганические продукты. Справочник, М., 1978. с. 44–52. Ю. А. Трезгер.

**ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗА** (этоцел), простой этиловый эфир целлюлозы общей ф-лы [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)<sub>3–x</sub>(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>x</sub>]<sub>n</sub>. Э. – порошок белого цвета без вкуса и запаха. Число замещенных (x) в одном элементарном звене групп OH, или степень замещения

(СЗ), определяет весь комплекс физ.-мех. св-в Э; ее торговые марки имеют СЗ 2,2-2,6 и содержат 44,5–50,0% этокси групп. Мол. м. 24–70 тыс.; плотн. 1,09–1,17 г/см<sup>3</sup>; влагопоглощение 1,4–3,3%; т-ры плавления и размягчения (при СЗ 2,5) 165–180 и 134–145 °С.

Р-имость Э. также определяется степенью замещения и при СЗ > 2,4 она раств. в большинстве орг. р-рителей (бензол, толуол, этилацетат, бутанол, смесь бензол–этанол и др.), не раств. в воде, нефтепродуктах (напр., в бензине и гексане). Э. устойчива к действию конц. р-ров щелочей и разб. минер. к-т. В конц. р-рах к-т Э. деполимеризуется в течение неск. суток. Расплав нестабилизированной Э. на воздухе быстро окисляется уже при 150–160 °С, окрашиваясь в темно-коричневый цвет; введение стабилизаторов – дифениламина, 4-октилфенола и др. – позволяет предотвратить термоокислит. деструкцию. Э. совместима с большинством известных пластификаторов и смол: хороший диэлектрик; наиб. ценное св-во – высокая электр. прочность тонких пленок (150–250 кВ/мм).

В пром-сти Э. получают преим. взаимод. т. наз. щелочной целлюлозы с этилхлоридом. Осн. технол. стадии: приготовление щелочной целлюлозы обработкой хлопковой или древесной целлюлозы 48–62%-ным р-ром NaOH; обработка щелочной целлюлозы этилхлоридом (гетерог. процесс) или его смесью с бензолом (гомог. процесс) в автоклаве при т-ре 80–140 °С и давлении 0,6–2,4 МПа в течение 8–12 ч; обработка полученной Э. горячей водой для осаждения продукта и удаления непрореагировавшего этилхлорида и побочных этанола и диэтилового эфира; отбелка – при получении Э. для пластмасс; сушка; дробление; сортировка. В пром. масштабе Э. выпускают только в США и России.

В лаб. условиях Э. можно получить взаимод. щелочной целлюлозы с диэтилсульфатом или этилиодидом, а также с этиловыми эфирами арилсульфокислот.

Э. – исходный продукт в произ-ве эфироцеллюлозных пластмасс – *этролов*, пленок, лаков, эмалей. Э. используют также для приготовления антикоррозионных покрытий, наносимых из расплава при 80–110 °С и при необходимости легко удаляемых с изделий.

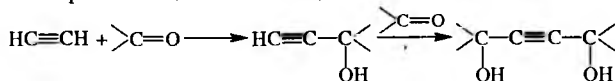
ПДК 7 мг/л (рыбохозяйств. водоемы); пыль Э. взрывоопасна: ниж. предел взрывоопасной концентрации 37,8 г/м<sup>3</sup>. Т. воспл. 330–360 °С, т. самовоспл. 657 °С.

Лит.: Бытенский В.Я., Кузнецова Е.П., Производство эфиров целлюлозы, Л., 1974; Справочник по пластмассам, 2 изд., т. 2, М., 1975; Энциклопедия полимеров, т. 3, М., 1977, с. 1027. См. также лит. при ст. *Целлюлозные эфиры*.  
В. Н. Крайев.

**ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ЛАКИ**, см. *Эфироцеллюлозные лаки*.

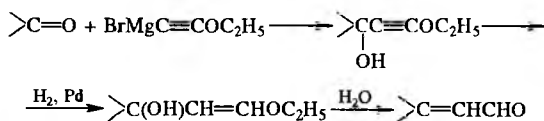
**ЭТИНИЛИРОВАНИЕ** (ацетиленирование), введение этинильной группы – C≡CH в молекулу орг. соед. В более широком смысле под Э. понимают введение группы – C≡CR. Этинилирующими агентами служат ацетилен или его монозамещенные производные, ацетилениды металлов, алкинилмагнийгалогениды RC≡CMgHal (реактивы Иоиича, см. *Иоиича реакция*). Р-цию проводят при умеренных или низких т-рах, как правило, в орг. р-рителях.

Наиб. распространено Э. карбонильных соединений. Э. альдегидов или кетонов ацетиленами в присут. ацетиленидов тяжелых металлов (Hg, Ag, Au) либо в присут. порошкообразного KOH при т-ре от –70 до 40 °С приводит к ацетиленовым спиртам (см. *Ренне реакция*, *Фаворского реакция*). Можно использовать в качестве этинилирующего агента ацетилениды щелочных металлов в среде жидкого NH<sub>3</sub> с послед. гидролизом (р-ция Н е ф а). Для получения продуктов моноэтинилирования применяют замещенные ацетилены или большой избыток ацетилена (более 2 эквивалентов), р-цию проводят под давлением до 1 МПа в атмосфере инертного газа (напр., азота) для понижения взрывоопасности процесса. При небольшом избытке ацетилена при 20 °С образуются симметричные ацетиленовые 1,4-диоли:

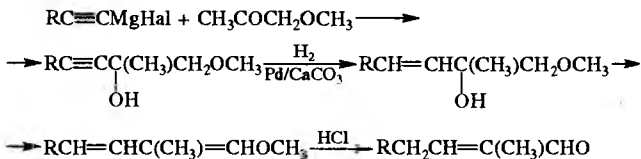


Наиб. легко этинилируются алифатич. и алициклич. кетоны, хуже – жирно-ароматические; из высших альдегидов преим. образуются β-алкинолы, из низших – ацетиленовые диолы.

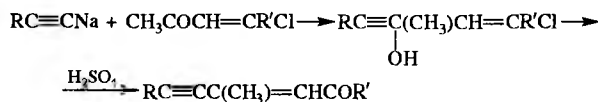
Э. карбонильных соед. этоксиэтинилмагнийбромидом (либо этоксиацетиленидом Li или его тиоаналогом) – первая стадия получения α,β-непредельных альдегидов, полупродуктов в синтезе каротиноидов (р-ция А р е н с а – В а н Д о р п а):



α,β-Непредельные альдегиды образуются также при Э. метоксиацетона реактивами Иоиича (р-ция И н х о ф ф е н а):

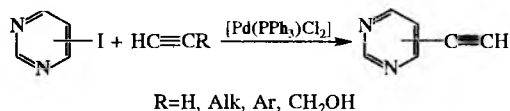


Э. β-хлорвинилметилкетона и его метильного производного ацетиленидом Na приводит к ацетиленовым спиртам, к-рые перегруппировываются в сениновые альдегиды или кетоны – полупродукты для синтеза витамина А (р-ция Д ж о н с а – У и д о н а):



При Э. ацетиленов галогенацетиленами образуются несимметричные диацетилены (см. *Кадио-Ходкевича реакция*).

Э. может осуществляться замещением галогена на этинильную группу, напр.:

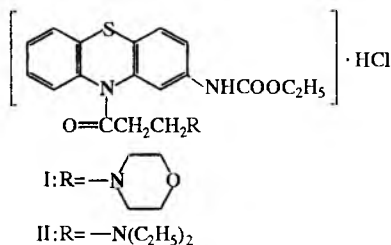


Э. широко применяют в тонком орг. синтезе. Э. карбонильных соед. используют как ключевую стадию в синтезе (в т. ч. промышленном) душистых в-в (гераниола, линалоола, нерола, цитраля и др.), биологически активных в-в (витаминов А, Е, К), каротиноидов.

Лит.: Котляревский И.Л., Шварцберг М.Е., Фишер Л.Б., Реакция ацетиленовых соединений, Новосибир., 1967; Марч Дж., Органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1987, с. 222; т. 3, М., 1987, с. 95.

Р. А. Окунев.

**ЭТМОЗИН** [гидрохлорид этилового эфира 10-(3-морфолинпропионил)фенотиазин-2-карбаминовой к-ты, морацизин, фла I], мол. м. 463,95; бесцв. темнеющие на свету кристаллы; т. пл. 188,5–200 °С; раств. в воде (1:15), плохо раств. в 95%-ном этаноле (1:40). Значение рН 2,5%-ного водного р-ра 3,5–4,1. Получают Э. из м-динитробензола последоват. действием ацетангида, бромбензола, гидразина (кат.- Ni), ClCOOC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>, серы, ClCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COCl, морфолина и HCl.



Э. оказывает спазмолитич., коронарорасширяющее и холиноблокирующее действие. Он эффективен при аритмиях, вызванных передозировкой сердечных гликозидов. Применяют при приступах пароксизмальной тахикардии, экстрасистолиях. Аналогичный Э. по хим. строению препарат — этиацизин (II) — обладает более высокой терапевтич. активностью.

Лит.: Яхонтов Л. Н., Глушков Р. Г., Синтетические лекарственные средства, М., 1983, с. 222; Ratner E. I. [e. a.], «Arzneim. Forsch.», 1989, Bd 39(11), № 7, S. 766-68; Fitton A. [e. a.], «Drugs», 1990, № 40(1), p. 139. Л. Н. Койко.

**ЭТРОЛЫ** (эфироцеллюлозные пластмассы), гранулированные пластмассы на основе *целлюлозы эфиров* — ацетата, ацетобутирата, ацетопропионата целлюлозы, этилцеллюлозы и нитрата целлюлозы. Содержат также низкомолекулярные (10–60% по массе) или полимерные (10%) пластификаторы, антиоксиданты (0,25%), светостабилизаторы (до 0,5%) и красители; в состав Э. на основе нитрата целлюлозы входят также до 50% минер. наполнителей.

Пластификаторами служат эфиры фталевой, себациновой, адипиновой, лимонной и фосфорной к-т, камфора, высокомолекулярные полиэфиролы и др.; обычно используют смесь из 2–3 пластификаторов. Для повышения ударной прочности и морозостойкости в Э. вводят низкомолекулярный полиэтилен, поливинилхлорид, кремнийорг. жидкости и др. добавки. В качестве антиоксидантов чаще всего применяют производные фенолов, напр. 4-трет-бутилфенол, в качестве светостабилизаторов — производные салициловой к-ты или бензофенона, напр. фенилсалицилат, в качестве наполнителей — мелкораздробленный туф, каолин, тальк и др. неорг. в-ва. Окрашивают Э. оксидами Ti, охрой, нитрозокрасителями и др.

Технология получения Э. включает стадию подготовки сырья, смешение компонентов (40–80 °С, 20–40 мин), получение гранул методом экструзии при т-ре 150–220 °С.

Э.—термопластичные материалы, не поддерживающие горения (кроме нитроцеллюлозных Э.); плотн. 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup>. Обладают удовлетворит. физ.-мех. и электроизоляц. св-вами ( $\sigma_{\text{нат}} 30\text{--}70$  МПа,  $\sigma_{\text{раст}} 20\text{--}50$  МПа;  $\rho$ , до  $10^{16}$  Ом·см). Э. на основе нитрата целлюлозы, пластифицированные камфорой или кастровым маслом, наз. целлулоидом; его плотн. 1,3–1,35 г/см<sup>3</sup>, т-ра размягч. 80–90 °С, относит. удлинение 10–18%, ударная вязкость 110–115 кДж/м<sup>2</sup>. Э. устойчивы к гидролизу, действию водных р-ров солей, нефтепродуктов, минер. масел, разб. HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; раств. в этилацетате, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, ацетоне и др. р-рителях.

Э. на основе большинства эфиров целлюлозы перерабатывают в изделия всеми способами, применяемыми для термопластов (см. *Полимерных материалов переработка*), изделия из нитроцеллюлозных Э. изготавливают только прессованием.

Изделия из Э. хорошо поддаются мех. обработке, легко склеиваются р-рителями (ацетон, этилацетат) или клеями, содержащими р-ритель, и полируются (чаще всего выдержкой изделия в р-рителе с послед. сушкой в камерах или в его парах).

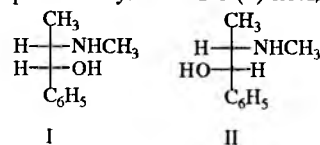
Применяют Э. в произ-ве труб для перекачки прир. газа, деталей автомобилей, самолетов, судов (штурвалы, приборные щитки, ручки, подлокотники), телефонных аппаратов, радио- и телевизионных приемников, мед. инструментов, оправ для очков, игрушек, мячей для настольного тенниса, галантерейных и канцелярских товаров и др.; прозрачные листы из Э.—защитные и смотровые экраны, напр. при работе с радиоактивными и легковзрывающимися соединениями. Изделия из Э. пригодны для работы в экстремальных условиях Арктики и тропиков.

За рубежом материалы, аналогичные Э., выпускают под назв.: тенайт (США), дексел (Великобритания), целлидор (Германия), родиолит (Франция). Объем мирового произ-ва ок. 420 тыс. т в год (1991); произ-во наиб. распространенного Э.—целлулоида из-за его горючести существенно сокращается.

Лит.: Малинин Л. Н., Эфироцеллюлозные пластмассы, М., 1978. См. также лит. при ст. *Целлюлозы эфиролы*. Л. Н. Малинин.

**ЭФЕДРИН** (2-метиламино-1-фенил-1-пропанол), мол. м. 165,24; алкалоид, содержащийся во мн. видах хвойника (*Ephedra*) семейства эфедровых (*Ephedraceae*) и нек-рых др. растений. Э.—эритро-изомер (ф-ла I); трео-изомер

наз. псевдоэфедрином (II). Из растений выделены (–)-Э. и (–)-псевдоэфедрин, при восстановлении к-рых получается один и тот же продукт — дезоксиэфедрин CH<sub>3</sub>CH(NHCH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>. При кипячении в 25%-ном р-ре HCl (–)-Э. дает равновесную смесь с (–)-псевдоэфедрином.



Наиб. физиологич. активностью обладает (–)-Э.—бесцв. кристаллы; т. пл. ок. 40 °С, т. кип. 225 °С (с разл.),  $[\alpha]_D^{20} -6,3^\circ$  (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH); раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире, хлороформе. (–)-Э.—основание, образует растворимые в воде кристаллич. соли: гидрохлорид, т. пл. 220 °С,  $[\alpha]_D^{20} -36,6^\circ$  (H<sub>2</sub>O); гидробромид, т. пл. 205 °С; диброидид, т. пл. 165 °С. (–)-Э. устойчив при нагревании до 100 °С в течение 24 ч. Окисляется до бензальдегида или бензойной к-ты. (–)-Э. рацемизируется при нагр. (168–195 °С) в щелочном спиртовом р-ре. Рацемат эритро-Э.—бесцв. кристаллы; т. пл. 76–78 °С, т. кип. 135 °С/12 мм рт. ст.; раств. в воде, этаноле, диэтиловом эфире, бензоле, хлороформе; образует гидрохлорид с т. пл. 188–190 °С. Синтезирован (+)-Э. с  $[\alpha]_D^{20} +6,5^\circ$  (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).

(–)-Псевдоэфедрин—бесцв. кристаллы; т. пл. 118,2 °С,  $[\alpha]_D^{20} -52^\circ$  (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH); хорошо раств. в этаноле, бензоле, хуже — в диэтиловом эфире, плохо — в воде; образует гидрохлорид с т. пл. 182 °С и  $[\alpha]_D^{20} -62,1^\circ$  (H<sub>2</sub>O). Синтезирован (+)-псевдоэфедрин с  $[\alpha]_D^{20} +52^\circ$  (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).

Биогенетич. предшественник Э.—фенилаланин. Разработаны разл. способы селективного определения Э. и псевдоэфедрина, напр. по величине уд. оптич. вращения. Гидрохлорид Э. обнаруживают по цветной р-ции с CuSO<sub>4</sub> и NaOH.

В пром-сти (–)-Э. получают микробиол. синтезом или чаще извлекают из растит. сырья горячей водой. Содержание суммы алкалоидов в хвойнике — от 0,5 до 2,0%, причем 70–90% этой смеси составляет (–)-Э.

По строению и фармакологич. действию Э. близок к препаратам группы адреналина и является адреномиметич. ср-вом. В медицине применяется для лечения бронхиальной астмы и др. аллергич. заболеваний, для повышения кровяного давления, расширения зрачков, при отравлениях снотворными и наркотиками. Э. оказывает возбуждающее действие на центр. нервную систему. ЛД<sub>50</sub> 100 мг/кг (мышь, внутривенно).

Лит.: Садригдинов Ф. С., Курмуков А. Г., Фармакология растительных алкалоидов и их применение в медицине, Таш., 1980; Овчинников Ю. А., Биоорганическая химия, М., 1987. А. Н. Ибрагимов.

**ЭФИРНОЕ ЧИСЛО**, масса КОН (в мг), необходимая для омыления всех сложных эфиров, содержащихся в 1 г орг. в-ва. Характеризует содержание в в-ве сложных эфиров. Равно разности между *омыления числом* и *кислотным числом*. Для сложных эфиров, не содержащих свободных карбоксильных групп, Э. ч. совпадает с числом омыления.

При определении Э. ч. в образце предварительно нейтрализуют свободные к-ты, после чего проводят омыление кипячением с 0,5 или 0,1 н. спиртовым р-ром КОН. Избыток щелочи оттитровывают р-ром HCl в присутствии фенолфталеина, α-нафтолфталеина или смеси креолового красного и тимолового синего. Если реакционная смесь окрашивается при нагр., что часто наблюдается в случае жиров и масел, проводят потенциометрич. титрование. Использование гидразина при омылении иногда способствует осветлению р-ра, делая возможным визуальное определение конечной точки титрования.

Э. ч. рассчитывают по ф-ле:

$$\text{Э. ч.} = \frac{28,05(V_2 - V_1)}{a}$$

где V<sub>2</sub> и V<sub>1</sub> — объемы (в мл) 0,5 н. р-ра HCl, пошедшие на титрование соотв. в холостом опыте и в опыте с пробой; a — навеска в-ва (в г).

Используют Э. ч. в анализе жиров, восков, эфирных масел и смол. Для пчелиного воска, напр., Э. ч. составляет 66–86, для говяжьего жира – 185–190.

Н. К. Куцева.

**ЭФИРНЫЕ МАСЛА**, многокомпонентные смеси летучих орг. соед., вырабатываемые растениями и обуславливающие их запах.

Э. м. известны с давних времен. Их применяли для благовонных курений, как косметич. и лекарств. средства, при бальзамировании. Биол. роль Э. м. окончательно не выяснена. Синтез их происходит в особых клетках разл. органов растений. Предполагается, что Э. м. защищают растения от паразитов, привлекают насекомых для опыления, уменьшают теплоотдачу и др.

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ

Масло (в скобках указано название растения)	Выход к сырью, %	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$	$[\alpha]_D^{20}$ , град	Растворимость, отношение объема масла к объему этанола (концентрация этанола)	Основные компоненты
Айрное ( <i>Asogus salatus</i> )	1–3,5	0,945–0,970	1,500–1,508	От +7 до +30	1:30 (90%)	Азарон <sup>а</sup> , камфора, пинены, камфен, сесквитерпены
Анисовое из семян ( <i>Pimpinella anisum</i> )	2–6	0,979–0,991	1,55–1,56	От 0 до –2	1:(0,1–0,5)	Анистол (80–90%), метилхавикол <sup>б</sup> (до 10%), анисовый альдегид
Апельсиновое ( <i>Citrus sinensis</i> )	0,5–0,7	0,842–0,850	1,472–1,476	От +94 до +99	1:(7–8) (90%)	Лимонен (~90%), деканаль (0,9–3,2%)
Базилниковое ( <i>Ocimum grossissimum</i> )	0,3–0,7	0,995–1,042	1,514–1,536	—	1:1,4 (70%)	Эвгенол (52–82%), оцимен (10–16%), линалоол (10–16%), кадинены (10–12%), санталены <sup>а</sup> (6–8%), метилхавикол (до 6%)
Бергамотное из корок ( <i>Citrus bergamia</i> )	До 0,5	0,875–0,883	1,464–1,468	От +4 до +28	1:1 (90%)	Линалилacetат (32–44%), лимонен (18–30%), линалоол (12–15%), бергаптен (5–6%)
Ветиверное ( <i>Vetiveria zizanioides</i> )	1,5–3	0,984–1,020	1,515–1,530	От +10 до +46	1:(0,5–2) (90%)	Сесквитерпены (гл. обр. спирты и кетоны – ветиверол, ветивон и др.)
Гвоздичное ( <i>Eugenia caryophyllus</i> , мадагаскарское)	16–19	1,042–1,058 <sup>а</sup>	1,530–1,538	От +0,5 до –2	1:(1,2–2,5)	Эвгенол (85–96%), эвгенолацетат (2–3%), карнофиллен
Гераниевое ( <i>Felargonium roseum</i> )	0,1–0,15	0,884–0,900 <sup>а</sup>	1,4605–1,4690	От –8 до –12	1:(2–3) (70%)	Цитронеллол (38–46%), линалоол (10–12%), гераниол (15–18%), ментон и изоментон (15–18%)
Иланг-иланговое ( <i>Cananga odorata</i> )	0,5–1	0,945–0,975 <sup>а</sup>	1,501–1,509	От –36 до –45	1:1 (90%)	Метилвый эфир $\gamma$ -крезола (до 16%), линалоол (до 13,5%), метилбензоат (до 9%), бензилacetат (до 25%), геранилацетат (до 6%), карнофиллен (до 9%)
Кориандровое ( <i>Coriandrum sativum</i> )	0,9–1,2	0,864–0,877	1,462–1,468	От +9 до +12	1:3 (70%)	Линалоол (65%), линалилacetат, пинен, борнеол, терпинен, мирцен, деканаль
Лавандовое ( <i>Lavandula vera</i> )	0,6–1,1	0,877–0,986	1,457–1,470	От –3 до –12	1:3 (70%)	Линалилacetат (30–56%), линалоол (10–20%), гераниол, карнофиллен, лавандул
Лемонграссовое ( <i>Cymbopogon citratus</i> )	0,2–0,5	0,879–0,901	1,4786–1,4846	От –3 до +1	1:(1,5–3) (70%)	Цитраль (75–85%), гераниол (~3%), нерол (~1,5%), мирцен (~8,5%), 2-метил-2-гептен-6-он (~5%)
Лимонное ( <i>Citrus limon</i> )	До 0,6	0,850–0,859	1,473–1,478	От +53 до +67	1:3 (96%)	Лимонен (до 90%), цитраль (3–5%), терпены
Мятное ( <i>Mentha piperita</i> )	До 2	0,892–0,920	1,459–1,470	Не менее –18	1:4 (70%)	Ментол (~50%), ментон (20–25%), ментилацетат (4–10%), пинсол (~6%), терпены
Пачулиеое ( <i>Pogostemon patchii</i> )	0,25–5	0,955–0,985	1,505–1,512	От –40 до –68	1:(0,5–10) (90%)	Сесквитерпеновые спирты, бензальдегид, коричный альдегид
Пихтовое ( <i>Abies sibirica</i> )	0,2–3	0,895–0,915	1,4690–1,4720	От –37 до –46	1:(5–9) (90%)	Борнилацетат (32–45%), борнеол (3–5%), пинен, мирцен, лимонен
Розовое ( <i>Rosa damascena</i> )	0,03–0,1	0,848–0,861 <sup>б</sup>	1,4530–1,4640	От –2,2 до –4,6	Во всех соотношениях (90%)	Цитронеллол (30–35%), гераниол (~5%), нерол, фенилэтиловый спирт (40–50%)
Санталовое ( <i>Santalum album</i> )	До 6	0,968–0,970	1,499–1,506	От –15 до –20	1:(3–5) (70%)	Санталол (~90%), его ацетат (~2%), санталены
Фенхелевое сладкое ( <i>Foeniculum vulgare</i> )	3–6	0,960–0,980	1,530–1,539	От +10 до +16	1:1 (90%)	Анистол (~60%), фенхон, лимонен, метилхавикол
Цитронелловое ( <i>Cymbopogon nardus</i> )	1,2–2,4	0,889–0,906	1,466–1,485	От –9 до –18	1:(1–2) (80%)	Гераниол (~30%), цитронелдаль (~30%), эфиры гераниола, цитронеллола, цитраль, 2-метил-2-гептен-6-он
Шалфейное ( <i>Salvia sclarea</i> )	0,1–0,13	0,887–0,920	1,455–1,470	От –4,5 до –30	1:0,5 (90%)	Линалилacetат (до 75%), линалоол (до 20%), пинсол, борнеол, камфора, туйон, терпены
Эвкалиптовое ( <i>Eucalyptus globulus</i> )	1,6–3	0,906–0,926	1,458–1,470	От –3 до +16	1:2 <sub>3</sub> (70%)	Цинеол (70–75%), пинкарвсел (до 20%), эдесмол (до 5%), бутаналь, пентаналь, гексаналь (до 6%), терпены

<sup>а</sup> Т. пл. 62–63 °С. <sup>б</sup> Т. кип. 217 °С. <sup>а</sup> Трициклич. сесквитерпены. <sup>а</sup> $d_4^{20}$ . <sup>б</sup> $d_4^{20}$ .

По хим. строению компоненты Э. м. относятся гл. обр. к монотерпенам и их производным (*пинены, камфен, лимонен, камфора* и др.), к бициклич. и трициклич. *сесквитерпенам* и их производным, а также к др. классам орг. соед., напр. азарон [1-(2,4,5-триметоксифенил)-1-пропен], метилхавикол (1-аллил-4-метоксibenзол).

Э. м. — прозрачные бесцв. или окрашенные (желтые, зеленые, бурые) жидкости (табл.); плотности их, как правило, меньше единицы; оптически активны; не раств. в воде, хорошо раств. в малополярных орг. р-рителях; под действием света и кислорода воздуха быстро окисляются, изменяя цвет и запах.

Называют Э. м., как правило, по видам растений, из к-рых их получают (розовое, гераниевое, лавандовое и т. д.), реже — по главному компоненту (камфорное, эвгенольное, терпентиновое).

Эфиромасличная флора насчитывает ок. 3 тыс. видов растений (в России — ок. 1 тыс.), однако пром. значение имеют всего 150–200 видов, большинство из к-рых произрастает в тропиках и субтропиках, лишь немногие (кориандр, анис, мята) культивируют в средней полосе. Особенно богаты Э. м. многочисленные виды семейств губоцветных (мята, лаванда, шалфей, базилик, пачули и др.), а также зонтичных (анис, фенхель, тмин, кориандр, ажгон и др.). Э. м. содержатся в листьях, стеблях, цветах, корнях, семенах, коре и древесине в своб. состоянии или в виде гликозидов; содержание Э. м. колеблется в широких пределах; так, цветы розы содержат 0,07–0,1% (по массе) Э. м., а почки гвоздики — 20–22%. Содержание Э. м. зависит от почвы, климатич. условий, времени года, времени уборки и возраста растений. Наиб. кол-во Э. м. в растениях — в период цветения и созревания семян. Иногда в ходе развития растения состав масла меняется. Так, главной составной частью кориандрового масла в период цветения растения является дециловый альдегид (до 80%), а эфирного масла из семян кориандра — линалоол (60–70%); масло из молодых зеленых частей нецветущей мяты содержит много ментофурана (3,6-диметил-4,5,6,7-тетрагидробензофуран), а в Э. м. из цветущей мяты его почти нет.

Для выделения Э. м. используют сырое (зеленая масса герани, цветы лаванды и др.), подвяленное (мята), высушенное (корни айры и ириса) или предварительно ферментированное (цветы розы, дубовый мох) сырье. Осн. методы извлечения Э. м. — перегонка с водяным паром, экстракция легколетучими р-рителями и прессование. Наиб. распространенный и простой метод — перегонка с водяным паром (гидродистилляция). Смесь паров Э. м. и воды конденсируют и отделяют т. наз. декантированное масло; дистилляционные воды перегоняют вторично (когобируют) либо обрабатывают активир. углем или легколетучими р-рителями.

Для извлечения Э. м., компоненты к-рого разлагаются при гидродистилляции, используют экстрагирование растит. сырья легколетучими р-рителями (петролейный эфир, бензол, этанол, метилхлорид и др.). Из экстракта (т. наз. мисцелла) отгоняют р-ритель сначала при атм. давлении, затем в вакууме и получают воско- или мазеобразную массу (т. наз. конкрет); конкрет обрабатывают этанолом, полученный р-р охлаждают до 16–18 °С (иногда до 0 °С) и фильтруют от балластных в-в, при необходимости повторяя операцию неск. раз. Масло, остающееся после удаления этанола, наз. абсолютным или абсолют.

Для получения смесей ароматич. в-в из пряных растений (хмеля, гвоздики, перца и др.) применяют сверхкритич. экстракцию сжиженным CO<sub>2</sub>.

Для извлечения Э. м. из корок плодов цитрусовых (лимонное, апельсиновое, бергамотное и др. масла) используют прессование. Измельченную цедру или целую кожуру прессуют и затем отделяют масло центрифугированием или к.-л. другим способом. Используют также метод а н ф л е р а ж а (от франц. *enfleurage* — передавать цветочный аромат) — масло, испаряющееся из цветков, поглощается чистым, не имеющим запаха свиным или говяжьим жиром, нанесенным тонким слоем на стекло, из образующейся душистой массы

(т. наз. помады) Э. м. извлекают р-рителем; метод м а з е р а ц и и (разновидность а н ф л е р а ж а) — цветы заливают жиром, нагретым до 50–70 °С, получающиеся при этом Э. м. имеют более низкое качество, т. к. помимо Э. м. извлекаются пигменты, воск и др. компоненты.

Применяют Э. м. в осн. в парфюм.-косметич. пром-сти (произ-во духов, одеколонов, зубных паст, мыла, косметич. кремов, средств для ухода за волосами и т. д.) и как сырье для синтеза душистых в-в (напр., эвгенола, гераниола, линалоола, цитронеллола, цитраля и др.). Нек-рые Э. м. (мятное, эвкалиптовое, анисовое и др.) используют в медицине. Гвоздичное масло и масло эвгенольного базилика издавна применяют для отпугивания комаров и москитов. Многие Э. м. (мятное, лимонное, апельсиновое, анисовое, укропное, имбирное и др.) используют в кондитерской, ликероводочной, табачной и консервной пром-сти, в произ-ве безалкогольных напитков и в обществ. питании, в этих случаях из Э. м. часто удаляют терпеновые углеводороды (ректификацией или обработкой этанолом). Э. м. применяют также в технике, напр. скипидар — в произ-ве лаков и красок, как р-ритель; эвкалиптовое масло — как флотореагент и др.

Мировое произ-во Э. м. 25–30 тыс. т в год. В относительно крупных масштабах (не менее 1 тыс. т в год) производят апельсиновое, лимонное, цитронелловое, гвоздичное, кориандровое и др. масла. Нек-рые Э. м. ценятся очень дорого, напр. розовое масло, получаемое в Болгарии в окрестностях г. Казанлык. Иногда натуральные Э. м. из-за дороговизны и дефицита заменяют искусств. композициями на основе душистых в-в (т. наз. искусственные Э. м.).

Лит.: Горяев М. И., *Эфирные масла флоры СССР*, А.-А., 1952; Кустова С. Д., *Справочник по эфирным маслам*, М., 1978; Guenther E., *The essential oils*, v. 1–6, N. Y., 1948–52; Bauer K., Garble D., *Common fragrance and flavor materials*, Weinheim, 1985.

Л. А. Хейфиц.

**ЭФИРОЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ ЛАКИ**, лакокрасочные материалы на основе р-ров эфиров целлюлозы в орг. р-рителях.

Большинство Э. л. производится из нитратов целлюлозы — коллоксилинов (содержание N 10,7–12,3%, мол. м. 12–60 тыс.); такие материалы наз. н и т р о л а к а м и. Р-рителями для коллоксилина с содержанием N выше 12% служат смеси истинных (сложные эфиры, кетоны, гликолевые эфиры) и скрытых (этиловый, бутиловый и др. спирты) р-рителей в сочетании с разбавителями (толуол, ксилол). Скрытые р-рители не растворяют эфир целлюлозы, а только снижают его вязкость и тем самым способствуют улучшению его р-римости в истинном р-рителе. Для коллоксилина с содержанием N ок. 11% этиловый и бутиловый спирты являются истинными р-рителями; вместе со сложными эфирами, кетонами и разбавителями они составляют легучую часть лаков (ок. 10% по массе).

В качестве дополнит. пленкообразователей в нитролаки чаще всего вводят алкидные смолы, хорошо совмещающиеся с коллоксилином и улучшающие св-ва лаковых покрытий. Для пластификации обычно используют смеси пластификаторов разл. типов — т. наз. первичных или истинных, совместимых с коллоксилином (фосфаты, фталаты), и вторичных (касторовое масло, хлорид. парафины), несовместимых с ним; для получения пигментир. материалов применяют разл. пигменты и наполнители, для получения матовых покрытий — SiO<sub>2</sub>, воски.

Нитролаки получают растворением в аппаратах с мешалками коллоксилина в смеси орг. р-рителей с послед. добавлением остальных компонентов. Растворением в нитролаке т. наз. суховальцевых паст, приготовленных вальцеванием пигментов с коллоксилином и пластификатором, получают н и т р о э м а л и; для получения грунтовок и шпатлевок используют пигментные пасты, приготовляемые диспергированием пигментов и наполнителей в р-ре пленкообразователей (чаще всего алкидных смол) в бисерной или шаровой мельнице.

Наносят нитролаки в 2–3 слоя на тщательно очищенную и обезжиренную пов-сть пневматич. распылением, наливом или на вальцах; эмали на пов-сть металла наносят по грунтовке.



Образование пленок нитролаков происходит в результате улетучивания р-рителей; при содержании дополнит. реакционноспособных пленкообразователей – вследствие их хим. превращений. Нитролаки высыхают значительно быстрее, чем любые др. лакокрасочные покрытия – при комнатной т-ре время высыхания от неск. минут до 1 ч. Покрытия из нитролаков отличаются поверхностной твердостью сразу после высыхания, хорошими декоративными св-вами, бензо- и маслостойкостью, а также дешевой; недостатки – горючесть, низкие атмосферостойкость и хим. стойкость.

Применяют нитролаки гл. обр. в мебельной пром-сти (до 75% объема произ-ва), а также для отделки разл. изделий и приборов из металла, окраски кожи, бумаги, металлч. фольги.

Практич. значение имеют также Э. л. на основе этилцеллюлозы, ацетилцеллюлозы и ацетобугирата целлюлозы. В состав этилцеллюлозных лаков кроме этилцеллюлозы (мол. м. 24–70 тыс.) могут входить разл. прир. и синтетич. смолы, растит. и минер. масла, пластификаторы; р-рители – смесь толуола и этанола. Эти лаки применяют для электроизоляции, пропитки тканевых оплеток проводов, покрытий для бумаги, резины, металла, пластмассы.

Ацетилцеллюлозные лаки на основе ацетата целлюлозы с мол. м. 25–60 тыс. ограничено используют для нанесения на бумагу и металл; они плохо совмещаются с разл. смолами и обладают недостаточной адгезией.

Ацетобугират целлюлозы с мол. м. 50–80 тыс. – основа Э. л., применяемых для нанесения на металл, фольгу, бумагу, картон, ткань; эти лаки отличаются высокими физ.-хим. показателями, свето-, морозо- и теплостойкостью.

Лит.: Киттель Г., Целлюлозные лаки, Л., 1957; Лившиц М. Л., Пшнейковский Б. И., Лакокрасочные материалы. Справочник, М., 1982, с. 254–96.

**ЭФИРЫ ПРОСТЫЕ**, соед. общей ф-лы  $R-O-R'$ , где R и R' – углеводородный радикал. Различают симметричные Э. п. (R и R' одинаковы) и смешанные, или несимметричные (R и R' различны). К Э. п. относятся нек-рые *виниловые эфиры*, а также *глимы*, *карбитолы*, *целлозольвы*, гетероциклич. соед. с атомом O в цикле, напр. оксиран, оксолан, 1,4-диоксан, ТГФ и др.

Названия Э. п. производят от названий углеводородных радикалов с добавлением слова «эфир» либо по заместит. номенклатуре, используя название группы RO как приставку к названию углеводорода RH, напр.  $C_2H_5OC_2H_5$  наз. диэтиловый эфир или этоксиэтан. Нек-рые Э. п. имеют тривиальные названия.

Э. п. – бесцв. жидкости (табл.) с характерным запахом; они не образуют межмол. водородных связей, в отличие от спиртов не ассоциированы и поэтому более летучи, чем спирты с тем же числом углеродных атомов. Э. п. плохо раств. в воде, хорошо – в орг. р-рителях, растворяют орг. соед., устойчивы к действию щелочей и щелочных металлов.

В ИК спектрах Э. п. наблюдается сильное поглощение в области 1150–1085  $cm^{-1}$ , характеристич. полосы в видимой и УФ частях спектра отсутствуют, в спектрах ПМР хим. сдвиг  $\delta$  3,2–3,4 м. д. (для метоксиспиртов) и 3,7 м. д. (для метоксиренов).

Наличие в молекуле Э. п. атома кислорода со своб. электронной парой определяет их основн. св-ва. При действии сильных протонных к-т образуются *оксониевые соединения*  $[RR'OH]^+Cl^-$  (за исключением полностью фторид. и ароматич. эфиров); с к-тами Льюиса – относительно устойчивые эфираты, напр. эфираты трифторида бора  $RR'O \cdot BF_3$ .

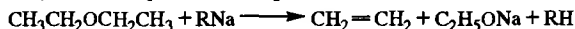
Иодистоводородная и бромистоводородная к-ты расщепляют алифатич. и жирно-ароматич. Э. п. на алкилгалогенид и спирт или фенол; р-ция протекает через промежуточные оксониевые соли по механизмам  $S_N1$  или  $S_N2$ . Расщепление метил- и этилалкиловых эфиров посредством HI используют для количеств. определения метокси- и этокси групп (метод Цейделя). Метод основан на определении иода в образовавшихся  $CH_3I$  или  $C_2H_5I$  путем пропускания последних в р-р  $AgNO_3$  (по кол-ву осажденного  $AgI$ ) либо окислением (по кол-ву выделившегося  $I_2$ ).

## СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОСТЫХ ЭФИРОВ

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °C	Т. кип., °C	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
Диметилловый эфир $CH_3OCH_3$	46,07	—	-25	—	—
Диэтиловый эфир $C_2H_5OC_2H_5$	74,12	—	34,5	0,7138	1,3526
Дипропиловый эфир $C_3H_7OC_3H_7$	102,2	-122	90,1	0,7360	1,3809
Диизопропиловый эфир $(CH_3)_2CHOC(CH_3)_2$	102,2	-86,2	68,5	0,7241	1,3679
Дибутиловый эфир $C_4H_9OC_4H_9$	130,2	-95,3	142	0,7704	1,3981
Диаллиловый эфир $(CH_2=CH)O(CH_2)_2$	98,2	—	94,0	0,8060	1,4163
Метилфениловый эфир (анизол) $C_6H_5OCH_3$	108,13	-37,5	153,8	0,9954	1,5179
Этилфениловый эфир (фенетол) $C_6H_5OC_2H_5$	122,2	-29,5	170	0,9651	1,5073
Дифениловый эфир (дифенилоксид) $C_6H_5OC_6H_5$	170,21	28–29	259,3	1,0748	1,5795
2-Метоксифенол (гваякол) $2-C_6H_4OC_2H_5$	124,13	28,5	205	1,1287 <sup>a</sup>	1,5385 <sup>a</sup>
1,2-Диметоксибензол (вератрол) $1,2-(CH_3O)_2C_6H_4$	138,2	22,7	206,1	1,0801 <sup>b</sup>	1,5320 <sup>b</sup>
Этиленоксид (оксиран)	44,0	-112	11,0	0,8971 <sup>c</sup>	1,3597 <sup>c</sup>

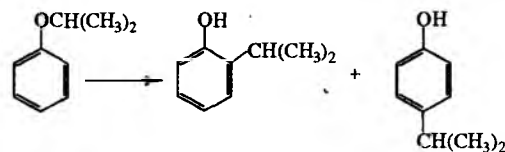
<sup>a</sup> При 21,4 °C. <sup>b</sup> При 25 °C. <sup>c</sup> При 0 °C. \* При 7 °C.

При действии на Э. п. алкилнатрия или алкиллития происходит  $\beta$ -элиминирование с образованием алкена и алкоксида:



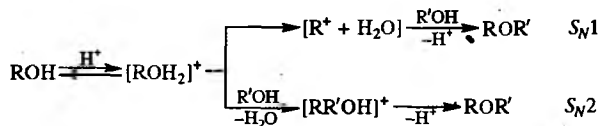
На воздухе или в присут.  $O_2$  при нормальной т-ре Э. п. склонны к автоокислению; образующиеся пероксиды неустойчивы, легко взрываются и требуют осторожности при работе с ними. Это св-во наиб. выражено у диизопропилового эфира.

Под действием  $H_2SO_4$ ,  $AlCl_3$ ,  $BF_3$  и т. п. эфиры фенолов изомеризуются в орто- и пара-алкилзамещенные фенолы (наиб. легко мигрирует третичный радикал, труднее – первичный):

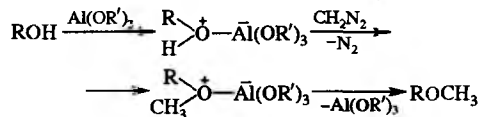


Аллилфениловые эфиры перегруппировываются в орто- или пара-аллилфенолы (см. *Клайзена перегруппировка*).

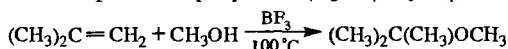
Получают несимметричные Э. п. алкилированием алкоксилов или фенолятов алкилгалогенидами (*Вильямсона синтез*). Для получения симметричных Э. п. используют межмол. дегидратацию спиртов в присут. конц.  $H_2SO_4$ . В зависимости от структуры спирта р-ция может протекать по механизму  $S_N1$  или  $S_N2$



Алкил- и арилметилвые эфиры получают взаимод. спиртов и фенолов с диазометаном в присут. к-т Льюиса (алкоксиал,  $BF_3$ ,  $AlCl_3$  или  $HBF_4$ ), напр.:



Э. п. образуются также при присоединении спиртов или фенолов к олефинам в присут. к-т ( $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HCl$ ,  $BF_3$ ):



Э. п. — р-рители жиров, смол, красителей, лаков и др. Ариловые эфиры — консерванты, антиоксиданты, применяются в парфюм. пром-сти. Нек-рые Э. п. обладают инсектицидным действием.

См. также Анизол, Диизопропиловый эфир, Диметилловый эфир, Дифенилксид, Диэтиловый эфир, Фенетол.

Лит.: Гауптман З., Грефе Ю., Ремане Х., Органическая химия, пер. с нем., М., 1979, с. 332-40; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 2, М., 1982, с. 289-353; Kirk-Othmer encyclopedia, v. 9, N. Y., 1980, p. 381-92.

Л. Н. Максимова.

**ЭФИРЫ СЛОЖНЫЕ**, продукты замещения атомов водорода групп OH в минер. или карбоновых к-тах на углеводородные радикалы. Для многоосновных к-т различают полные и кислые эфиры (напр.,  $ROSO_2OR'$  и  $ROSO_2OH$ ,  $ROCOCH_2COOR'$  и  $ROCOCH_2COOH$  соотв., где R, R' — алкил, гетерил).

Строение Э. с. может быть представлено двумя резонансными структурами:



Эфирная группировка планарна или близка к планарной: простая связь C—O (структура I) имеет конформацию с дисоидным расположением карбонильной двойной связи и связи O—R. Длина связи C=O в разл. Э. с. 0,119–0,122 нм, связи C—O 0,131–0,136 нм, углы OSCO 122–126°, COSC 113–118°.

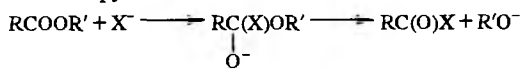
По номенклатуре ИЮПАК названия Э. с. производят от назв. алкильной или арильной группы гидроксильного компонента и названия к-ты путем замены окончания «вая» на суффикс «ат», напр.:  $C_2H_5COOC_2H_5$  — этилпропионат,  $CH_3OSO_2OH$  — метилсульфат. Нек-рые Э. с. имеют тривиальные названия.

Э. с. — главная составная часть жиров, восков, спермацета; входят в состав мн. эфирных масел.

**Физические свойства.** Э. с. низших карбоновых к-т и простейших спиртов — бесцв. летучие жидкости, часто с приятным фруктовым запахом; Э. с. высших карбоновых к-т — твердые бесцв. в-ва, почти лишены запаха. Низшие Э. с. минер. к-т (алкилсульфаты, алкилсульфаты, алкилбораты) — маслянистые жидкости с приятным запахом; алкилсульфаты, начиная с  $C_9H_{17}$ , — твердые соед. Т-ры кипения Э. с. низших спиртов ниже, чем соответствующих к-т; т-ры кипения сульфатов обычно ниже, чем сульфатов. Э. с. плохо раств. в воде, хорошо — в орг. р-рителях, обладают значит. дипольным моментом ( $\mu$   $5,67 \cdot 10^{-30}$ – $6,66 \cdot 10^{-30}$  Кл·м).

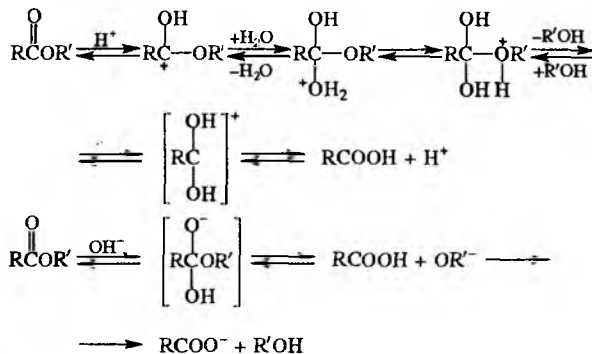
В ИК спектрах Э. с. присутствуют характеристич. полосы в области  $1750$ – $1700$   $cm^{-1}$  (валентные колебания группы C=O) и  $1275$ – $1050$   $cm^{-1}$  (валентные колебания группы C—O). В УФ спектрах наблюдаются слабые полосы при  $\lambda_{max}$  195–210 нм ( $n$ - $\pi^*$ -переход); для  $\alpha$ ,  $\beta$ -ненасыщ. эфиров сильные полосы при  $\lambda_{max}$  210 нм ( $\pi$ - $\pi^*$ -переход), по мере увеличения ненасыщенности полоса сдвигается в длинноволновую область. В спектрах ПМР хим. сдвиг  $\delta$  3,7–4,1 м. д. ( $\alpha$ -H-атом спиртового остатка) и  $\delta$  2–2,2 м. д. ( $\alpha$ -H-атом кислотного остатка).

**Химические свойства.** Большинство р-ций Э. с. связано с нуклеоф. атакой по карбонильному атому углерода и замещением алкоксигруппы:



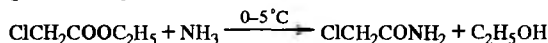
X = OH,  $NH_2$ ,  $R''NH$ ,  $R_2''N$  и др.

Гидролиз Э. с. протекает как в кислой (минер. к-ты), так и в щелочной среде [водные или спиртовые р-ры NaOH, KOH, а также  $Ba(OH)_2$ ,  $Ca(OH)_2$ ]:

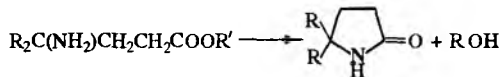


Кислотный гидролиз — обратимый процесс, щелочной — практически необратим, т. к. карбоксилат-анион  $RCOO^-$  не м. б. атакован нуклеофилом. Скорость гидролиза увеличивается с повышением т-ры и с увеличением мол. массы эфира. Многие Э. с. (гл. обр. жиры) гидролизуются под действием ферментов.

При взаимодей. Э. с. со спиртами происходит переэтерификация (см. ниже); кат. —  $H_2SO_4$  или сухой HCl либо алкогولات-ион. Аммонолиз и аминолиз Э. с. приводит соотв. к амидам  $RCOONH_2$  и N-замещенным амидам  $RCOONR''$ ; катализаторами служат чаще всего  $NH_4Cl$  или  $CH_3OK$ , р-рителями — диэтиловый эфир, бензол или сам амин (для ароматич. аминов). Низкомоле. Э. с. реагируют с  $NH_3$  при комнатной т-ре, высокомоле. — при повышенных т-ре и давлении. Иногда аммонолиз проводят при низкой т-ре, чтобы избежать побочных р-ций, напр.:

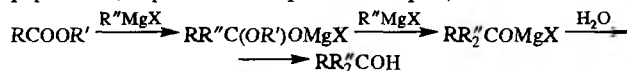


Особенно легко протекает внутримол. аминолиз; напр.,  $\gamma$ -аминоэфиры циклизуются уже при комнатной т-ре, давая пирролыны:



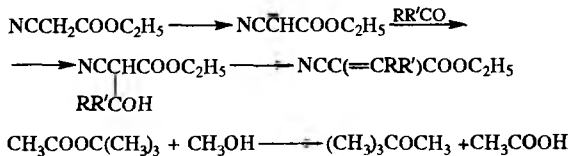
При взаимодей. Э. с. с  $NH_2OH$  образуются гидроксамовые к-ты  $RCOONHOH$ , с гидразином — гидразиды  $RCOONHNH_2$ , с ацетальдами или карбоновыми к-тами в присут. минер. к-т происходит обменная р-ция (см. Ацидолиз).

Р-ции Э. с. с реактивами Гриньяра и др. металлоорг. соед. приводят к образованию третичных спиртов (за исключением форматов, к-рые дают вторичные спирты):

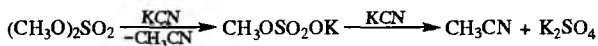


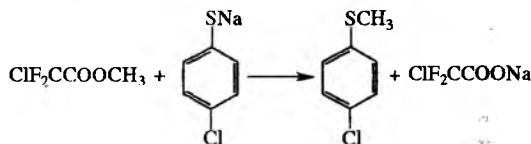
Э. с. вступают в сложноэфирную конденсацию с соед., содержащими активную метиленовую группу (см. Клайзена конденсация), диэфиры двухосновных к-т претерпевают внутримол. конденсацию (см. Дикмана реакция).

Э. с., образующие стабильные карбанионы и не проявляющие тенденции к самоконденсации, легко алкилируются; нек-рые из таких эфиров вступают в р-ции с разрывом связи алкил-кислород, напр.:

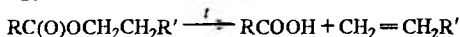


Э. с. минер. и фторзамещенных карбоновых к-т алкилируют разл. соед. в щелочной среде, напр.:

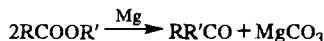




При т-ре выше 300 °С Э.с. разлагаются с образованием алкенов, пиролиз ацетатов проводят в газовой фазе при 500–600 °С:



Пиролиз Э.с. жирных к-т в присут. нек-рых металлов (Mg, Zn) или их оксидов приводит к кетонам:



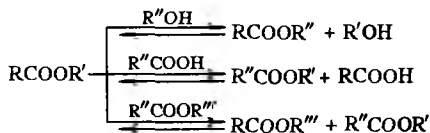
Бензоаты и оксалаты разлагаются при более низких т-рах в жидкой фазе.

Э.с. устойчивы к действию окислителей. Восстановление Э.с. (Na в этаноле, LiAlH<sub>4</sub>, AlH<sub>3</sub> и др.) приводит к альдегидам, но обычно восстановление идет дальше – до первичного спирта: RCOOR'  $\xrightarrow{[H]}$  RCH<sub>2</sub>OH + R'OH. Каталитич. гидрирование Э.с. в присут. хромата(III) меди при т-ре 200–300 °С и давлении 10–30 МПа – пром. способ получения спиртов. При восстановлении эфиров алифатич. моно- и дикарбоновых к-т Na в кипящем ксилоле образуются ацилоины (см. *Ацилоиновая конденсация*).

**Получение.** Наиб. широко применяют этерификацию – взаимод. спиртов с к-тами: RCOOH + R'OH  $\rightleftharpoons$  RCOOR' + H<sub>2</sub>O. Это – обратимая р-ция, в к-рой положение равновесия зависит от природы и кол-ва к-ты и спирта и характеризуется равновесной концентрацией продуктов этерификации (т. наз. предел этерификации), напр. при эквимол. соотношении CH<sub>3</sub>COOH и C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH равновесие устанавливается, когда ~2/3 к-ты и спирта превращается в эфир. На скорость достижения предела этерификации влияют т-ра и катализаторы (сильные к-ты и их ангидриды, арилсульфоновые к-ты, кислые соли и кислые катионообменные смолы). Для повышения выхода воду из реакц. среды удаляют азетропной дистилляцией. Легче всего этерифицируются первичные спирты, наиб. трудно – третичные.

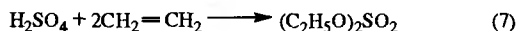
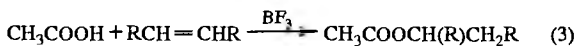
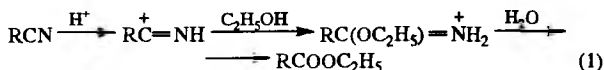
Этерификацией наз. также методы получения Э.с. ацилированием спиртов, алкилированием к-т диазвалканами либо солей алкилгалогенидами.

Другой распространенный способ получения Э.с. – этерификация – замена одного спиртового или кислотного остатка в молекуле Э.с. на другой. Осуществляют р-цию взаимод. Э.с. со спиртами, карбоновыми к-тами или др. Э.с. в присут. алкоголятов, щелочей, HCl, BF<sub>3</sub>, солей нек-рых металлов, напр.:

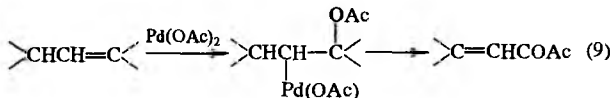
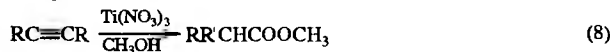


Равновесие смещают вправо путем отгонки более летучих спирта, к-ты или эфира. Метод используют для получения Э.с., к-рые нельзя получить этерификацией, напр. виниловые или изопреновые эфиры высших к-т.

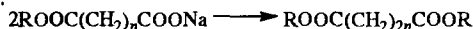
Э.с. образуются также кислотным алкоголизмом нитрилов (кат. – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, *n*-толуолсульфокислота; р-ция 1); алкилированием карбоксилат-анионов (к-т или их солей) алкилгалогенидами, алкенами в присут. катализаторов (2,3); из альдегидов по *Тищенко реакции*; метиловые эфиры – р-цией к-т с диазометаном (4); эфиры минер. к-т – взаимод. последних, а также их галогенангидридов со спиртами или фенолами (5,6) либо минер. к-т с олефинами (7):



Для получения Э.с. используют окисление: кетонов H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> или надкислотами (*Байера–Виллигера реакция*), ацетиленовых производных (8), соед., содержащих аллильную группу (9) и др.:



Э.с. высших дикарбоновых к-т получают из солей кислых эфиров дикарбоновых к-т в условиях электрохим. р-ции Кольбе:



Э.с. серной и фосфорной к-т образуются при окислении соответствующих сульфитов и фосфитов.

**Определение.** Для обнаружения Э.с. используют их р-цию с гидросилиманом: образующиеся гидроксамовые к-ты дают с FeCl<sub>3</sub> характерное красное окрашивание, для определения – кислотное число и эфирное число, а также методы хроматографии.

**Применение.** Э.с. – р-рители, пластификаторы, экстрагенты, лек. средства (напр., нитроглицерин), сырье для синтеза полимеров (напр., метилметакрилат) и фармацевтич. препаратов (напр., производных салициловой к-ты). Э.с. серной к-ты используют как алкилирующие агенты; Э.с. фосфорной к-ты – инсектициды, флотореагенты, присадки к маслам; низшие Э.с. карбоновых к-т применяют в парфюмерии и пищ. пром-сти.

См. также *Ацетоуксусный эфир*, *Винилацетат*, *Глицериды*, *Метилметакрилат*, *Этилацетат* и др.

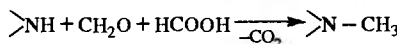
*Лит.:* Вейганд–Хильгетат, Методы эксперимента в органической химии, пер. с нем., М., 1968; Общая органическая химия, пер. с англ., т. 4, М., 1983, с. 288–388; Kirk–Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 9, N. Y., 1980, p. 311–37. Л. Н. Максимова.

**ЭФФЕКТИВНЫЙ ЗАРЯД АТОМА**, характеризует разность между числом электронов, принадлежащих данному атому в хим. соед., и числом электронов своб. атома. Для оценки Э.з.а. используют модели, в к-рых экспериментально определяемые величины представляют как ф-ции точечных неполяризуемых зарядов, локализованных на атомах; напр., дипольный момент двухатомной молекулы рассматривают как произведение Э.з.а. на межатомное расстояние. В рамках подобных моделей Э.з.а. можно рассчитать, используя данные оптич. или рентгеновской спектроскопии, ЯМР и др. Однако, поскольку электронная плотность в хим. соед. делокализована и границ между атомами не существует, нельзя описать этот характеристич. соед. одним набором Э.з.а.; значения этого показателя, определенные разными эксперим. методами, могут не совпадать. Э.з.а. можно определить также на основе квантовохим. расчетов.

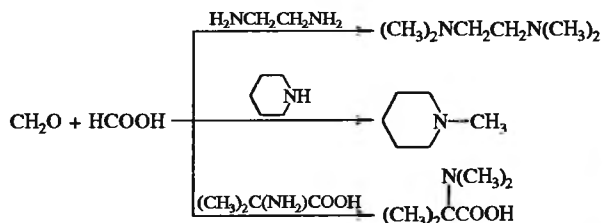
Э.з.а., определенные в рамках к.-л. одной модели или в однопонных расчетах, используют для корреляции с различными физ.-хим. характеристиками соед., установления реакц. центров в молекулах, оценки степени ионности хим. связи.

*Лит.:* Барниский Р.Л., Нефедов В.И., Рентгеноспектральное определение заряда атомов в молекулах, М., 1966. В. И. Нефедов.

**ЭШВАЙЛЕРА–КЛАРКА РЕАКЦИЯ**, метилирование первичных или вторичных аминов действием формальдегида и муравьиной к-ты:



В р-цию вступают алифатич. амины с открытой цепью и алициклич. радикалами, диамины, арамкиламины, гетероциклич. амины и аминокислоты, напр.:



Ароматич. амины метилируются лишь при наличии *ortho*- или *para*-заместителей, препятствующих конденсации формальдегида по атому С ароматич. кольца. В Э.-К. р. не вступают азотсодержащие соед., в к-рых с атомом N связана сильно полярная группа (амиды к-т, уретаны, гуанидины, гидроксилмины).

Р-цию проводят без р-рителя при нагр. (ок. 100 °С) до полного прекращения выделения CO<sub>2</sub>. Выходы обычно ок. 80%; в ряде случаев близки к количественному.

Считают, что на нач. стадии Э.-К. р. образуется гидроксиметиламин (N-метилол), к-рый далее восстанавливается в соответствующий метиламин под действием HCOOH (берется в р-цию в избытке).

Э.-К. р. – частный случай *Лейкарта–Валлаха реакции*. Используют ее в препаративной практике.

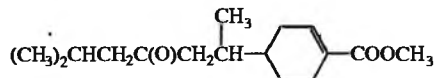
Р-ция открыта В. Эшвайлером в 1905 и позднее более подробно изучена Х. Кларком.

Лит.: Clarke H. [a.o.], «J. Amer. Chem. Soc.», 1933, v. 55, p. 4571; Pine S. [a.o.], «J. Org. Chem.», 1971, v. 36, № 6, p. 829–32. Г. И. Дрозд.

# Ю

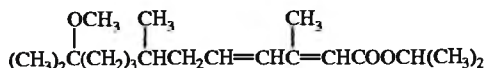
**ЮВЕНОИДЫ**, синтетич. аналоги природных ювенильных гормонов насекомых (регулируют постадийно развитие последних). Ю. препятствуют превращению личинок в куколки или вызывают появление нежизнеспособных куколок, благодаря чему могут использоваться в качестве средств борьбы с насекомыми, у к-рых вредоносными являются взрослые особи. Яйца насекомых под действием Ю. погибают; на взрослых насекомых Ю. нередко действуют как *хемостерилизаторы*.

По хим. природе Ю. – производные *фарнезола*, *гераниола* эфиры замещенных C<sub>9</sub>–C<sub>13</sub>-диенкарбоновых и триенкарбоновых к-т и их эпоксипроизводные; существенную роль в активности Ю. играет пространств. строение соед. Св-вами Ю. обладает также ювабион (ф-ла I), к-рый выделен из бумаги, выработанной из древесины канадской пихты.

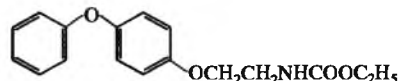


I

Практически применяют: метопрен (II; ЛД<sub>50</sub> 34 г/кг) – для борьбы с личинками комаров (в микрокапсулир. форме или в виде концентрата эмульсий), мухами-жигалками, домовыми муравьями, а также для обработки шелковичных червей, что позволяет получать более крупные коконы; феноксикарб (III) – нарушает цикл развития листоверток (норма расхода 600 г/га, ЛД<sub>50</sub> 10 г/кг для крыс при пероральном введении).



II



III

Поиск новых Ю. основывается на достижениях в изучении биохимии процессов линьки и метаморфоза.

Лит.: Цизин Ю.С., Дабкина А.А., «Успехи химии», 1970, т. 39, № 6, с. 1074–94; Грапов А.Ф., Пущина М.Я., «Ж. Всес. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева», 1988, т.33, № 6, с. 661–71; Ишмурапов Г.Ю. [в др.], «Успехи химии», 1995, т. 64, в. 6, с. 580–608; Slama K., Romayuk M., Sorm F., Insect hormones and bioanalogue, W.- N.Y., 1974; Chemie der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Bd 6, В.- [a.o.], 1981, S. 185–211. Г.С. Швиндлерман.

**ЮМ-РОЗЕРИ ФАЗЫ**, см. *Интерметаллиды*.

**BOOKS.PROEKTANT.ORG**

**БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОННЫХ  
КОПИЙ КНИГ**

**для проектировщиков  
и технических специалистов**

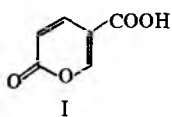
# Я

**ЯБЛОЧНАЯ КИСЛОТА** (2-гидроксипутановая к-та, гидроксиянтарная к-та),  $\text{HOOCCH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COOH}$ , мол. м. 134,1. Существует в виде двух стереоизомеров и рацемата.

D, L-Я. к. – бесцв. кристаллы, т. пл. 130,8 °С; р-римость (г в 100 г р-рителя): в воде – 144 (26 °С), 411 (79 °С), в этаноле – 35,9 (20 °С), в диэтиловом эфире – 0,6 (20 °С), не раств. в бензоле.

D- и L-Я. к. – бесцв. кристаллы; т. пл. 100 °С; для L-Я. к.  $[\alpha]_D^{20}$  –2,3° (при конц. 9,17 г в 100 мл воды), –5,7° (при конц. 3,73 г в 100 мл ацетона);  $pK_a$  3,46 и 5,10; хорошо раств. в воде, р-римость (г в 100 г р-рителя): в этаноле – 68,3, в диэтиловом эфире – 1,9 (20 °С), не раств. в бензоле. Величина уд. оптич. вращения в водных р-рах сильно зависит от концентрации и т-ры. С увеличением концентрации  $[\alpha]_D$  уменьшается и р-ры L-Я. к., содержащие более 34 г на 100 мл воды при 20 °С, становятся правовращающими.

Соли и эфиры Я. к. наз. малатами. Я. к. обладает хим. св-вами *оксикислот*. При нагр. до 100 °С превращается в ангидрид, подобный *лактодам*; при более длит. нагревании до 140–150 °С отщепляет воду, превращаясь в фумаровую



к-ту, при быстром нагревании до 180 °С наряду с фумаровой к-той образуется малеиновый ангидрид. При окислении  $\text{H}_2\text{O}_2$  или  $\text{KMnO}_4$  дает оксалилуксусную к-ту, при окислении конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – кумалиновую к-ту (ф-ла I). Восстановление III или

бактериальное брожение приводят к янтарной к-те высокой чистоты. Конденсация Я. к. с мочевиной – основа синтеза урацила. Замещение при асимметрич. атоме углерода (напр., замена группы OH на Cl) у оптиически активной Я. к. приводит к обращению конфигурации – вальденовскому обращению (см. *Динамическая стереохимия*).

В природе распространена L-Я. к. Она содержится в кислых плодах, напр. в незрелых яблоках, крыжовнике, плодах рябины, в ревене, в виде Са-соли в табаке, а также в небольшом кол-ве в вине.

Я. к. – один из важных промежут. продуктов обмена в-в в живых организмах. Участвует в обмене в-в в виде малата, образующегося в *трикарбоновых кислот цикле*, *гликоксилатном цикле*, при *глюконеогенезе*. В результате ферментативных р-ций малат может превращаться в оксалоацетат, фумарат, пируват.

Получают D, L-Я. к. восстановлением виноградной к-ты, гидролизом D, L-бромиянтарной к-ты, восстановлением оксалилуксусной к-ты  $\text{HOOSCOSCH}_2\text{COOH}$  амальгамой Na или восстановлением ее эфиров с послед. гидролизом, а также гидратацией фумаровой и малеиновой к-т при 150–200 °С либо, при использовании NaOH, при 100 °С.

D-Я. к. образуется с небольшим выходом при восстановлении D-винной к-ты III при 130 °С, а также наряду с L-Я. к. при расщеплении рацемата алкалоидом цинхонином. L-Я. к. выделяют из прир. сырья.

В пром-сти L-Я. к. используют при произ-ве вин, фруктовых вод и кондентерских изделий, как вкусовую добавку и регулятор pH. Я. к. применяют в медицине как составную часть слабительных ср-в и препаратов от хрипоты.

**ЯДЕРНАЯ ХИМИЯ**, устанавливает взаимосвязь между физ.-хим. и ядерными св-вами в-ва. Иногда Я. х. неправильно отождествляют с *радиохимией*.

Можно выделить след. основные направления Я. х.: исследование *ядерных реакций* и хим. последствий ядерных превращений; химия «новых атомов»; эффект Мёссбауэра; поиск новых элементов и радионуклидов, новых видов радиоактивного распада. Для решения этих задач в Я. х. используют радиохим. методы, ионизационные и, в последнее время, масс-спектрометрические, а также применяют толстослойные фотоэмульсии (см. *Эмульсии*).

Важнейшая задача Я. х. – выделение и идентификация радиохим. методами продуктов ядерных р-ций. Особую роль эти методы играют при исследовании ядерных р-ций, в к-рых образуется сложная смесь нуклидов разл. элементов. Для их выделения применяют радиохим. варианты методов осаждения, экстракции, ионообменной хроматографии, электролиза и дистилляции (см. *Изотопов разделение*). Идентифицируют нуклиды по характеру излучения, измерением энергии и периода полураспада (см. *Активационный анализ*) или методом *масс-спектрометрии*. Для этой цели используют многоканальные  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -спектрометры, разл. типы счетчиков. Изучение механизма ядерных превращений позволило понять процессы, протекающие в космосе, происхождение и распространение хим. элементов, объяснить аномалии в изотопном составе разл. природных объектов, получить радиоактивные изотопы почти всех хим. элементов и синтезировать новые элементы периодич. системы, в т. ч. актиноиды и трансактиноиды. Для определения периода полураспада короткоживущих нуклидов ( $T_{1/2} < 1$  мин) используют спец. технику измерения времени жизни нуклида от момента его образования до распада непосредственно на детекторе.

К числу проблем Я. х. относится исследование химии *горячих атомов*, возникающих при разл. ядерных превращениях. Горячие атомы в результате радиоактивного распада имеют избыточную (по сравнению с обычными атомами среды) кинетич. энергию, формально соответствующую т-рам  $10^4$ – $10^7$  К и превышающую энергию активации многих хим. р-ций. При столкновениях с атомами и молекулами среды горячие атомы способны стабилизироваться в соединениях, отличных от исходных (эффект Сидларда – Чалмерса: 1934). Этот эффект и используют в Я. х. для исследования механизма р-ций горячих атомов со средой, синтеза *меченых соединений*, разделения изотопов и др.

Методами Я. х. с использованием «новых атомов», и прежде всего позитрония (Ps) и мюония (Mu), изучают превращения атомов в разл. хим. системах (см. *Мезонная химия*). Атомы Ps и Mu водородоподобны, но крайне неустойчивы. Составляющие Ps электрон и позитрон аннигилируют за время  $10^{-7}$ – $10^{-9}$  с, с испусканием двух или трех  $\gamma$ -квантов. Ядро мюония –  $\mu^+$ -мюон распадается за  $10^{-6}$  с на позитрон и два нейтрона.

Время жизни и механизм гибели Ps, а также остаточная поляризация  $\mu^+$ -мюона в момент его распада сильно зависят от состава и хим. св-в в-ва и существенно различаются в металлах, сплавах, полупроводниках и диэлектриках. Ps и Mu применяют для изучения распределения электронной плотности, структурных особенностей молекул, механизма и кинетики быстрых и сверхбыстрых физ.-хим. процессов, фазовых переходов, диффузии в газах и конденсир. средах.

Для исследования строения электронных оболочек атомов и молекул используют резонансное испускание и поглощение  $\gamma$ -квантов атомными ядрами в твердых телах без потери части энергии на отдачу ядра (см. *Мёссбауэровская спектроскопия*). Измеряя интенсивность прошедшего через поглотитель  $\gamma$ -излучения в зависимости от скорости перемещения источника излучения (или поглотителя), получают мёссбауэровский эффект, характеристиками к-рого являются положение линий, их число, относит. интенсивность, форма и площадь. Зависимость вероятности эффекта Мёссбауэра от т-ры и давления используют для установления координат, чисел, наблюдения фазовых переходов, определения дефектов в кристаллич. решетках, возникающих вследствие радиац. повреждений,

легирования, мех. воздействий. По величинам площадей спектральных линий определяют концентрации исследуемых атомов в образце прификсированной т-ре в анализ. химии и при фазовом анализе в-в в геохимии. По величине хим. сдвига резонансных линий в спектрах устанавливают степень окисления элемента в данном соед., конфигурацию валентных электронных оболочек, степень ковалентности хим. связей.

Создание мессбауэровской спектроскопии – одно из важнейших достижений Я. х., поскольку открывает широкие методич. возможности для структурной и радиационной химии, хим. кинетики, химии поверхностных явлений, геохимии и анализ. химии.

Методы Я. х. с успехом использовались для открытия новых видов распада ядер легких и тяжелых элементов – двухпротонной радиоактивности и распада с испусканием нуклонных кластеров (ядер  $^{14}\text{C}$  и  $^{24}\text{Ne}$ ).

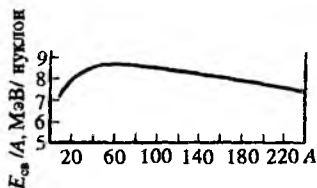
Зарождение Я. х. связано с открытием радиоактивности урана (А. Беккерель, 1896), Th и продуктов его распада – новых, радиоактивных элементов Po и Ra (М. Склодовская-Кюри и П. Кюри, 1898). Дальнейшее развитие Я. х. было определено открытием искусств. ядерного превращения (Э. Резерфорд, 1919), изомерии атомных ядер естеств. радионуклидов (О. Ган, 1921) и изомерии искусств. атомных ядер (И. В. Курчатов и др., 1935), деления ядер U под действием нейтронов (О. Ган, Ф. Штрассман, 1938), спонтанного деления U (Г. Н. Флёрв и К. А. Петржак, 1940). Создание ядерных реакторов (Э. Ферми, 1942) и ускорителей частиц (Дж. Кокрофт и Э. Уолтон, 1932) открыло возможность изучения процессов, происходящих при взаимодействии частиц высокой энергии со сложными ядрами, позволило синтезировать искусств. радионуклиды и новые элементы.

Лит.: Ядерная химия, под ред. В. И. Гольданского, А. К. Лаврухиной, М., 1965; Фридрихер Г., Кениеди Дж., Миллер Дж., Ядерная химия и радиохимия, пер. с англ., М., 1967; Чоплин Г., Ридберг Я., Ядерная химия. Основы теории и применения, пер. с англ., М., 1984. Б. Ф. Мясоедов.

**ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГИЯ**, внутренняя энергия атомного ядра, выделяющаяся при ядерных превращениях. Обусловлена действием внутри атомных ядер сил притяжения между составляющими ядра нуклонами – протонами и нейтронами. Силы притяжения между нуклонами действуют только на очень небольших расстояниях, сопоставимых с размерами ядер ( $10^{-13}$  см). В результате действия ядерных сил при образовании ядер из протонов  $p$  и нейтронов  $n$  выделяется большое кол-во энергии, подобно тому, как при хим. р-циях выделяется энергия, соответствующая энергии возникающих хим. связей между атомами.

Полная энергия, высвобождающаяся при образовании ядра из нуклонов (она равна энергии связи ядра  $E_{\text{св}}$ , см. Ядро атомное) отвечает дефекту массы, т. е. уменьшению массы образовавшегося ядра по сравнению с общей исходной массой составляющих его протонов и нейтронов. Так, при образовании ядра  $^4\text{He}$  из двух протонов и двух нейтронов дефект массы равен ок. 0,0293 а. е. м. и эквивалентен выделению ок. 28 МэВ. Отношение энергии связи к числу составляющих ядро нуклонов  $E_{\text{св}}/A$ , где  $A$  – массовое число, наз. уд. энергией связи ядра.

Быстрое уменьшение сил ядерного притяжения между нуклонами с ростом расстояния приводит к слабой зависимости уд. энергии связи от массового числа ядра (рис.). У легких ядер уд. энергия связи невелика (ок. 7 МэВ/нуклон в случае  $^4\text{He}$ ). С ростом  $A$  число соседей у каждого нуклона возрастает, и растет значение  $E_{\text{св}}/A$ . Оно достигает максимума при



Зависимость удельной энергии связи ядра от массового числа.

$A = 50-60$  (так, у ядер  $^{56}\text{Fe}$   $E_{\text{св}}/A$  8,5 МэВ/нуклон), а затем вновь убывает. Снижение уд. энергии связи с ростом  $A$  происходит довольно медленно, у ядер  $^{238}\text{U}$   $E_{\text{св}}/A = 7,4$  МэВ/нуклон. Из этой зависимости следует, что экзотермич. являются р-ции ядерного синтеза (образование легких ядер из легчайших) и р-ции деления тяжелых ядер, а также спонтанный  $\alpha$ -распад.

Энергия, освобождающаяся при образовании ядер из протонов и нейтронов в расчете на 1 моль, примерно в  $10^9$  раз больше, чем энергия, к-рая выделяется при хим. р-циях. Однако точно так же, как при проведении хим. р-ций обычно не удается освободить всю энергию, отвечающую энергии хим. связей атомов в образующихся соединениях, так и при проведении ядерных превращений выделяется энергия, значительно меньшая, чем Я. э., отвечающая всей энергии связи нуклонов в ядрах. Исключение составляют только процессы синтеза легких ядер ( $^4\text{He}$  и др.), имеющие место, напр., в звездном в-ве. Так, по совр. представлениям, энергия Солнца обусловлена выделением энергии связи нуклонов в ядрах  $^4\text{He}$ , к-рые образуются в недрах Солнца из протонов и нейтронов в результате цикла последоват. превращений.

В земных условиях освободить и использовать Я. э. удастся в двух процессах. Во-первых, при термоядерном синтезе, т. е. при синтезе ядер сравнительно легких элементов из еще более легких ядер, у к-рых энергия связи меньше. Примером такого процесса служит ядерная р-ция с участием двух ядер дейтерия, приводящая к образованию ядра  $^3\text{He}$  и выделению нейтрона. Во-вторых, высвобождение Я. э. наблюдается при делении тяжелых ядер ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и др.) на два осколка – ядра элементов середины периодич. системы элементов, у к-рых энергия связи больше, чем у тяжелых ядер.

Первый способ реализован пока только в неуправляемом термоядерном взрыве т. наз. водородной бомбы. Попытки реализовать управляемый термоядерный синтез и в результате получить Я. э. в регулируемых условиях до сих пор к успеху не привели. Второй способ получения Я. э. осуществляется как при неуправляемом взрыве ядерного боеприпаса, так и благодаря управляемой ядерной цепной р-ции деления в ядерном реакторе (используется, как правило,  $^{235}\text{U}$  или  $^{239}\text{Pu}$ ). Во всех этих случаях удается освободить гл. обр. в виде тепловой энергии менее 10% общей энергии связи, отвечающей участвующим в превращениях ядрам. Тем не менее, Я. э., освобождающаяся в расчете на 1 моль подвергнувшегося превращению в-ва, в  $10^6-10^7$  раз превышает энергию, к-рую можно получить при проведении хим. превращения с 1 молем реагента (напр., при сжигании 1 моля углерода).

В ядерных превращениях Я. э. освобождается в виде кинетич. энергии частиц (новых синтезированных ядер, осколков деления и др.), движущихся с огромными скоростями, а также в виде жесткого электромагн. излучения (рентгеновского и  $\gamma$ ). Торможение частиц сопровождается переходом кинетич. энергии гл. обр. в тепловую.

В литературе, особенно издававшейся в 40–50-е гг. 20 в., часто вместо термина «Я. э.» использовали термин «атомная энергия», что не вполне оправдано, т. к. речь идет именно об энергии, заключенной внутри ядра.

Лит.: Физические величины. Справочник, М., 1991. С. С. Бердосов.

**ЯДЕРНОЕ ГОРЮЧЕЕ** (ядерное топливо), в-во, в к-ром протекают ядерные реакции с выделением полезной энергии. Различают делящиеся в-ва и термоядерное горючее.

Делящиеся в-ва (делящиеся материалы) содержат нуклиды, способные к ядерной цепной р-ции деления; чаще всего это  $^{235}\text{U}$  или  $^{239}\text{Pu}$ , также м. б. использованы  $^{233}\text{U}$  или  $^{241}\text{Pu}$ . Кроме того, в делящихся в-вах присутствуют  $^{238}\text{U}$  или  $^{232}\text{Th}$ , к-рые сами по себе не способны к самопроизвольной цепной р-ции деления, однако в результате ядерных превращений под действием нейтронов м. б. превращены в нуклиды, способные к такому делению, т. е. в  $^{233}\text{U}$  и  $^{239}\text{Pu}$  (см. Фертильные материалы).

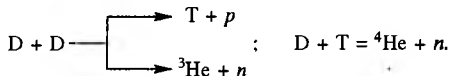
Нуклиды  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$  – природные в-ва,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Pu}$  – искусственные (см. Радионуклиды). Входящий в состав делящихся материалов  $^{235}\text{U}$  – первичное Я. г., это един-



ственный из природных делящихся нуклидов. Его содержание в природном уране 0,7200%;  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{233}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$  – вторичное Я. г.

В р-ции деления Я. г. выделяется ок. 180 МэВ на один акт деления и испускается неск. нейтронов (в ср. 2,5 для  $^{233}\text{U}$  и  $^{235}\text{U}$ , 2,9 для  $^{239}\text{Pu}$  и 3,1 для  $^{241}\text{Pu}$ ). Из них 1 нейтрон необходим для поддержания цепной р-ции, остающиеся 1 или 2 (реже 3) нейтрона м. б. использованы на воспроизведение сгоревшего и расширенное воспроизводство Я. г. в виде  $^{233}\text{U}$  и  $^{239}\text{Pu}$ . По хим. составу Я. г. может быть металлическим (в т. ч. из сплавов), оксидным, карбидным, нитридным и др. Оно должно содержать возможно меньше кол-во нуклидов, ядра к-рых легко захватывают нейтроны и не способны к р-циям деления (т. наз. реакторные яды), быть совместимым с оболочкой тепловыделяющих элементов, обладать высокой т-рой плавления, низкой летучестью, большой теплопроводностью, слабым взаимодействием с теплоносителями, минимальным растрескиванием и увеличением объема при облучении (радиационное распухание), технологичностью в изготовлении свежего топлива и переработке отработавшего. В пром. масштабах в качестве делящегося в-ва в ядерном топливном цикле применяют  $^{235}\text{U}$  и  $^{239}\text{Pu}$ . Тепловорная способность делящихся материалов почти в  $2 \cdot 10^6$  раз выше, чем у бензина, энергетич. ресурсы разведанных запасов делящихся материалов составляют, по оценке, до  $10^{19}$  МДж.

К термоядерному горючему относят дейтерий D, тритий T и  $^6\text{Li}$  (см. Литий). Первичным Я. г. этого типа является дейтерий.  $^6\text{Li}$  служит сырьем для получения вторичного термоядерного горючего – трития – по р-ции  $^6\text{Li}(n, \alpha)\text{T}$  при облучении природного Li (75,2%  $^6\text{Li}$ ). В качестве термоядерного горючего используют дейтерий в смеси с тритием и  $^6\text{Li}$  (в форме LiD и LiT). При осуществлении ядерных р-ций синтеза в горючем протекают р-ции:



Выделяющиеся нейтроны поглощаются ядрами  $^6\text{Li}$ , при этом образуется дополнительный кол-во трития по р-ции  $^6\text{Li} + n = \text{T} + \text{}^4\text{He}$ . Тритий вступает в р-цию с дейтерием, вновь возникают нейтроны, способные взаимодействовать с  $^6\text{Li}$ , и т. д. Тепловорная способность термоядерного горючего в 5–6 раз выше, чем у делящихся материалов. Запасы дейтерия в гидросфере составляют порядка  $10^{13}$  т, а его энергетич. ресурсы – св.  $10^{25}$  МДж. В наст. время практически осуществляются только неуправляемые р-ции (взрыв), широко ведется поиск методов осуществления управляемой термоядерной р-ции, позволяющей в принципе обеспечить человечество энергией практически на неограниченный срок. С. А. Кабакин.

**ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ**, превращения атомных ядер при взаимодействии с др. ядрами, элементарными частицами или  $\gamma$ -квантами. Такое определение разграничивает собственно Я. р. и процессы самопроизвольного превращения ядер при радиоактивном распаде (см. Радиоактивность), хотя в обоих случаях речь идет об образовании новых ядер.

Я. р. осуществляют под действием налетающих, или бомбардирующих, частиц (нейтроны  $n$ , протоны  $p$ , дейтроны  $d$ , электроны  $e$ , ядра атомов разл. элементов) либо  $\gamma$ -квантов, к-рыми облучают более тяжелые ядра, содержащиеся в мишени. По энергиям бомбардирующих частиц условно различают Я. р. при низких (< 1 МэВ), средних (1–100 МэВ) и высоких (> 100 МэВ) энергиях. Разграничивают р-ции на легких ядрах (массовое число ядра мишени  $A < 50$ ), ядрах ср. массы ( $50 < A < 100$ ) и тяжелых ядрах ( $A > 100$ ).

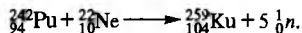
Я. р. может произойти, если две участвующие в ней частицы сближаются на расстояние, меньшее диаметра ядра (ок.  $10^{-13}$  см), т. е. на расстояние, при к-ром действуют силы внутриядерного взаимодействия между составляющими ядра нуклонами. Если обе участвующие в Я. р. частицы – и бомбардирующая, и ядро мишени – заряжены положительно, то сближению частиц препятствует сила отталкивания двух положительных зарядов, и бомбардирующая частица должна преодолеть

т. наз. кулоновский потенциальный барьер. Высота этого барьера зависит от заряда бомбардирующей частицы и заряда ядра мишени. Для ядер, отвечающих атомам со ср. значениями атомного номера, и бомбардирующих частиц с зарядом +1, высота барьера составляет ок. 10 МэВ. В случае, если в Я. р. участвуют частицы, не обладающие зарядом (нейтроны), кулоновский потенциальный барьер отсутствует, и Я. р. могут протекать с участием частиц, имеющих тепловую энергию (т. е. энергию, отвечающую тепловым колебаниям атомов).

Обсуждается возможность протекания Я. р. не в результате бомбардировки ядер мишени налетающими частицами, а за счет сверхсильного сближения ядер (т. е. сближения на расстоянии, сопоставимые с диаметром ядра), находящихся в твердой матрице или на поверхности твердого тела (напр., с участием ядер атомов газа дейтерия, растворенного в палладии); пока (1995) надежных данных об осуществлении таких Я. р. («холодного термоядерного синтеза») нет.

Я. р. подчиняются тем же общим законам природы, что и обычные хим. р-ции (закон сохранения массы и энергии, сохранения заряда, импульса). Кроме того, при протекании Я. р. действуют и некие специфич. законы, не проявляющиеся в хим. р-циях, напр., закон сохранения барионного заряда (барионы – тяжелые элементарные частицы).

Записывать Я. р. можно так, как это показано на примере превращения ядер Pu в ядра Cu при облучении плутониевой мишени ядрами неона:



Из этой записи видно, что суммы зарядов слева и справа ( $94 + 10 = 104$ ) и суммы массовых чисел ( $242 + 22 = 259 + 5$ ) равны между собой. Т. к. символ хим. элемента однозначно указывает на его ат. номер (заряд ядра), то при записи Я. р. значения заряда частиц обычно не указывают. Чаще Я. р. записывают короче. Так, Я. р. образования радионуклида  $^{14}\text{C}$  при облучении ядер  $^{14}\text{N}$  нейтронами записывают след. образом:  $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$ .

В скобках указывают сначала бомбардирующую частицу или  $\gamma$ -квант, затем, через запятую, образующиеся легкие частицы или  $\gamma$ -квант. В соответствии с таким способом записи различают  $(n, p)$ ,  $(d, p)$ ,  $(n, 2n)$  и др. Я. р.

При столкновении одних и тех же частиц Я. р. могут идти разл. способами. Напр., при облучении алюминиевой мишени нейтронами могут протекать след. Я. р.:  $^{27}\text{Al}(n, \gamma)^{28}\text{Al}$ ,  $^{27}\text{Al}(n, n)^{27}\text{Al}$ ,  $^{27}\text{Al}(n, 2n)^{26}\text{Al}$ ,  $^{27}\text{Al}(n, p)^{27}\text{Mg}$ ,  $^{27}\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$  и др. Совокупность сталкивающихся частиц наз. входным каналом Я. р., а частицы, рождающиеся в результате Я. р., образуют выходной канал.

Я. р. могут протекать с выделением и поглощением энергии Q. Если в общем виде записать Я. р. как  $A(a, b)B$ , то для такой Я. р. энергия равна:  $Q = [(M_A + M_a) - (M_B + M_b)] \cdot c^2$ , где  $M$  – массы участвующих в Я. р. частиц;  $c$  – скорость света. На практике удобнее пользоваться значениями дефектов масс  $\Delta M$  (см. Ядро атомное), тогда выражение для вычисления Q имеет вид:  $Q = (\Delta M_A + \Delta M_a) - (\Delta M_B + \Delta M_b)$ , причем из соображений удобства  $\Delta M$  обычно выражают в килоэлектронвольтах (кэВ, 1 а. е. м. = 931501,59 кэВ =  $1,492443 \cdot 10^{-7}$  кДж).

Изменение энергии, к-рым сопровождается Я. р., может в  $10^6$  раз и более превышать энергию, выделяющуюся или поглощающуюся при хим. р-циях. Поэтому при Я. р. становится заметным изменение масс взаимодействующих ядер: выделяемая или поглощаемая энергия равна разности сумм масс частиц до и после Я. р. Возможность выделения огромных кол-в энергии при осуществлении Я. р. лежит в основе ядерной энергетики (см. Ядерная энергия). Исследование соотношений между энергиями частиц, участвующих в Я. р., а также соотношений между углами, под к-рыми происходит разлет образующихся частиц, составляет раздел ядерной физики – кинематику ядерных р-ций.

**Механизмы Я. р.** Характер взаимодействия налетающей частицы с ядром мишени зависит от индивидуальных св-в взаимодей-

ствующих частиц и энергии налетающей частицы. Налетающая частица может войти в ядро мишени и вылететь из него, лишь изменив свою траекторию. Это явление наз. упругим взаимодействием (или упругим рассеянием). В приведенном выше примере с участием ядер  $^{27}\text{Al}$  ему отвечает Я. р.  $^{27}\text{Al}(n, n)^{27}\text{Al}$ . Нуклон бомбардирующей частицы, попав в ядро, может столкнуться с нуклоном ядра. Если при этом энергия одного или обоих нуклонов окажется больше, чем энергия, нужная для вылета из ядра, то они оба (или хотя бы один из них) покинут ядро. Это — т. наз. прямой процесс. Время, за к-рое он протекает, соответствует времени, за к-рое бомбардирующая частица проходит через пространство, занимаемое ядром мишени. По оценке, оно равно ок.  $10^{-22}$  с. Прямой процесс возможен при высоких энергиях бомбардирующей частицы.

При средних и невысоких энергиях бомбардирующей частицы ее избыточная энергия перераспределяется между многими нуклонами ядра. Происходит это за время  $10^{-15}$ – $10^{-16}$  с. Это время отвечает времени жизни т. наз. составного ядра — ядерной системы, образующейся в ходе Я. р. в результате слияния налетающей частицы с ядром-мишенью. За этот период избыточная энергия, полученная составным ядром от налетевшей частицы, перераспределяется. Она может сконцентрироваться на одном или неск. нуклонах, входящих в составное ядро. В результате составное ядро испускает, напр., нейтрон  $d$ , тритон  $t$  или  $\alpha$ -частицу.

Если же энергия, привнесенная в составное ядро налетающей частицей, оказалась меньше высоты потенциального барьера, к-рый должна преодолеть вылетающая из составного ядра легкая частица, то в этом случае составное ядро испускает  $\gamma$ -квант (радиационный захват). В результате распада составного ядра образуется относительно тяжелое новое ядро, к-рое может оказаться как в основном, так и в возбужденном состоянии. В последнем случае будет происходить постепенный переход возбужденного ядра в основное состояние.

**Эффективное сечение Я. р.** В отличие от большинства хим. р-ций, при к-рых исходные в-ва, взятые в стехиометрич. кол-вах, реагируют между собой нацело, Я. р. вызывает только небольшая доля из всех бомбардирующих частиц, упавших на мишень. Это объясняется тем, что ядро занимает ничтожно малую часть объема атома, так что вероятность встречи налетающей частицы, проходящей через мишень, с ядром атома очень мала. Кулоновский потенциальный барьер между налетающей частицей и ядром (при их одинаковом заряде) также препятствует Я. р. Для количеств. характеристики вероятности протекания Я. р. используют понятие эффективного сечения  $\sigma$ . Оно характеризует вероятность перехода двух сталкивающихся частиц в определенное конечное состояние и равно отношению числа таких переходов в единицу времени к числу бомбардирующих частиц, проходящих в единицу времени через единичную площадку, перпендикулярную направлению их движения. Эффективное сечение имеет размерность площади и по порядку величины сопоставимо с площадью поперечного сечения атомных ядер (ок.  $10^{-28}$  м<sup>2</sup>). Ранее использовалась внесистемная единица эффективного сечения — барн (1 барн =  $10^{-28}$  м<sup>2</sup>).

Реальные значения  $\sigma$  для различных Я. р. изменяются в широких пределах (от  $10^{-49}$  до  $10^{-22}$  м<sup>2</sup>). Значение  $\sigma$  зависит от природы бомбардирующей частицы, ее энергии, и, в особенно большой степени, от св-в облучаемого ядра. В случае облучения ядер нейтронами при варьировании энергии нейтронов можно наблюдать т. наз. резонансный захват нейтронов, к-рый характеризуется резонансным сечением. Резонансный захват наблюдается, когда кинетич. энергия нейтрона близка к энергии одного из стационарных состояний составного ядра. Сечение, отвечающее резонансному захвату бомбардирующей частицы, может на неск. порядков превышать нерезонансное сечение.

Если бомбардирующая частица способна вызывать протекание Я. р. по нескольким каналам, то сумму эффективных сечений разных процессов, происходящих с данным облучаемым ядром, часто называют полным сечением.

Эффективные сечения Я. р. для ядер разл. изотопов к.-л. элемента часто сильно различаются между собой. Поэтому при использовании смеси изотопов для осуществления Я. р. нужно учитывать эффективные сечения для каждого нуклида с учетом его распространенности в смеси изотопов.

**Выходы Я. р.**, т. е. отношение числа актов Я. р. к числу частиц, упавших на единицу площади (1 см<sup>2</sup>) мишени, обычно не превышают  $10^{-6}$ – $10^{-3}$ . Для тонких мишеней (упрощенно тонкой можно назвать мишень, при прохождении через к-рую поток бомбардирующих частиц заметно не ослабевает) выход Я. р. пропорционален числу частиц, попадающих на 1 см<sup>2</sup> поверхности мишени, числу ядер, содержащихся в 1 см<sup>2</sup> мишени, а также значению эффективного сечения Я. р. Даже при использовании такого мощного источника налетающих частиц, каким является ядерный реактор, в течение 1 ч удается, как правило, получить при осуществлении Я. р. под действием нейтронов не более неск. мг атомов, содержащих новые ядра. Обычно же масса в-ва, полученного в той или иной Я. р., значительно меньше.

**Бомбардирующие частицы.** Для осуществления Я. р. используют нейтроны  $n$ , протоны  $p$ , дейтроны  $d$ , тритоны  $t$ ,  $\alpha$ -частицы, тяжелые ионы ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{40}\text{Ar}$  и др.), электроны  $e$  и  $\gamma$ -кванты. Источниками нейтронов (см. *Нейтронные источники*) при проведении Я. р. служат: смеси металлич. в-в и подходящего  $\alpha$ -излучателя, напр.  $^{226}\text{Ra}$  (т. наз. ампульные источники), нейтронные генераторы, ядерные реакторы. Т. к. в большинстве случаев  $\sigma$  Я. р. выше для нейтронов с малыми энергиями (тепловые нейтроны), то перед тем, как направить поток нейтронов на мишень, их обычно замедляют, используя парафин, графит и др. материалы. В случае медленных нейтронов осн. процесс почти для всех ядер — радиационный захват — Я. р. типа  $(n, \gamma)$ , т. к. кулоновский барьер ядра препятствует вылету протонов и  $\alpha$ -частиц. Под действием нейтронов протекают ценные р-ции деления.

В случае использования в качестве бомбардирующих частиц протонов, дейтронов и др., несущих положительн. заряд, бомбардирующую частицу ускоряют до высоких энергий (от десятков МэВ до сотен ГэВ), используя разл. ускорители. Это необходимо для того, чтобы заряженная частица могла преодолеть кулоновский потенциальный барьер и попасть в облучаемое ядро. При облучении мишеней положительно заряженными частицами наиб. выходы Я. р. достигаются при использовании дейтронов. Связано это с тем, что энергия связи протона и нейтрона в дейтроне относительно мала, и соотв., велико расстояние между протоном и нейтроном.

При использовании в качестве бомбардирующих частиц дейтронов в облучаемое ядро часто проникает только один нуклон — протон или нейтрон, второй нуклон ядра дейтрона летит дальше, обычно в том же направлении, что и налетающая дейтрон. Высокие эффективные сечения могут достигаться при проведении Я. р. между дейтронами и легкими ядрами при сравнительно низких энергиях налетающих частиц (1–10 МэВ). Поэтому Я. р. с участием дейтронов можно осуществить не только при использовании ускоренных на ускорителе дейтронов, но и путем нагревания смеси взаимодействующих ядер до т-ры ок.  $10^7$  К. Такие Я. р. называют термоядерными. В природных условиях они протекают лишь в недрах звезд. На Земле термоядерные р-ции с участием дейтерия, дейтерия и трития, дейтерия и лития и др. осуществлены при взрывах термоядерных (водородных) бомб.

Для  $\alpha$ -частиц кулоновский барьер у тяжелых ядер достигает ~ 25 МэВ. Равновероятны Я. р.  $(\alpha, n)$  и  $(\alpha, p)$ . Продукты Я. р.  $(\alpha, n)$  обычно  $\beta$ -радиоактивны, для Я. р.  $(\alpha, p)$  — обычно стабильные ядра.

Для синтеза новых сверхтяжелых хим. элементов (с ат. н. больше 100) важное значение имеют Я. р., протекающие с участием ускоренных на ускорителях тяжелых ионов ( $^{22}\text{Ne}$ ,  $^{40}\text{Ar}$  и др.). Напр., по Я. р.  $^{208}\text{Pb}(^{48}\text{Ar}, 2n)^{254}\text{Fm}$  м. б. осуществлен синтез фермия. Для Я. р. с тяжелыми ионами характерно большое число выходных каналов. Напр., при бомбардировке ядер  $^{232}\text{Th}$  ионами  $^{40}\text{Ar}$  образуются ядра Ca, Ar, S, Si, Mg, Ne.

Для осуществления Я. р. под действием  $\gamma$ -квантов пригодны  $\gamma$ -кванты высоких энергий (десятки МэВ).  $\gamma$ -Кванты с мень-

шими энергиями испытывают на ядрах только упругое рассеяние. Протекающие под действием налетающих  $\gamma$ -квантов Я.р. называют фотоядерными,  $\sigma$  этих р-ций достигают  $10^{-30}$  м<sup>2</sup>.

Хотя электроны имеют заряд, противоположный заряду ядер, проникновение электронов в ядро возможно только в тех случаях, когда для облучения ядер используют электроны, энергия к-рых превышает десятки МэВ. Для получения таких электронов применяют бетатроны и др. ускорители.

Исследования Я.р. дают разнообразную информацию о внутр. строении ядер. Я.р. с участием нейтронов позволяют получать огромное кол-во энергии в ядерных реакторах. В результате Я.р. деления под действием нейтронов образуется большое число разл. радионуклидов, к-рые можно использовать, в частности в химии, как *изотопные индикаторы*. В ряде случаев Я.р. позволяют получать меченые соединения. Я.р. лежат в основе *активационного анализа*. С помощью Я.р. осуществлен синтез искусственных хим. элементов (технеция, прометия, трансурановых элементов, трансактиноидов).

Лит.: Давыдов А. С., Теория атомного ядра, М., 1958; Мухин К. Н., Введение в ядерную физику, 2 изд., 1965; Вильдермут К., Тан Я., Единая теория ядра, пер. с англ., М., 1980.

С. С. Бердосов.

**ЯДЕРНЫЙ КВАДРУПОЛЬНЫЙ РЕЗОНАНС (ЯКР)**, явление резонансного поглощения или излучения радиочастотной электромагн. энергии в-вом, обусловленное зависимостью частоты энергии электр. электронно-ядерных взаимодейств. от взаимной ориентации сферически несимметричных распределений зарядов атомного ядра и электронных оболочек.

В силу квантовых причин изменение ориентации атомного ядра относительно окружающих его электронов и зарядов имеет дискретный характер, что вызывает появление системы уровней энергии, между к-рыми возможны переходы с частотой  $\nu_Q$ . Стимулирование переходов  $\nu_Q$  при наблюдении ЯКР происходит при наложении на образец переменных электр. или магн. полей. Мерой отклонения зарядового распределения атомного ядра от сферич. симметрии является его электр. квадрупольный момент  $eQ$  (ядерная константа). Неоднородность электр. поля, создаваемого электронами атомов и молекул в месте расположения атомного ядра, определяется тензором градиента напряженности электр. поля (ГЭП)  $eq_{ij}$ . Из экспериментально наблюдаемых спектров ЯКР можно определить константу ядерного квадрупольного взаимодействия  $e^2Qq_{zz}$  ( $e$  — элементарный электр. заряд) и параметр асимметрии  $\eta = |(q_{xx} - q_{yy})/q_{zz}|$ , где  $|q_{zz}| > |q_{yy}| \geq |q_{xx}|$ . Направление оси  $z$  совпадает с направлением оси квантования ориентации атомного ядра.

Сведения о  $e^2Qq_{zz}$  м.б. получены из данных ЭПР, ЯМР мессбауэровской спектроскопии, а также микроволновой и оптич. спектроскопии. Наиб. точные измерения производятся с помощью спектроскопии ЯКР в отсутствие внеш. постоянных электр. и магн. полей в твердых телах (кристаллы, стекла, аморфные твердые тела, включая полимеры). Все изменения ГЭП происходят за счет электр. вкладов, основными по величине из к-рых являются вклад валентных электронов и поляризация замкнутых оболочек атомного остова; вклад, меньший и сильно зависящий от природы внутри- и межмол. взаимодейств., вносят заряды, расположенные за пределами атомного радиуса.

Эксперименты с наложением внеш. постоянного магн. поля позволяют найти  $\eta$  и направление макс. компоненты ГЭП ( $e^2Qq_{zz}$ ), т.е. направление оси квантования, совпадающее с направлением оси простой хим. связи. Возможно также решение обратной задачи: по зсмановским расщеплениям в спектрах ЯКР определить величину и направление локального магн. поля.

Сопоставление  $e^2Qq_{zz}$  и  $\eta$  в ряду однотипных соед. дает возможность определить особенности относит. электронно-ядерных движений при межконфигурационных переходах.

Наложение внеш. постоянного электр. поля напряженности  $E_z$  позволяет определить полевые постоянные частот ЯКР  $\partial\nu_Q/\partial E_z$ , пропорциональные атомной поляризуемости. Сопоставление  $\nu_Q$  и  $\partial\nu_Q/\partial E_z$  в рядах однотипных соед. позволяет найти значения напряженности электр. полей.

Основные спектральные параметры ЯКР: частота  $\nu_Q$ , ширина линии  $\Delta\nu$ , времена квадрупольной спин-решеточной ( $T_1$ ) и спин-спиновой релаксации ( $T_2$ ). Диапазон наблюдаемых изменений  $\nu_Q$  для разл. элементов и типов связи 0,1–1000 МГц. Диапазон изменений  $\Delta\nu$  для мол. кристаллов и аморфных тел с ван-дер-ваальсовыми межмол. взаимодейств. 0,001–2% от  $\nu_Q$ , что обусловлено статистич. разбросом ГЭП и свидетельствует о степени структурной упорядоченности в-ва. Диапазоны изменений времени релаксации — от неск. микросекунд до секунд ( $T_2$ ) и часов ( $T_1$ ) в зависимости от т-ры и характера тепловых движений молекул и их фрагментов.

ЯКР используют для изучения внутри- и межмол. взаимодействий. Исследование закономерностей взаимного влияния атомов в соед. переходных и непереходных элементов дает сведения о пространств. структуре молекул, их электронном строении, распределении внутримол. электр. полей и связи этих характеристик с реакционной способностью. При исследовании межмол. взаимодейств. получают сведения о распределении электростатич. полей в кристаллах, неупорядоченных твердых телах и твердых р-рах. Изучение твердых р-ров дает сведения о закономерностях распределения примесей, симметрии их расположения и природе межмол. взаимодействий. ЯКР позволяет изучать природу внутри- и межмол. координации, включая закономерности комплексобразования. По спектрам ЯКР полимеров получают сведения о взаимном расположении атомов в макромолекуле, их упорядоченности и подвижности. ЯКР используют для изучения сегнетоэлектриков, ферромагнетиков, сверхпроводников, полупроводников и т.п.

Лит.: Семин Г. К., Бабушкина Т. А., Якобсон Г. Г., Применение ядерного квадрупольного резонанса в химии, Л., 1972; Гречишкин В. С., Первые квадрупольные взаимодействия в твердых телах, М., 1973; Сафий И. А., Осоки Д. Я., Ядерный квадрупольный резонанс в соединениях азота, М., 1977.

Г. К. Семин.

**ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС (ЯМР)**, явление резонансного поглощения радиочастотной электромагн. энергии в-вом с ненулевыми магн. моментами ядер, находящимся во внеш. постоянном магн. поле. Ненулевым ядерным магн. моментом обладают ядра  $^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{N}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{29}\text{Si}$ ,  $^{31}\text{P}$  и др. ЯМР обычно наблюдается в однородном постоянном магн. поле  $B_0$ , на к-рое накладывается слабое радиочастотное поле  $B_1$ , перпендикулярное полю  $B_0$ . Для в-в, у к-рых ядерный спин  $I = 1/2$  ( $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{19}\text{F}$ ,  $^{29}\text{Si}$ ,  $^{31}\text{P}$  и др.), в поле  $B_0$  возможны две ориентации магн. дипольного момента ядра  $\mu$ : «по полю» и «против поля». Возникающие два уровня энергии  $E$  за счет взаимод. магн. момента ядра с полем  $B_0$  разделены интервалом  $\Delta E = 2\mu B_0$ .

При условии, что  $h\nu_0 = \Delta E$ , или  $\omega_0 = \gamma B_0$ , где  $h$  — постоянная Планка,  $\nu_0$  — частота радиочастотного поля  $B_1$ ,  $\omega_0$  — круговая частота,  $\gamma$  — т. наз. гиромагн. отношение ядра, наблюдается резонансное поглощение энергии поля  $B_1$ , названное ЯМР. Для нуклидов  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$  частоты ЯМР в поле  $B_0 = 11,7$  Тл равны соотв. (в МГц): 500, 160,42 и 202,4; значения  $\gamma$  (в МГц/Тл): 42,58, 10,68 и 17,24. Согласно квантовой модели в поле  $B_0$  возникает  $2I + 1$  уровней энергии, переходы между к-рыми разрешены при  $|\Delta m| = 1$ , где  $m$  — магн. квантовое число.

Техника эксперимента. Параметры спектров ЯМР. На явлении ЯМР основана спектроскопия ЯМР. Спектры ЯМР регистрируют с помощью радиоспектрометров (рис.). Образец исследуемого в-ва помещают как сердечник в катушку генерирующего контура (поле  $B_1$ ), расположенного в зазоре магнита, создающего поле  $B_0$  так, что  $B_1 \perp B_0$ . При  $\nu_0 = \omega_0$  наступает резонансное поглощение, что вызывает падение напряжения на контуре, в схему к-рого включена катушка с образцом. Падение напряжения детектируется, усиливается и подается на развертку осциллографа или записывающее устройство. В совр. радиоспектрометрах ЯМР обычно используют магн. поля напряженностью 1–12 Тл. Область спектра, в к-рой имеется детектируемый сигнал с одним или неск. максимумами, наз. линией поглощения ЯМР. Ширина наблюдаемой линии, измеренная на половине макс. интенсивности и выраженная в Гц, наз. шириной линии

ЯМР. Разрешение спектра ЯМР – миним. ширина линии ЯМР, к-рую позволяет наблюдать данный спектрометр. Скорость прохождения – скорость (в Гц/с), с к-рой изменяется напряженность магн. поля или частота воздействующего на образец радиочастотного излучения при получении спектра ЯМР.

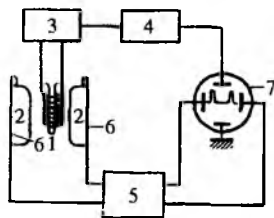


Схема спектрометра ЯМР: 1 – катушка с образцом; 2 – полюса магнита; 3 – генератор радиочастотного поля; 4 – усилитель и детектор; 5 – генератор модулирующего напряжения; 6 – катушка модуляции поля  $B_0$ ; 7 – осциллограф.

Поглощенную энергию система перераспределяет внутри себя (т. наз. спин-спиновая, или поперечная релаксация; характеристич. время  $T_2$ ) и отдает в окружающую среду (спин-решеточная релаксация, время релаксации  $T_1$ ). Времена  $T_1$  и  $T_2$  несут информацию о межъядерных расстояниях и временах корреляции разл. мол. движений. Измерения зависимости  $T_1$  и  $T_2$  от т-ры и частоты  $\nu_0$  дают информацию о характере теплового движения, хим. равновесиях, фазовых переходах и др. В твердых телах с жесткой решеткой  $T_2 = 10$  мкс, а  $T_1 > 10^3$  с, т. к. регулярный механизм спин-решеточной релаксации отсутствует и релаксация обусловлена парамагн. примесями. Из-за малости  $T_2$  естественная ширина линии ЯМР весьма велика (десятки кГц), их регистрация – область ЯМР широких линий. В жидкостях малой вязкости  $T_1 \approx T_2$  и измеряется секундами. Соотв. линии ЯМР имеют ширину порядка  $10^{-1}$  Гц (ЯМР высокого разрешения). Для неискаженного воспроизведения формы линии надо проходить через линию шириной 0,1 Гц в течение 100 с. Это накладывает существенные ограничения на чувствительность спектрометров ЯМР.

Основной параметр спектра ЯМР – хим. сдвиг – взятое с соответствующим знаком отношение разности частот наблюдаемого сигнала ЯМР и некоего условно выбранного эталонного сигнала к-л. стандарта к частоте эталонного сигнала (выражается в миллионных долях, м. д.). Хим. сдвиги ЯМР измеряют в безразмерных величинах  $\delta_i$ , отсчитанных от пика эталонного сигнала. Если стандарт дает сигнал на частоте  $\nu_0$ , то  $\delta_i = (\nu_i - \nu_0)/\nu_0$ . В зависимости от природы исследуемых ядер различают протонный ЯМР, или ПМР, и ЯМР  $^{13}\text{C}$  (таблицы величин хим. сдвигов приведены на форзацах тома). ЯМР  $^{19}\text{F}$  (см. *Фторорганические соединения*), ЯМР  $^{31}\text{P}$  (см. *Фосфорорганические соединения*) и т. д. Величины  $\delta$  обладают существенной характеристичностью и позволяют определять по спектрам ЯМР наличие определенных мол. фрагментов. Соответствующие данные о хим. сдвигах разл. ядер публикуются в справочных и учебных пособиях, а также заносятся в базы данных, к-рыми снабжаются совр. спектрометры ЯМР. В рядах близких по строению соединений хим. сдвиг прямо пропорционален электронной плотности на соответствующих ядрах.

Общепринятый стандарт для ПМР и ЯМР  $^{13}\text{C}$  – тетраметилсилан (ТМС). Стандарт м. б. растворен в исследуемом р-ре (внутр. эталон) или помещен, напр., в запаянный капилляр, находящийся внутри ампулы с образцом (внеш. эталон). В качестве р-рителей могут использоваться лишь такие, чье собственное поглощение не перекрывается с областью, представляющей интерес для исследования. Для ПМР лучшие р-рители – те, что не содержат протонов ( $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CDCl}_3$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{D}_2\text{O}$  и др.).

В многоатомных молекулах ядра одинаковых атомов, занимающих химически неэквивалентные положения, имеют различные хим. сдвиги, обусловленные различием магн. экранирования ядер валентными электронами (такие ядра наз. анизохронными). Для  $i$ -го ядра  $\nu_i = \nu_0(1 - \sigma_i)$ , где  $\sigma$  – постоянная диамагн. экранирования, измеряемая в м. д. Для прото-

нов типичный интервал изменений  $\sigma$  – до 20 м. д., для более тяжелых ядер эти интервалы на 2–3 порядка больше.

Важный параметр спектров ЯМР – константа спин-спинового взаимод. (константа ССВ) – мера напряж-ти ССВ между разл. магн. ядрами одной молекулы (см. *Спин-спиновое взаимодействие*); выражается в Гц.

Взаимод. ядерных спинов со спинами электронов, содержащимися в молекуле между ядрами  $i$  и  $j$ , приводит к взаимной ориентации этих ядер в поле  $B_0$  (ССВ). При достаточном разрешении ( $[\Delta(\nu_{ij}) < 10^{-7}]$  ССВ приводит к дополнит. мультиплетности линий, отвечающих определенным значениям хим. сдвигов:  $\nu_i = \nu_B(1 - \sigma_i) + \sum_j J_{ij}F_{ij}$ , где  $J_{ij}$  –

константы ССВ;  $F_{ij}$  – величины, значения к-рых определяются спинами ядер  $i$  и  $j$ , симметрией соответствующего мол. фрагмента, диэдральными углами между хим. связями и числом этих связей между ядрами, участвующими в ССВ.

Если хим. сдвиги достаточно велики, т. е.  $\min(\nu_0 \Delta \delta_i) \gg \max(J_{ij})$ , то ССВ проявляются в виде простых мультиплетов с биномиальным распределением интенсивностей (спектры первого порядка). Так в этильной группе сигнал метиленовых протонов проявляется в виде триплета с соотношением интенсивностей 1:2:1, а сигнал метиленовых протонов – в виде квадруплета с соотношением интенсивностей 1:3:3:1. В спектрах ЯМР  $^{13}\text{C}$  метиновые группы – дублеты (1:1), а метиленовые и метильные – соотв. триплеты и квадруплеты. Если большими, чем в протонных спектрах, значениями констант ССВ. Хим. сдвиги в спектрах первого порядка равны интервалам между центрами мультиплетов, а  $J_{ij}$  – расстояниям между соседними пиками мультиплета. Если условие первого порядка не выполняется, то спектры становятся сложными: в них ни один интервал, вообще говоря, не равен ни  $\Delta \delta_i$ , ни  $J_{ij}$ . Точные значения параметров спектров получают из квантовомех. расчетов. Соответствующие программы входят в мат. обеспечение совр. спектрометров ЯМР. Информативность хим. сдвигов и констант ССВ превратила спектроскопию ЯМР высокого разрешения в один из важнейших методов качества и количества анализа сложных смесей, систем, препаратов и композиций, а также исследования строения и реакц. способности молекул. При изучении конформаций, вырожденных и др. динамич. систем, геом. структуры белковых молекул в р-ре, при неразрушающем локальном хим. анализе живых организмов и т. п. возможности методов ЯМР уникальны.

**Ядерная намагниченность в-ва.** В соответствии с распределением Больцмана в двухуровневой спин-системе из  $N$  спинов отношение числа спинов  $N_+$  на нижнем уровне к числу спинов  $N_-$  на верхнем уровне равно  $N_+/N_- = \exp(\gamma h B_0 / 2\pi k T)$ , где  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – т-ра. При  $B_0 = 1$  Тл и  $T = 300$  К для протонов отношение  $N_+/N_- = 1,00005$ . Это отношение и определяет величину ядерной намагниченности в-ва, помещенного в поле  $B_0$ . Магн. момент  $\mu$  каждого ядра совершает прецессионное движение относительно оси  $z$ , вдоль к-рой направлено поле  $B_0$ ; частота этого движения равна частоте ЯМР. Сумма проекций прецессирующих ядерных моментов на ось  $z$  образует макроскопич. намагниченность в-ва  $M_z = (N_+ - N_-)\mu$ ,  $M_z = 10^{18}\mu$ . В плоскости  $xy$ , перпендикулярной оси  $z$ , проекции векторов из-за случайности фаз прецессии равны нулю:  $M_{xy} = 0$ . Поглощение энергии при ЯМР означает, что в единицу времени с нижнего уровня на верхний переходит больше спинов, чем в обратном направлении, т. е. разность населенностей  $N_+ - N_-$  убывает (нагрев спин-системы, насыщение ЯМР). При насыщении в стационарном режиме намагниченность системы может сильно возрасти. Это – т. наз. эффект Оверхаузера, для ядер обозначаемый NOE (Nuclear Overhauser effect), к-рый широко применяется для повышения чувствительности, а также для оценки межъядерных расстояний при изучении мол. геометрии методами спектроскопии ЯМР.

**Векторная модель ЯМР.** При регистрации ЯМР на образец накладывают радиочастотное поле  $B_1 = B_{1m} \sin(\omega_p t)$ , действующее в плоскости  $xy$ . В этой плоскости поле  $B_1$  можно рассматривать как два вектора с амплитудами  $B_{1m}/2$ , враща-

ющихся с частотой  $\omega_0$  в противоположных направлениях. Вводят вращающуюся систему координат  $x'y'z$ , ось  $x'$  к-рой совпадает с вектором  $B_{1m}/2$ , вращающимся в том же направлении, что и векторы  $\mu$ . Его воздействие вызывает изменение угла при вершине конуса прецессии ядерных магн. моментов; ядерная намагниченность  $M_z$  начинает зависеть от времени, а в плоскости  $x'y'$  появляется отличная от нуля проекция ядерной намагниченности. В неподвижной системе координат эта проекция вращается с частотой  $\omega_0$ , т. е. в катушке индуктивности наводится радиочастотное напряжение, к-рое после детектирования и дает сигнал ЯМР — ф-цию ядерной намагниченности от частоты  $\omega$ ; различают медленное изменение (свип-режим) и импульсный ЯМР. Реальное сложное движение вектора ядерной намагниченности создает в плоскости  $x'y'$  два независимых сигнала:  $M_x$  (синфазный с радиочастотным напряжением  $B_1$ ) и  $M_y$  (сдвинутый относительно  $B_1$  по фазе на  $90^\circ$ ). Одновременная регистрация  $M_x$  и  $M_y$  (квадратурное детектирование) вдвое повышает чувствительность спектрометра ЯМР. При достаточной большой амплитуде  $B_{1m}$  проекции  $M_z = M_x = M_y = 0$  (насыщение ЯМР). Поэтому при непрерывном действии поля  $B_1$  его амплитуда должна быть весьма малой, чтобы сохранить неизменными исходные условия наблюдения.

В импульсном ЯМР величина  $B_1$ , наоборот, выбирается настолько большой, чтобы за время  $t_1 \ll T_2$  отклонить во вращающейся системе координат вектор  $M_z$  от оси  $z$  на угол  $\theta$ . При  $\theta = 90^\circ$  импульс называют  $90^\circ$ -ным ( $\pi/2$ -импульс); под его воздействием вектор ядерной намагниченности оказывается в плоскости  $x'y'$ , т. е.  $M_z \rightarrow M_y$ . После окончания импульса вектор  $M_y$  начинает убывать по амплитуде со временем  $T_2$  благодаря расхождению по фазе составляющих его элементарных векторов  $\mu$  (спин-спиновая релаксация). Восстановление равновесной ядерной намагниченности  $M_z$  происходит со временем спин-решеточной релаксации  $T_1$ . При  $\theta = 180^\circ$  ( $\pi$ -импульс) вектор  $M_z$  укладывается вдоль отрицат. направления оси  $z$ , релаксируя после окончания импульса к своему равновесному положению. Комбинации  $\pi/2$ - и  $\pi$ -импульсов широко используются в совр. многоимпульсных вариантах спектроскопии ЯМР.

Важной особенностью вращающейся системы координат является различие резонансных частот в ней и в неподвижной системе координат: если  $B_1 \gg B_{\text{лок}}$  (статич. локальное поле), то вектор  $M$  прецессирует во вращающейся системе координат относительно поля  $B_{\text{эфф}} = B_0 - \omega_0/\gamma + B_1$ . При точной настройке в резонанс частота ЯМР во вращающейся системе координат  $\omega_{\text{вк}} = \gamma B_1 \ll \omega_0$ . Это позволяет существенно расширить возможности ЯМР при исследовании медленных процессов в в-ве.

**Спин-эхо.** Если на спин-систему наложить  $\pi/2$ - и  $\pi$ -импульсы, разделенные интервалом времени  $\tau$ , то через  $\tau$  с после этого вектор  $M_y$ , частично распавшийся из-за  $T_2$ -процессов (спин-спиновая релаксация) на вектор  $\mu$ , вновь соберется вдоль оси  $y'$ , образовав сигнал эха. Спин-эхо устраняет эффекты неоднородности условий резонанса, вызванные дефектами аппаратуры или образца, хим. сдвигами и т. п. Подробнее см. *Спинового эха метод*.

**Фурье-спектроскопия.** Одиночная линия ЯМР, сдвинутая на частоту  $\omega_1$  относительно  $\omega_0$ , после  $90^\circ$ -ного импульса даст во вращающейся системе координат сигнал

$$M_i = M_0 \exp(-i/T_2 + i\omega_1 t + \Phi_i),$$

где  $\Phi_i$  — т. наз. фаза линии. Если линий не одна, а несколько и  $90^\circ$ -ный импульс достаточно короткий, т. е.  $\gamma B_1 = \omega_1 \gg 2\pi\Delta\nu$ , где  $\Delta\nu$  — интервал частот, на к-ром расположены эти линии (ширина спектра ЯМР), то в плоскости  $x'y'$  возникнет «ввер» сигналов  $\Delta M_i$ . Эти векторы, вращаясь с разными частотами, создают биения (интерферограмму). Фурье-образ интерферограммы есть искомым спектр ЯМР (с точностью до коррекции фаз линий  $\Phi_i$ , чтобы все линии имели стандартную форму сигнала поглощения). Условия медленного прохождения выполняются при регистрации интерферограммы, т. е. для всех

линий спектра одновременно. Поэтому фурье-спектроскопия тем выгоднее, чем более узкие линии надо регистрировать и чем шире интервал частот, на к-ром эти линии расположены. ЯМР-фурье-спектроскопия позволяет наблюдать спектры всех магн. ядер.

**Двойной и тройной резонанс.** Для упрощения сложных спектров ЯМР на образец накладывают второе радиочастотное поле  $B_2$ , частота  $\nu_2$  к-рого совпадает с положением сигнала, мешающего расшифровке спектра. Амплитуда  $B_2$  выбирается достаточной для насыщения переходов соответствующего ядра, т. е.  $z$ -проекция его спина обращается в нуль, устраняя ССВ этого ядра с др. ядрами молекулы. Если наложить на поле  $B_2$  шумовую модуляцию, то достигается выключение ССВ всех ядер в выбранном спектральном интервале. Такое подавление широко применяют при наблюдении ЯМР<sup>13</sup>C и др. ядер. Методом тройного резонанса ЯМР<sup>13</sup>C—<sup>1</sup>H—<sup>57</sup>Fe измерялись хим. сдвиги в орг. соед. железа. Применяют многочисленные разновидности множественных резонансов.

**Двумерная и многомерная фурье-спектроскопия.** Двумерная фурье-спектроскопия — естественное обобщение методов двойного резонанса. В одномерной спектроскопии спектр  $S(\omega)$  получают как фурье-образ отклика  $G(t)$  спин-системы на зондирующий импульс. В двумерной спектроскопии эксперимент начинается с приготовления спин-системы в нек-ром заданном состоянии посредством импульса или серии импульсов. Время эволюции системы после ее приготовления разбивается на равные интервалы  $\Delta t_i$ . После каждого  $i$ -го интервала  $t_{2i} = n_i \cdot \Delta t_i$  ( $n_i = 1, 2, 3, \dots, N_2$ ) производится обычная регистрация получившегося  $i$ -го отклика  $G_i(t_i)$ . После  $N_2$  фурье-преобразований получают  $N_2$  спектров, отображающих в частотной области  $\omega_1$  (от спектра к спектру) эволюцию спин-системы на интервале  $t_2$ . Эволюция каждого соответствующего пика в этих спектрах создает интерферограмму  $G_i(t_2)$ . После необходимого числа фурье-преобразований получают двумерный спектр  $S(\omega_1, \omega_2)$ , отображающий выбранные парные взаимод. в изучаемой системе. Чаще всего такой спектр изображают в виде карты, пики на к-рой окружены замкнутыми изолиниями. Двумерную спектроскопию ЯМР применяют для анализа протон-протонных, протон-углеродных, углерод-углеродных и т. п. спин-спиновых взаимодействий, в самых сложных молекулах, для исследования многопозиционного хим. обмена, структурного анализа белков в р-рах. Разбив при помощи удачно подобранной импульсной последовательности период эволюции на две части, вводят в эксперимент время  $t_3$  и переходят к 3-мерной спектроскопии; ведутся успешные работы по 4- и 5-мерной фурье-спектроскопии ЯМР.

**Многоквантовая фильтрация.** Использование импульсных последовательностей позволяет, помимо разрешенных переходов с  $\Delta m = 1$ , наблюдать также первоначально запрещенные переходы  $\Delta m = 2, \Delta m = 3$  и т. д. (т. наз.  $n$ -квантовая фильтрация). При включении в схему эксперимента двухквантового фильтра из сложного спектра высокого разрешения будут удалены все линии первого порядка. Это существенно облегчает интерпретацию спектров олиго- и полипептидов и др. сложных молекул.

**Хим. обмен и спектры ЯМР (динамич. ЯМР).** Параметрами двухпозиционного обмена  $A \rightleftharpoons B$  служат времена пребывания  $\tau_A$  и  $\tau_B$ , а также вероятности пребывания  $p_A = \tau_A / (\tau_A + \tau_B)$  и  $p_B = \tau_B / (\tau_A + \tau_B)$ . При низкой т-ре спектр ЯМР состоит из двух узких линий, отстоящих на  $\nu_0 \Delta\delta_{AB}$  Гц; затем при уменьшении  $\tau_A$  и  $\tau_B$  линии начинают уширяться, оставаясь на своих местах. Когда частота обмена  $2/(\tau_A + \tau_B)$  начинает превышать исходное расстояние между линиями, линии начинают сближаться, а при 10-кратном превышении образуется одна широкая линия в центре интервала ( $\nu_A, \nu_B$ ), если  $\tau_A = \tau_B$ . При дальнейшем росте т-ры эта объединенная линия становится узкой. Сопоставление эксперим. спектра с расчетным позволяет для каждой т-ры указать точную частоту хим. обмена, по этим данным вычисляют термодинамич. характеристики процесса. При многопозиционном обмене в сложном спектре ЯМР теоретич. спектр получают из квантовомех.

расчета. Динамич. ЯМР – один из осн. методов изучения стереохим. нежесткости, конформационных равновесий и т. п.

**Механизмы релаксации. Релаксационная спектроскопия.** Ядерная магн. релаксация обусловлена процессами обмена энергией между ядерными спинами. Переориентация спинов в поле  $B_0$  происходит под действием флуктуирующих локальных магн. или электростатич. полей. В зависимости от механизма обмена энергией различают диполь-дипольную, квадрупольную, спин-вращательную и др. типы релаксации.

Поскольку разл. типы внутр. движений имеют разл. времена корреляции, они м. б. выявлены с помощью измерения зависимостей времен спин-решеточной и спин-спиновой релаксации  $T_1$  и  $T_2$  от частоты магн. полей и т-ры. Измерения  $T_2$  и обнаружение максимумов скорости спин-решеточной релаксации позволяют отнести наблюдаемые изменения к конкретным типам движений специфич. мол. фрагментов, однозначно указывают на последовательность «размораживания» разл. типов подвижности. Смещения максимумов  $T_1^{-1}$  при изменении  $B_0$  дают возможность измерить частоты соответствующих движений и на основании известных теоретич. моделей измерить термодинамич. параметры разл. процессов в изучаемом образце. В простых случаях, если доминирует диполь-дипольный механизм релаксации, то из данных релаксационной спектроскопии ЯМР извлекают сведения о межъядерных расстояниях в молекулах жидкостей.

**Вращение под магическим углом.** Выражение для потенциала диполь-дипольного взаимод. содержит множители  $(3\cos^2\theta_{ij} - 1)$ , где  $\theta_{ij}$  – угол между  $B_0$  и межъядерным вектором  $r_{ij}$ . При  $\theta_{ij} = \arccos 3^{-1/2} = 54^{\circ}44'$  («магический» угол) эти множители обращаются в нуль, т. е. исчезают соответствующие вклады в ширину линии. Если закрутить твердый образец с очень большой скоростью вокруг оси, наклоненной под магич. углом к  $B_0$ , то в твердом теле можно получить спектры высокого разрешения с почти столь же узкими линиями, как в жидкости.

**Широкие линии в твердых телах.** В кристаллах с жесткой решеткой форма линии ЯМР обусловлена статич. распределением локальных магн. полей. Все ядра решетки, за исключением кластера, в трансляционно-инвариантном объеме  $V_0$  вокруг рассматриваемого ядра, дают гауссово распределение  $g(v) = \exp(-v^2/2a^2)$ , где  $v$  – расстояние от центра линии; ширина гауссианы  $a$  обратно пропорциональна среднему геом. объемов  $V_0$  и  $V_1$ , причем  $V_1$  характеризует среднюю по всему кристаллу концентрацию магн. ядер. Внутри  $V_0$  концентрация магн. ядер больше средней, и ближние ядра благодаря диполь-дипольному взаимод. и хим. сдвигам создают спектр, ограниченный на интервале  $(-b, b)$ , где  $b$  примерно вдвое больше  $a$ . В первом приближении спектр кластера можно считать прямоугольником, тогда фурье-образ линии, т. е. отклик спин-системы на  $90^\circ$ -ный импульс будет

$$f(t) = (\sin bt/bt) \cdot \exp(-a^2 t^2/2).$$

Параметры  $a$  и  $b$  позволяют определять координаты легких ядер, а их температурная зависимость – изучать динамику кристаллич. решетки, диффузию и др.

**Квадрупольные эффекты.** В твердых телах для ядер со спином  $I > 1/2$  возникает дополнит. уровни энергии. Если  $e^2Qq < 1$  МГц, где  $eQ$  – электрнич. квадрупольный момент ядра,  $eq$  – градиент напряженности электрич. поля (ГЭП) на ядре, то для монокристалла наблюдается  $2I - 1$  линий, расстояния между к-рыми закономерно меняются при изменении ориентации кристалла в поле  $B_0$ . Из этих зависимостей находят положения главных осей тензора ГЭП, значения параметра его асимметрии  $\eta$  и  $e^2Qq$ . Выявляется хим. и кристаллографич. неэквивалентность. Это полезно при исследовании фазовых переходов и динамики решетки в сегнетоэлектриках, цеолитах и др. практически важных в-вах. Примеси, вакансии, дислокации, любые напряжения решетки создают на квадрупольных ядрах разброс ГЭП, размывая линии ЯМР. Если  $e^2Qq > 1$  МГц, то в хороших кристаллах соответствующие переходы можно наблюдать без поля  $B_0$ . Это ядерный квадрупольный резонанс.

**Применение спектроскопии ЯМР.** Спектроскопия ЯМР относится к неразрушающим методам анализа. Совр. импульсная ЯМР фурье-спектроскопия позволяет вести анализ по 80 магн. ядрам. ЯМР спектроскопия – один из осн. физ.-хим. методов анализа, ее данные используют для однозначной идентификации как промежуг. продуктов хим. р-ций, так и целевых в-в. Помимо структурных отнесений и количеств. анализа, спектроскопия ЯМР приносит информацию о конформационных равновесиях, диффузии атомов и молекул в твердых телах, внутр. движениях, водородных связях и ассоциации в жидкостях, кето-енольной таутомерии, металл- и прототропии, упорядоченности и распределении звеньев в полимерных цепях, адсорбции в-в, электронной структуре ионных кристаллов, жидких кристаллов и др. Спектроскопия ЯМР – источник информации о структуре биополимеров, в т. ч. белковых молекул в р-рах, сопоставимой по достоверности с данными рентгеноструктурного анализа. В 80-е гг. началось бурное внедрение методов спектроскопии и томографии ЯМР в медицину для диагностики сложных заболеваний и при диспансеризации населения.

Число и положение линий в спектрах ЯМР однозначно характеризуют все фракции сырой нефти, синтетич. каучуков, пластмасс, сланцев, углей, лекарств. препаратов, продукции хим. и фармацевтич. пром-сти и др.

Интенсивность и ширина линии ЯМР воды или масла позволяют с высокой точностью измерять влажность и масляность семян, сохранность зерна. При отстройке от сигналов воды можно регистрировать содержание клейковины в каждом зерне, что так же, как и анализ масляности, позволяет вести ускоренную селекцию с.-х. культур.

Применение все более сильных магн. полей (до 14 Тл в серийных приборах и до 19 Тл в эксперим. установках) обеспечивает возможность полного определения структуры белковых молекул в р-рах, экспресс-анализа биол. жидкостей (концентрации эндогенных метаболитов в крови, моче, лимфе, спинномозговой жидкости), контроля качества новых полимерных материалов. При этом применяют многочисленные варианты многоквантовых и многомерных фурье-спектроскопич. методик.

Явление ЯМР открыли Ф. Блох и Э. Пёрселл (1946), за что были удостоены Нобелевской премии (1952).

Лит.: Абрагам А., Ядерный магнетизм, пер. с англ., М., 1963; Эмсли Дж., Финей Дж., Сатклиф Л., Спектроскопия ЯМР высокого разрешения, пер. с англ., т. 1–2, М., 1968–69; Фаррар Т., Беккер Э., Импульсная и фурье-спектроскопия ЯМР, пер. с англ., М., 1973; Бови Ф. А., ЯМР высокого разрешения макромолекул, пер. с англ., М., 1977; Луиди А. Г., Федни Э. И., ЯМР-спектроскопия, М., 1986; Эрист Р., Боденлаусен Дж., Бакауи А., ЯМР в одном и двух измерениях, пер. с англ., М., 1990; Зеер Э. П., Зобов В. Е., Фалалеев О. В., Новые («кросс-сингулярные») эффекты в ЯМР поликристаллов, Новосибир., 1991; Дероум Э., Современные методы ЯМР для химических исследований, пер. с англ., М., 1992; Randall J., Polymer sequence determination: Carbon-13 NMR Method, N. Y., 1977. Э. И. Федин.

**ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ** (ядерный реакторный цикл), совокупность технол. процессов, связанных с получением энергии на ядерных установках (в ядерных реакторах). В зависимости от ядерного горючего возможно осуществление трех типов Я.т.ц.: 1) урановый топливный цикл, в к-ром делящимся материалом служит  $^{235}\text{U}$ , а фертильным материалом (воспроизводящим) –  $^{238}\text{U}$ . Урановое горючее изготавливают из прир. урана (0,72%  $^{235}\text{U}$ ), низкообогащенного урана (1–5%  $^{235}\text{U}$ ) или высокообогащенного урана (до 93%  $^{235}\text{U}$ ). Первые два вида горючего используют в реакторах на тепловых нейтронах, третий – в реакторах на быстрых нейтронах, работающих в конвертерном режиме. 2) Уран-плутониевый топливный цикл. Горючее для этого цикла состоит из прир. или обедненного (0,2–0,3%  $^{235}\text{U}$ ) урана с добавкой  $^{239}\text{Pu}$  в кол-ве, эквивалентном соответствующему обогащению по  $^{235}\text{U}$ . Это горючее м. б. использовано как в реакторах на тепловых нейтронах, так и в реакторах на быстрых нейтронах. Фертильным материалом здесь также служит  $^{238}\text{U}$ . 3) Уран-ториевый топливный цикл. Делящийся материал –  $^{235}\text{U}$  или  $^{233}\text{U}$ , фертиль-



ный —  $^{232}\text{Th}$ . В пром. масштабе используется в основном урановое горючее.

Первый этап Я. т. ц. — получение ядерного горючего. Он включает добычу урановой руды, ее обогащение, извлечение U и его глубокую очистку, изотопное обогащение по  $^{235}\text{U}$  (см. *Изотопов разделение*), получение из обогащенного урана материала, пригодного для загрузки в реактор, изготовление тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) и тепловыделяющих сборок из них. Второй этап Я. т. ц. — получение тепловой энергии в ядерных энергетич. установках при сжигании ядерного горючего. На следующих этапах Я. т. ц. проводят радиохим. переработку отработавшего горючего. Завершается Я. т. ц. подготовкой к окончат. захоронению радиоактивных отходов.

Я. т. ц. может быть организован таким образом, что из облученного горючего извлекают невыгоревший уран и накопившийся плутоний, к-рые направляют затем для изготовления новых ТВЭЛ и сборок. Такой цикл наз. замкнутым Я. т. ц. Если отработавшее топливо не перерабатывается и делящиеся материалы не возвращаются в топливный цикл, то Я. т. ц. оказывается разомкнутым (открытым).

Я. т. ц. объединяет многие предприятия: 1) шахты по добыче урановой руды; 2) обогатит. фабрики и предприятия по глубокой очистке извлеченного урана; 3) предприятия, где проводят обогащение  $^{235}\text{U}$ ; 4) предприятия по переработке обогащенного урана в форму, используемую в реакторах (чаще всего это керамика на основе  $\text{UO}_2$ ); 5) заводы по изготовлению ТВЭЛ и сборок из них; 6) атомные электростанции и станции теплоснабжения, где выгорание горючего дает тепловую и электр. энергию; здесь же проводится дезактивация теплоносителей (обычно воды); 7) заводы по переработке отработавшего горючего и переводу радиоактивных отходов в форму, удобную для длит. хранения; 8) полигоны захоронения отходов. Одной из наиб. серьезных и труднорешаемых проблем является изоляция от биосферы большого кол-ва радионуклидов, образующихся в результате деления ядер урана.

Лит.: Ядерная технология, М., 1979; Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС, 2 изд., М., 1989.

С. А. Кабакчи.

**ЯДРО АТОМНОЕ**, центральная массивная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов. Масса Я. а. примерно в  $4 \cdot 10^3$  раз больше массы всех входящих в состав атома электронов. Размеры Я. а. составляют  $\sim 10^{-12}$ – $10^{-13}$  см. Электр. заряд положителен и по абс. величине равен сумме зарядов электронов нейтрального атома.

**Общие характеристики Я. а.** Протон ( $p$ ) и нейтрон ( $n$ ) в ядре объединяются общим названием «нуклон». Число нуклонов в Я. а. наз. массовым числом  $A$ . Поскольку заряд ядра  $Z$  в единицах абс. заряда электрона  $e$  равен числу протонов, число нейтронов в Я. а. равно:  $N = A - Z$ . Ядра изотопы имеют одно и то же  $Z$ , но разные  $N$ , а ядра изобары — одно и то же  $A$ , но разные  $Z$  и  $N$ .

Силы, удерживающие нуклоны в ядре, наз. ядерными. Они определяются самым интенсивным из всех известных в физике взаимодейд. (сильное взаимодейд.); для двух протонов в ядре, напр., ядерные силы примерно в 100 раз превышают электростатич. отталкивание. Важным св-вом ядерных сил является их независимость от заряда нуклона; взаимодейд. двух протонов, двух нейтронов или протона и нейтрона одинаковы, если одинаковы состояния относит. движения этих пар частиц, а также спиновые состояния (см. ниже). Ядерные силы характеризуются определенным радиусом действия. Наиб. радиус действия составляет примерно  $1,41 \cdot 10^{-13}$  см; в то же время зависимость ядерных сил от расстояния между нуклонами пока не установлена.

Размеры Я. а. зависят от их массового числа. Ср. плотность распределения нуклонов для всех ядер с  $A > 10$  практически одинакова, так что объем ядра пропорционален  $A$ , а его линейный размер пропорционален  $A^{1/3}$ . Эффективный радиус  $R$  ядра определяется равенством:  $R = aA^{1/3}$ , где постоянная  $a$  составляет величину  $(1,1-1,4) \cdot 10^{-13}$  см в зависимости от того, в каком физ. эксперименте измеряется  $R$ . Это равенство показывает, что  $R$  меняется от  $10^{-13}$  до  $10^{-12}$  см. Плотность ядерного в-ва чрезвычайно велика по сравнению с плотностью

обычных в-в и составляет ок.  $10^{14}$  г/см<sup>3</sup>. Плотность распределения нуклонов в ядре почти постоянна в центральной его части и экспоненциально убывает на периферии.

Для расщепления Я. а. на отдельные нуклоны необходимо затратить энергию, наз. энергией связи ядра  $E_{св}$ , определяемую соотношением:

$$E_{св} = (Zm_p + Nm_n - M)c^2,$$

где  $m_p$ ,  $m_n$  и  $M$  — массы протона, нейтрона и ядра соотв.;  $c$  — скорость света.

Величина  $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M = E_{св}/c^2$ , показывающая насколько масса ядра отличается от массы составляющих его частиц, наз. дефектом массы. На практике дефект массы часто определяют как разницу между массой атома в а. е. м. и массовым числом  $A$ . Знание дефекта масс позволяет определить величину энергии, к-рая может выделиться в ядерных реакциях (см. также *Ядерная энергия*).

Отношение  $E_{св}/A$  слабо меняется при изменении  $A$ , составляя для большинства ядер приблизительно 78 МэВ. Эту особенность соотносят с насыщением ядерных сил, т. е. с тем, что каждый нуклон связывается в Я. а. лишь с ограниченным числом др. нуклонов. Более детальное рассмотрение показывает, что  $E_{св}$  зависит от соотношения  $A$  и  $Z$ . Существует т. наз. полоса стабильности для этого соотношения, при выходе за пределы к-рой у ядер проявляется нестабильность, т. е. возможен радиоактивный распад (см. *Радиоактивность*). Это соотношение важно и при установлении предельно возможного значения  $Z$ , выше к-рого тяжелые ядра оказываются нестабильными в отношении спонтанного деления. Теоретич. оценки вероятности спонтанного деления ядер не исключают существования «островов стабильности» сверхтяжелых ядер вблизи  $Z$ , равных 114 и 126.

Нек-рые ядра существуют в метастабильных возбужденных энергетич. состояниях, что обнаруживается по различиям характеристик радиоактивного распада в основном и возбужденном состояниях (см. также *Изомерия атомных ядер*).

Квантовые состояния ядер определяются дискретными уровнями энергии и рядом других сохраняющихся в этих состояниях физ. величин. Важнейшие характеристики квантового состояния Я. а. — его спин  $I$  и четность  $P$ . Спиновое квантовое число  $I$  целое у ядер с четным  $A$  и полуцелое у ядер с нечетным  $A$ , поскольку соответствующие числа для протона и нейтрона равны  $1/2$ , а спин составной частицы равен сумме спинов слагающих ее частиц либо отличается от нее на целое число. Четность состояния  $P = \pm 1$  указывает на изменение знака волновой ф-ции ядра при инверсии пространства. Основные состояния ядер с четными  $Z$  и  $A$  обычно четные ( $P = \pm 1$ ) и спин  $I = 0$ . Легкие ядра ( $Z < 20$ ) характеризуются дополнит. квантовым числом, наз. изоспином. Изоспин ядра  $T$  является целым числом при четном  $A$  и полуцелым — при нечетном (т. к. изоспин нуклона также равен  $1/2$ ). В разных квантовых состояниях изоспин м. б. различным, причем  $T \geq (A - 2Z)/2$  (знак равенства справедлив для основного состояния ядра).

Я. а. в каждом квантовом состоянии характеризуется помимо энергии также электр. и магн. моментами. Если квантовое состояние ядра имеет определенную четность, его электр. дипольный момент равен нулю. В то же время электр. квадрупольный момент может отличаться от нуля (хотя и здесь имеется ограничение: лишь при  $I > 1/2$ ). Квадрупольный момент ядра м. б. записан в виде  $eQ$ , где  $Q$  — коэф., имеющий размерность площади и меняющийся от  $10^{-27}$  см<sup>2</sup> (легкие ядра) до  $10^{-23}$  см<sup>2</sup> (тяжелые ядра). Наличие квадрупольного момента у ядер свидетельствует о том, что распределение заряда в них не обладает сферич. симметрией и м. б. представлено эллипсоидом вращения. Если ядро вытянуто вдоль оси вращения эллипсоида (оси симметрии),  $Q > 0$ , если сплюснуто, то  $Q < 0$ . Как правило, большие квадрупольные моменты ядер положительны.

Магн. дипольные моменты ядер м. имеют порядок величины ядерного магнетона  $\mu_N = eh/2m_p c \approx 5,051 \cdot 10^{-27}$  Дж/Тл ( $h$  — постоянная Планка) и связаны со спином ядра  $I$  коэф. пропорциональности  $\gamma$ , носящим назв. гиромангнитного отношения:  $\mu = \mu_N(\gamma I)$ . Значение  $\gamma$  меняется в широких

пределах – от 5,25 для  $^{19}\text{F}$  до –2,08 для  $^{119}\text{Sn}$ . Магн. дипольный и электр. квадрупольный моменты ядер м.б. измерены радиоспектроскопич. методами (см. *Радиоспектроскопия*).

**Модели ядер.** Квантовая система с сильным взаимодействием составляющих ее частиц представляет собой сложный объект для совр. квантовой теории. К тому же теория Я. а. не располагает достаточно определенной информацией о ядерных силах. По этой причине структуру и св-ва ядер описывают пока в рамках моделей, позволяющих получать удовлетворит. результаты лишь по определенным наборам св-в ядер.

Оболочечная модель похожа по структуре на модель электронных оболочек: каждый нуклон находится в ядре в определенном квантовом состоянии, характеризуемом энергией, спином  $j$ , его проекцией на одну из осей, орбитальным моментом кол-ва движения  $l = j \pm 1/2$  и четностью  $(-1)^l$ . Заполнение уровней энергии проводится в соответствии с *Паули принципом*. Однако при больших  $A$  ( $> 150$ ) квадрупольные моменты ядер отличаются от значений, предсказываемых оболочечной моделью, в 10–100 раз. Поэтому была предложена ротационная модель для несферич. ядер, согласно к-рой ядро представляет собой эллипсоид вращения и уровни энергии зависят от момента инерции ядра. В обобщенной модели сохраняются осн. идеи оболочечной модели, но потенц. поле, в к-ром движутся нуклоны, предполагается имеющей симметрию эллипсоида вращения, а не сферич. симметрию. Активно развиваются кластерные модели, в к-рых используется представление об образовании взаимодействующих между собой кластеров из двух или большего числа нуклонов. Тем не менее ни одна из моделей не может претендовать на последоват. объяснение св-в ядер на основе общих физ. принципов, а также данных о структуре ядер и взаимод. нуклонов. Теория Я. а. остается пока одной из нерешенных фундам. проблем совр. физики.

**Ядерные эффекты в химии.** Превращения в-в, не стабильных относительно распада ядер, изучаются, начиная с открытия радиоактивности в 1896. Введенный в нач. 20 в. термин «*радиохимия*» в наст. время объединяет химию радиоактивных в-в и ядерных превращений и изучение сопутствующих им физ.-хим. процессов. Разработаны методы, позволяющие направленно получать, концентрировать и выделять атомы с определенными ядрами, в частности радионуклиды, а также молекулы, в состав к-рых входят такие атомы (см. *Ядерная химия*).

Заметное влияние на ядерные процессы оказывает строение электронных оболочек атомов и молекул. Так, *мёсбауэровская спектроскопия* основана на регистрировании резонансного поглощения (рассеяния)  $\gamma$ -квантов ядрами при совпадении энергий ядерных переходов поглотителя с частотой  $\gamma$ -квантов. Изменение энергетич. состояний ядер в молекуле или кристалле по сравнению с состоянием тех же ядер в свободном атоме определяется, в частности, изменением электростатич. взаимод. объемного заряда ядра с электронами, что приводит к т. наз. хим. сдвигу резонансных линий в мёсбауэровском спектре и взаимод. квадрупольного момента ядра с градиентом электр. поля на ядре, обусловленным несферич. окружением данного ядра в молекуле. В результате происходит расщепление энергетич. уровней мол. системы в зависимости от проекции спина ядра на направление градиента электр. поля на ядре. Переходы между расщепленными уровнями наблюдаются с помощью метода *ядерного квадрупольного резонанса*. Взаимод. магн. момента ядра с магн. полем, создаваемым электронами, определяет сверхтонкую структуру спектров *электронного парамагнитного резонанса*. Расщепление уровней энергии под влиянием взаимод. магн. моментов ядер, связанных с их спином, обусловило создание разл. вариантов метода *ядерного магнитного резонанса*; тонкая структура спектров ЯМР вызвана *спин-спиновым взаимодействием* ядер. Все упомянутые методы, основанные на св-вах ядер и их зависимости от окружения ядер, используются для анализа того, что представляет собой окружение Я. а. в молекулах, а также для изучения разл. релаксац. процессов в в-ве.

Характеристики ядер, входящих в состав молекулы, наряду с числом электронов полностью определяют данную молеку-

лу, а следовательно, и весь набор ее квантовых состояний (разл. изомеры отвечают лишь разл. участкам на спектре потенц. энергии молекулы). Во мн. задачах достаточно рассматривать ядра как точечные образования, несущие заряды и определяющие общую структуру волновых ф-ций квантовых состояний молекулы. Однако более точные эффекты зависят от спина ядер, их квадрупольного момента а также от их размеров и масс (при использовании релятивистских подходов), что приводит к необходимости активного изучения св-в и структуры ядер.

Различие масс ядер изотопов определяет прежде всего *изотопные эффекты* – различия физ. и хим. св-в в-ва, содержащего изотопно-замещенные молекулы. В частности, различия масс ядер изотопов позволяют увеличить объем информации, извлекаемой из вращат. и колебат. спектров молекул. Предполагается, что у всех изотопно-замещенных молекул потенц. пов-сть, рассматриваемая в адиабатич. приближении, одна и та же, следовательно, и мол. постоянные, определяющие потенц. пов-сть (равновесная конфигурация, силовые постоянные, постоянные ангармоничности и др.), остаются без изменений. Однако положения вращат. и колебат. уровней энергии молекулы зависят от массы составляющих ее частиц, следовательно, меняются и переходы между этими уровнями при изотопном замещении.

Эти же различия в энергетич. спектре изотопов, наряду с различием поступат. энергии молекул с разными массами при одной и той же т-ре, влекут за собой различия термодинамич. св-в в-ва, в частности отличие от единицы констант равновесия *изотопного обмена*. Р-ции с участием изотопно-замещенных молекул отличаются скоростями, температурной зависимостью и т. п.

*Лит.: Бете Г. Моррисон Ф., Элементарная теория ядра, пер. с англ., 2 изд., М., 1958; Давыдов А. С., Теория атомного ядра, М., 1958; Драго Р., Физические методы в химии, пер. с англ., т. 1–2, М., 1981; Флайгер У., Строение и динамика молекул, пер. с англ., т. 1–2, М., 1982; Мигдал А. Б., Теория конечных ферми-систем и свойства атомных ядер, 2 изд., М., 1983.*

*Н. Ф. Степанов.*

**ЯДЫ ЖИВОТНЫХ**, токсичные в-ва белковой и небелковой природы. Первые (олиго- и полипептиды, ферменты) встречаются у большинства «вооруженных» активно-ядовитых животных (змей, пауков, скорпионов и др.); они действуют в осн. при парентеральном введении и в сочетании с др. компонентами яда. Животные, обладающие «невооруженным» ядовитым аппаратом (амфибии, муравьи, жуки и др.), пассивно-ядовитые (напр., нек-рые рыбы, полипы) и простейшие (см. *Яды простейших*) часто вырабатывают сильные яды небелковой природы (в отдельных случаях возможна аккумуляция яда из др. источника).

Считают, что на начальном этапе эволюции животных возникли виды с чертами примитивной ядовитости, способные аккумулировать ядовитые метаболиты в тканях и органах. В последующем нек-рые из них приобрели способность вырабатывать яд в спец. органах. Вероятно, вначале это происходило в результате усиления защитной ф-ции наружного слоя тела (иглокожие, кишечнополостные, черви), затем – путем образования специализир. органов на базе желез внеш. и внутр. секреции. Так, ядовитый аппарат перепончатокрылых связан с половой системой, у змей и моллюсков – с пищеварительной.

**Яды белковой природы.** Обычно нативные яды, содержащие в качестве активного начала в-ва белковой природы, включают также минорные белковые компоненты и ряд орг. и неорг. в-в, определяющих в совокупности физиол. активность и характер токсич. действия. По этой причине яды белковой природы принято классифицировать по видам животных, вырабатывающих яд и характеризовать как целый яд, так и его наиб. значимые компоненты.

Яды змей – прозрачные или мутные жидкости без запаха и вкуса; раств. в  $\text{H}_2\text{O}$ ; легко кристаллизуются при высушивании; в сухом виде сохраняют активность до 20 лет. Содержат комплекс активных в-в: ферменты [во всех ядах найдены: гиалуронидаза, фосфолипаза А, нуклеотидаза, фосфодиэстераза, дезоксирибонуклеаза, рибонуклеаза, аденозинтрифос-

фатаза, нуклеотид-пирофосфатаза, оксидаза L-аминокислот (за исключением морских змей) и экзопептидаза], полипептиды (нейро- и гемотоксины), белки со специфич. св-вами (фактор роста нервных клеток, антикомплементарный фактор и др.), неорг. компоненты. По характеру действия на теплокровных подразделяются на две основные группы: нейротоксичные (действуют на нервную систему; яды аспидов и морских змей) и гемотоксичные (действуют на кровь; большинство ядов гадюк и гремучих змей). Токсичность изменяется в широких пределах у разл. видов, а также внутри вида в зависимости от места обитания, пола, возраста и времени года. ЛД<sub>50</sub> наиб. сильных нативных ядов (мг/кг, мыши): 0,01 [внутривенно (в/в)] – морская змея *Enhydrina schistosa*; 0,04 [внутримышечно (в/м)] – тигровая змея (*Notechis scutatus*); 0,08–0,09 (в/м) – гремучник *Crotalus dirrissus terrificus*, гадюка *Vipera russeli* и крайт *Bungarus caeruleus*; 0,1–0,2 [в/м, внутривенно (в/в)] – морские змеи рода *Hydrophis* и земляные гадюки (*Atractaspis*); 0,2–0,7 (в/м) – кобры, многие гремучие змеи и др. Считают, что ежегодно ок. 1 млн. человек подвергаются укусам ядовитых змей (из них 24% – тяжелые поражения, 2–3% – смертельные). Частота смертельных исходов в зависимости от вида приведена в табл. 1.

Табл. 1. – ЧАСТОТА СМЕРТЕЛЬНЫХ ИСХОДОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ЗМЕЙ, КОЛИЧЕСТВА ВВОДИМОГО ЯДА И ВЕЛИЧИНЫ ЛД<sub>100</sub> ЯДА

Вид	Вводимое кол-во яда, мг	ЛД <sub>100</sub> , мг/кг для человека	% смертельных случаев
Черная мамба <i>Dendroaspis polylepis</i>	~ 1000	~ 1,6	100
Кобра <i>Naja naja</i>	~ 200	~ 0,2	32
Песчаная эфа <i>Echis carinatus</i>	10–12	~ 0,06	20
Морские змеи	10–50	0,04–0,1	~ 17

Токсичное начало ядов аспидов (кобр, бунгарусов, мамб и др.) и морских змей – нейротоксины. Они делятся на постсинаптические (яды кобр, бунгарусов, мамб и нек-рых австралийских змей) и пресинаптические (яды австралийских и азиатских змей). По структуре молекулы постсинаптич. токсинов подразделяются на «короткие» (60–62 аминокислотных остатков, 4 дисульфидные связи; мол. м. ~ 7000) и «длинные» (71–74 аминокислотных остатков, 5 дисульфидных связей; мол. м. ~ 8000), различающиеся по характеру блокирования холинорецепторов и др. св-вам. Как правило, короткие нейротоксины быстрее связываются с рецепторами скелетных мышц, однако длинные связываются более прочно. Характерна также видовая чувствительность к действию постсинаптич. нейротоксинов.

Пресинаптич. нейротоксины менее однородны по строению, отличаются меньшей избирательностью действия (нек-рые активны и на постсинаптич. уровне). Ряд пресинаптич. токсинов (тайпоксин, нотексин, β-бунгаротоксин) обладает фосфолипазной активностью и вызывает характерное изменение в высвобождении медиаторов проведения нервного импульса (ослабление секреции, усиление и, наконец, полное ее угнетение в результате повреждения везикул). Ряд токсинов с фосфолипазной активностью обладает также миотоксич. действием (напр., тайпоксин и нотексин).

В ядах многих кобр и бунгарусов найдены также мембраноактивные полипептиды (мол. м. 6–7 тыс.), обладающие широким спектром активности: гемолитической, кардиотоксической и цитотоксической. В основе их действия лежит способность модифицировать поверхностные клеточные мембраны (при этом возбудимые мембраны деполаризуются).

Важную роль в обеспечении токсич. действия яда аспидов играют ферменты – гялуронидаза, ацетилхолинэстераза и фосфолипаза, а также факторы, оказывающие влияние на свертываемость крови. Так, яды тигровой змеи, тайпана (*Oxyuranus scutellatus*), коричневой змеи (*Pseudonaja textilis*) обладают сильным коагулирующим действием, а яд кобры замедляет свертываемость крови.

Наиб. грозный симптом отравления ядами аспидов – паралич скелетной и дыхат. мускулатуры, приводящий к ослаблению дыхания (вплоть до полной остановки). При укусах австралийских аспидов наблюдаются также отеки с послед. дегенерацией мышечных волокон. Действие яда кобр обусловлено не только токсичными компонентами, но и развитием процессов аутоинтоксикации вследствие высвобождения гистамина, простагландинов и др. активных в-в. Эффективное средство лечения – видовая или поливалентная сыворотка (напр., «Антикобра»). Применяют также искусств. дыхание, антихолинэстеразные средства, кортикостероиды, налоксон.

При отравлении ядом морских змей наблюдаются двигат. расстройства, затруднение речи и дыхания, тонич. судороги, изменение вязкости крови, миоглобинурия. Смерть наступает от паралича дыхат. мускулатуры. Для лечения используют сыворотки, симптомагич. средства.

Нейротоксины яда гадюк одно- или двухкомпонентны. Напр., каудоксин из яда африканской гадюки *Bitis caudalis* представляет собой полипептид с мол. м. 13 332. Это пресинаптич. токсин, блокирующий высвобождение ацетилхолина из двигат. нервных окончаний (ЛД<sub>50</sub> 0,18 мг/кг, мыши, в/м). Выделенный из яда носатой гадюки (*Vipera ammodytes*) ви-поксин (ЛД<sub>50</sub> 0,4 мг/кг, мыши, в/м) состоит из двух компонентов: нетоксичного кислого белка и щелочной фосфолипазы А<sub>2</sub>. Из яда палестинской гадюки (*V. palaestinae*) также выделен двухкомпонентный токсин, содержащий белок с фосфолипазной активностью и полипептид (мол. м. 12 тыс.), вызывающий гемодинамич. расстройства.

Нейротоксины яда гремучих змей имеют обычно субъединичную природу. Наиб. изучен крототоксин (ЛД<sub>50</sub> 0,09 мг/кг, мыши, в/м) из яда змеи *Crotalus d. terrificus* – комплекс щелочной фосфатазы (ЛД<sub>50</sub> 0,54 мг/кг, мыши, в/м; мол. м. 14 350) с кислым белком крототапином, не обладающим ни заметной токсичностью, ни ферментативной активностью. Считают, что крототапин предотвращает неспецифич. сорбцию фосфолипазы, что благоприятствует ее связыванию с рецепторными пресинаптич. участками. Помимо крототоксина в яде содержатся еще два токсичных полипептида – гироксин (мол. м. 33 тыс.) и кротамин (мол. м. 4880). Первый вызывает поражение вестибулярного аппарата, второй – судороги, обусловленные стойкой деполаризацией мышечных мембран (кротамин – единств. токсин из ядов змей, действующий на Na-каналы электровозбудимых мембран).

Аналогичные крототоксину компоненты содержит мойветоксин (из яда гремучей змеи *Crotalus scutulatus*). Как и в случае крототоксина, субъединицы мойветоксина рекомбинируют с сохранением исходной активности и токсичности.

Гемотоксины ядов гадюк и гремучиков представлены двумя группами: сериновыми протеазами и металлопротеазами. Первые – термолabileнные эндопептидазы; по характеру действия близки к тромбиноподобным ферментам и кининогеназам. Вторые – термолabileнные белки, катализирующие гидролиз казеина, гемоглобина, инсулина и др. Активность металлопротеаз промотируют двухзарядные ионы (напр., Ca<sup>2+</sup>); они лишены аргининэстеразной активности и действуют в осн. на связи остатков лейцина и фенилаланина. Относит. содержание протеаз в ядах сильно варьирует (напр., в яде гадюки *V. betes* 75% протеолитич. активности приходится на металлопротеазы и 25% – на сериновые; обратное соотношение – в яде гюрзы *V. lebetina*). Протеазы ядов могут вызывать нарушение свертываемости крови и фибринолиза, приводя к тромбозам или геморрагиям. Действуя на разные звенья гемокоагуляц. каскада (см. *Протромбиновый комплекс*), протеазы большинства ядов оказывают двойное действие; вначале наблюдается внутрисосудистое свертывание крови, затем кровь может на длит. период терять способность к свертыванию.

Интоксикация ядами гадюк и гремучиков характеризуется геморрагич. отеком и некрозом тканей в зоне введения яда. В тяжелых случаях развивается шок, чему способствуют развитие сердечной недостаточности, уменьшение венозного объема крови, нарушение ф-ций форменных элементов кро-

ви, ступение крови, тромбоэмболия, дисбаланс электролитов, разл. нарушения центр. нервной системы и др.

Лечение: введение в кратчайшие сроки сыворотки; гепаринотерапия, переливание крови, внутривенное введение альбумина и фибриногена, протившоковые мероприятия.

Яды паукообразных (скорпионы, пауки, клещи) изучены меньше, чем яды змей. Наиб. токсикол. значение имеют скорпионы (свыше 1500 видов), от укусов к-рых ежегодно страдают ок. 150 тыс. человек, причем число смертельных исходов в нек-рых зонах составляет 11–16%. Наиб. опасны скорпионы родов *Leiurus*, *Buthus*, *Androctonus* (Африка, Азия), *Centruroides* (юг США, Мексика), *Tityus* (Бразилия). Токсичность яда нек-рых видов скорпионов представлена в табл. 2.

Табл. 2.— ТОКСИЧНОСТЬ ЯДОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СКОРПИОНОВ

Вид	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг (мышь, подкожно)
<i>Tityus serrulatus</i>	1,4
<i>T. bahiensis</i>	9,3
<i>Leiurus quinquestriatus</i>	0,3
<i>Androctonus australis</i> *	0,5
<i>Buthus occitanus</i>	7,0
<i>Parabuthus</i> spp.	35–100
<i>Opisthophthalmus</i> spp.	600
<i>Haddgenes</i> spp.	1800

\* Действующее начало полипептид титьютоксин, мол. м. 68 тыс., ЛД<sub>50</sub> 0,009 (мышь, в/м).

Нативные яды скорпионов — бесцв., слабоопалесцирующие жидкости; выдерживают нагрев до ~80 °С; сохраняются длит. время только в высушенном виде. Р-ция яда кислая; плотн. 1,1 г/см<sup>3</sup>; раств. в воде, в физиол. р-ре; не раств. в орг. р-рителях. Разрушается конц. к-тами и щелочами, а также окислителями. От отдельных особей крупных тропич. видов получают до 20–40 мг нативного яда. При единичном ужалении обычно выделяется менее 1 мг яда. Яды содержат полипептиды, ферменты (фосфолипазы А и В, кислая фосфатаза, фосфодиэстераза, ацетилхолинэстераза, 5'-нуклеотидаза, гиалуронидаза, рибонуклеаза), моно- и полисахариды; в нек-рых ядах найдены серотонин и гистамин. Уникальное св-во ядов нек-рых видов (напр., семейства *Buthidae* и *Scorpionidae*) — наличие нейротоксинов, избирательно действующих на млекопитающих, насекомых или ракообразных. Токсины млекопитающих обычно имеют мол. массу ок. 7 тыс. Их свернутая полипептидная цепь (60–70 аминокислотных остатков) стабилизирована неск. дисульфидными связями (исключение — токсин скорпиона *Scorpio maurus palmatus*, состоящий из 32 аминокислотных остатков с мол. м. 3478). Нейротоксины скорпионов в неск. раз превосходят по токсичности нативные яды. Их активность обусловлена модификацией Na-каналов электровозбудимых мембран.

Симптомы отравления: сильная боль в месте ужаления, к-рая сменяется онемением, эритема, отек и некротич. изменения; вначале может наблюдаться возбуждение (у детей — судороги), затем угнетение рефлексов, расширение зрачков, слезотечение; наблюдаются изменения частоты пульса, артериального давления и т-ры тела (продолжит. гипотермия ужалывает на ухудшение состояния); дыхание прерывистое; возможна рвота. Смерть может наступить от паралича дышат. центра.

Лечение: скорейшее введение сыворотки; комплексное введение адрено- и холиноблокаторов; рекомендуются анальгетики, CaCl<sub>2</sub>, тепло на область ужаления.

Яды пауков изучены меньше, чем яды скорпионов. Токсикол. значение имеют яды птицедов семейства *Aviculariidae* и *Dipluridae*, аранеоморфных пауков семейства *Sicariidae*, *Theridiidae*, *Lycosidae*, *Clubionidae*, *Eresidae*. Яды обладают нейро- и(или) гемотоксич. активностью. В состав ядов входят полипептиды, ферменты, во мн. случаях — биогенные амины и др. активные в-ва. Яды нек-рых видов обладают сравнительно высокой токсичностью для теплокровных (напр., ЛД<sub>50</sub> мг/кг для мышей подкожно или в/м:

каракурт — 0,2; тарантул *Lycosa singoriensis* — 15; птицед *Pterinochilus* sp.— 1,5).

Наиб. изучен яд каракурта (род *Latrodectus*) — мутная подвижная жидкость; раств. в Н<sub>2</sub>О; при высыхании образует кристаллы; выше 60 °С теряет активность. Активное начало — α-латроксин — полипептид с мол. массой ок. 130 тыс. (димер), ЛД<sub>50</sub> 0,04 мг/кг, мыши, в/м; действует на пресинаптит. уроне, вызывая массовый выброс медиатора из везикул. При этом он, видимо, модифицирует мембраны и изменяет их проницаемость.

Симптомы отравления: болевой синдром, нервно-мышечные и вегетативные расстройства. Боли захватывают конечности, живот, поясницу, грудь. Психомоторное возбуждение сменяется депрессией, возможно помрачение сознания. Выражены расширение зрачков, потоотделение, бронхоспазм. Смертельные исходы — 2–4%. Лечение: введение сыворотки, р-ров солей Ca и Mg, симптоматич. средств.

Иным характером токсич. действия («некротическим арахидизмом») и составом обладает яд пауков рода *Loxosceles* (Сев. Америка). В яде обнаружены гиалуронидаза, липаза, щелочная фосфатаза, алиэстераза, протеаза, 5'-нуклеотидаза и сфингомелинидаза Д, а также инсектотоксины. Присутствие сфингомелинидазы Д определяет дерматонекротич. действие яда и промотирует слипание тромбоцитов и распад эритроцитов. Симптомы отравления: гемолитич. анемия, тромбоцитопения, внутрисосудистое свертывание крови, гемоглобинурия, почечная недостаточность. Возможен смертельный исход. Лечение: введение сыворотки, симптоматич. лекарств. терапия.

В яде паука *Atrax robustus* (Австралия) содержатся нейротоксин (атраксин, мол. м. 1130), γ-аминомасляная к-та, белок спермин и гиалуронидаза. Токсин и нативный яд обладают прямым действием на α-адренорецепторы и вызывают также высвобождение ацетилхолина из холинергич. нервных окончаний. Симптомы отравления: местная боль, слюно- и слезотечение, фибрилляция мышц, тахикардия, повышение артериального давления. Лечебные средства: сыворотка, диазепам, атропин, кортикостероиды.

Токсин (мол. м. ~10500; 77 аминокислотных остатков; ЛД<sub>50</sub> 0,1 мг/кг, мыши, в/м), обладающий паралитич. действием, содержится в яде птицяда (Танзания).

Среди клещей к ядовитым относится неск. видов родов *Ixodes* и *Ornithodoros*. В слюнных железах *I. holocyclus* (Австралия) найден паралитич. токсин с мол. м. ~50 тыс., к-рый, как считают, на пресинаптит. уроне разобщает процесс деполяризации нервных окончаний и механизм секреции медиатора. Укус клеща приводит к развитию паралича, заканчивающегося часто смертельным исходом. В качестве лечебного средства используют сыворотку.

Токсины (мол. м. ~10 тыс.) — ингибиторы протеаз — содержатся в яйцах иксодовых клещей *Amblyomma hebraeum*, *Voophilus decoloratus*, *V. micropus* и др. При введении этих токсинов эксперим. животным наблюдаются повышение чувствительности, отсутствие аппетита, конъюнктивиты, насморк, понос с кровью.

Яды перепончатокрылых (пчелы, осы) — обычно слабоподвижные, бесцв. или слабоокрашенные жидкости; раств. в Н<sub>2</sub>О; при высыхании образуют буроватые пластинки; в твердом состоянии сохраняют активность неск. лет. Орг. р-рители, соли тяжелых металлов, прямое солнечное облучение, конц. щелочи и к-ты, окислители инактивируют яды. Нагревание (~100 °С, ~30 мин) частично или полностью инактивирует яды. Нек-рые яды обладают относительно высокой токсичностью; напр., для мышей ЛД<sub>50</sub> мг/кг, в/в, составляют: 0,25 — *Pogonomyrmex comanche*; 0,45 — *P. badius* и *P. rugosus*; 2,5 — шершень *Vespa orientalis* и оса *H. joglandis*; 3,5 — обыкновенная пчела *Apis mellifera*; 7,2 — шмель *Bombus impatiens*. Хотя кол-во выделяемого при ужалении яда невелико (напр., у осы *H. joglandis* ~0,013 мм<sup>3</sup>), даже единичные укусы (особенно шершней и ос тропич. зоны) могут привести к смертельному исходу, если возникает быстро развивающаяся аллергич. р-ция.

Картина поражения зависит от вида насекомого, числа ужалений и др. факторов. Наиб. опасными для человека считаются насекомые, ведущие обществ. образ жизни. Основные симптомы отравления: боль, отек, гиперемия (в случае шершней возможны некротич. процессы); возможны аллергич. р-ции (крапивница, отек гортани). Обычно яды обществ. пчел и ос действуют также на вегетативную и центр. нервные системы; как следствие наблюдаются тахикардия, судороги и параличи, боли в области сердца, общая слабость, обморок. Возможна смерть от паралича дыхания. Лечение – симптоматическое. Рекомендуют холод на место ужаления. В тяжелых случаях вводят адреналин, кортикостероиды и антигистаминные средства. В нек-рых странах (напр., США) проводят профилактич. иммунизацию лиц, склонных к аллергиям, р-циям.

Яды обществ. пчел и ос имеют много общих элементов состава (табл. 3) и характеризуются относительно невысоким содержанием ферментов, напр. в нативном яде пчел: воды ~ 88%, пептидов ~ 7%, ферментов 1–2%. Характер токсич. действия определяют в осн. полипептиды и биогенные амины. При поражении ядом шершней характерны геморрагия и гемолиз, что связывают с неск. иным соотношением компонентов.

Табл. 3.– ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЯДОВ ПЧЕЛ, ОС И ШЕРШНЕЙ

Тип компонента	Пчелы	Осы	Шершни
Биогенные амины	Гистамин (дофамин и норадrenalин в тонни незначит. кол-ве)	Гистамин, серо-надреналин, дофамин, серотонин, ацетилхолин	Гистамин, адреналин, норадrenalин, дофамин, серотонин, ацетилхолин
Полипептиды	Мелиттин, апамин, МСД-пептид*, тер-тиапин, секапин (гистаминсодержащие тетра- и пентапептиды – минорные компоненты)	Кинины, МСД-пептид*, нейротоксин, гемолизин	Кинины, нейротоксины
Ферменты	Фосфолипаза А, гиалуронидаза, кислая фосфатаза	Фосфолипаза А, гиалуронидаза, ДНК-азы	Фосфолипазы А и В, гиалуронидаза, протеазы, ДНК-азы

\*Вызывает дегрануляцию тучных клеток.

Группа ядов жуков включает самый мощный зоотоксин – одноцепочечный полипептид диамфотоксин (мол. м. 60 тыс.; ЛД<sub>50</sub> 0,000025 мг/кг, мыши, в/в), содержащийся в личинках листоедов-диамфидий (*Diamphidia locusta* и *D. nigro-ornata*; распространены в Африке). В концентрации 5·10<sup>-11</sup> моль/л диамфотоксин вызывает гемолиз отмытых эритроцитов, что, возможно, обусловлено образованием в мембране каналов для малых ионов (K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>). При введении животным вызывает внутрисосудистый гемолиз, сопровождающийся интенсивной гемоглобинурией, развитием нефрита; гемолитич. анемия приводит к адинамии животных, резкому падению мышечного тонуса и параличам. Ядовитые св-ва личинок диамфидий давно известны бушменам, к-рые использовали их для приготовления яда для стрел (одной стрелой можно убить жирафа массой до 500 кг).

Многие жуки, напр., колорадский (*Leptinotarsa decemlineata*), имеют гемолимфу, токсичную для насекомых и млекопитающих. Так, токсич. доза гемолимфы колорадского жука для мышей ~ 5 мкл. У животных наблюдаются контрактура мышц в месте инъекции, снижение двигат. активности и угнетение внеш. дыхания; перед смертью развиваются судороги, вращат. движение. Активное начало гемолимфы – белок лептинотарзин (мол. м. ~ 50 тыс.), устойчивый к действию протеолитич. ферментов и действующий in vitro на нервно-мышечные окончания.

Основные активные компоненты ядов кишечнорастворимых (медузы, коралловые полипы; табл. 4) – в-ва белковой природы (нейро-, кардио-, гемо- и цитотоксины, ферменты, гистаминолибераторы, в-ва кининоподобного дей-

Табл. 4.– ТОКСИЧНОСТЬ БЕЛКОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ЯДОВ КИШЕЧНОПОЛОСТНЫХ И НАТИВНОГО ЯДА ФИЗАЛИИ

Вид животного	Компонент или нативный яд	Мол. м. (число аминокислотных остатков)	ЛД <sub>50</sub> мг/кг (мышь, в/в)
Морская крапива <i>Chrysaora quinquecirrha</i>	Белок	~ 150 000	0,3
Корнеротная медуза <i>Stomatolopus meleagris</i>	Белок	~ 300 000	0,03
Медуза <i>Syanea capillata</i>	Смесь белков	~ 70 000	0,7
Активная <i>Anemonia sulcata</i>	Нейротоксин AS <sub>2</sub>	4483 (46)	0,02
Активная <i>Anthopleura xanthogrammica</i>	Нейротоксин AX <sub>1</sub>	5138 (49)	0,066
	Нейротоксин AX <sub>2</sub>	5725 (51)	0,008
Мадреporовые кораллы <i>Goniopora sp.</i>	Белок	12 000	0,3
Сифонофора физалия <i>Physalia physalis</i>	Нативный яд	—	60

ствия). Обладая сложным составом, эти нативные яды имеют очень широкий спектр токсич. действия.

Яды медуз помимо токсичных белков содержат также биогенные амины, ферменты, простагландины (напр., морская крапива *Chrysaora quinquecirrha*), кининоподобные в-ва, углеводы, гистаминолибераторы. Минорные компоненты ядов полипов – фосфолипаза А (*Aiptasia*), ингибиторы протеаз (*A. sulcata*), полипептиды с антигистаминной активностью (*Tealia felina*), антикоагулянты (*Rhodactis howesi*). Нек-рые виды кораллов (*Gorgonaria*, *Zoantharia*) содержат в качестве активных компонентов в-ва небелковой природы (в частности, палитоксин, см. ниже).

Яды кишечнорастворимых содержатся в стрекательных клетках (нематоцитах, или киндобластах), что осложняет изучение и характеристику нативного яда. Обычно их описывают как бесцв. подвижные жидкости, теряющие активность при нагр., обработке орг. р-рителями и окислителями. Нативным ядам обычно свойственны местное (сильная боль, воспаление, иногда некроз тканей) и общетоксич. действие (нарушение сердечной деятельности и дыхания, судороги, кровоизлияния и др.). Лечение обычно симптоматич. В случае «ожогов» от морских ос используют сыворотку и мазь.

Действующее начало яда брюхоногих моллюсков в рода конус (Conus) – пептиды с нейротропной активностью (табл. 5). Относительно подробно изучены пептиды (конотоксины) яда *C. geographus*. Они содержат 13–15 аминокислотных остатков с двумя дисульфидными связями, мол. м. 1500–2000. Конотоксины по характеру действия подобны постсинаптит. токсинам змей, но почти на порядок превосходят их по токсичности. В токсич. дозах вызывают у мышей вялый паралич и смерть от остановки дыхания.

Табл. 5.– ТОКСИЧНОСТЬ НАТИВНЫХ ЯДОВ КОНУСОВ И ИХ ТОКСИНОВ

Продукт	Нативный яд или белок	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг (мышь, в/в)
<i>C. geographus</i>	Нативный яд	0,25–2,5*
То же	Конотоксин I (мол. м. 2000)	0,01
<i>C. striatus</i>	Нативный яд	2,3
<i>C. californicus</i>	Экстракт ядовитого протока**	2,4
То же	Белок	0,5

\*Зависит от способа выделения яда. \*\*В состав входит минорный компонент (видимо алкалоид) с холиномиметич. активностью.

У человека уколы конусов вызывают сильную боль; в дальнейшем наблюдаются онемение мышц рта и конечностей, расстройства зрения и слуха, слюно- и слезотечение, паралич дыхания; возможен смертельный исход. Лечение – симптоматическое.

Яды бесхвостых амфибий (*Apuiga*) изучены лучше, чем яды конусов. Помимо белков с гемолитич. активностью, опиоидных пептидов, бради- и тахикининов кожные секреты амфибий содержат нейротоксичные алкалоиды и кардиотоксичные стероиды (см. ниже).

В группе активных пептидов особый интерес представляют тахикнины (содержатся в ядах свистунов из рода *Physalactus*, австралийских жаб из рода *Uperoleia*, квакш из рода *Hyla*, жерлянок из рода *Bombina* и др.), к-рые подобно брадикининам (см. *Кинины*) вызывают расширение кровеносных сосудов и падение артериального давления, но в отличие от последних приводят также к быстрому сокращению внесосудистой мускулатуры.

Из кожи *Phyllomedusa sauvagei* выделен новый класс сильных опиоидных пептидов — дерморфинов. Анальгетич. активность дерморфина  $\text{Tyr}-\text{D-Ala}-\text{Phe}-\text{Gly}-\text{Tyr}-\text{Pro}-\text{Ser}-\text{NH}_2$  в 11 раз выше, чем у морфина. Дерморфин — уникальный пример включения D-аминокислоты (D-аланина) в природную пептидную цепь.

Яды активно- и пассивно-ядовитых рыб и их активные белковые компоненты обладают относительно невысокой токсичностью для теплокровных. Напр., ЛД<sub>50</sub> (мг/кг, мыши, в/в) нативных ядов: крылатка *Pterois volitans* — 1,1; скорпена *Scorpaena guttata*, морские дракончики (*Tachinidae*), скат-хвостокол *Urolophus halleri* — 30; токсичных белков: крылатка (фракция с мол. м. 50–800 тыс.) — 0,9; бородавчатковые *Synanceiidae* (фракция с мол. м. 150 тыс.) ~ 0,2. Тем не менее яды активно-ядовитых рыб имеют токсикол. значение, т. к. поражения ими купающихся и ныряльщиков достаточно часты (у побережья США за год до 750 случаев поражений скатом-хвостоколом). Помимо токсичных белков в состав ядов обычно входят биогенные амины и ферменты (напр., холинэстераза — у дракончика, гиалуронидаза — у бородавчатковых, 5'-нуклеотидаза и фосфодиэстераза — у ската *U. halleri*).

Симптомы поражения при уколах активно-ядовитых рыб: сильная местная боль; в нек-рых случаях (напр., при уколах бородавчатковых и крылаток) — отек и некроз; часто наблюдаются затруднение дыхания, судороги или параличи, кома. При поражении ядом бородавчатковых, скатов, скорпеновых возможен смертельный исход. Лечение — симптоматическое; для частичного снятия боли рекомендуют горячую ванну.

Токсичные белки содержатся также в ядах невооруженных червей немертин (напр., слизистый секрет *Cerebratulus lacteus* содержит нейро- и цитотоксины), головоногих моллюсков (осьминоги *Eledone moschata* и *E. aldrovandi* продуцируют нейротоксин эледозин — ундекапептид, C-концевая последовательность к-рого имеет сходство с в-вом Р-медиатором болевой импульсации в спинном мозге), чешуекрылых [напр., пептид кайин (мол. м. 1000) бабочки медведицы токсичен для насекомых и теплокровных], полихет и нек-рых др. видов животных, не имеющих существ. токсикол. значения.

Яды небелковой природы формально делятся на 2 группы: 1) физиологически активные, но относительно низкотоксичные в-ва — минорные компоненты ядов белковой природы и

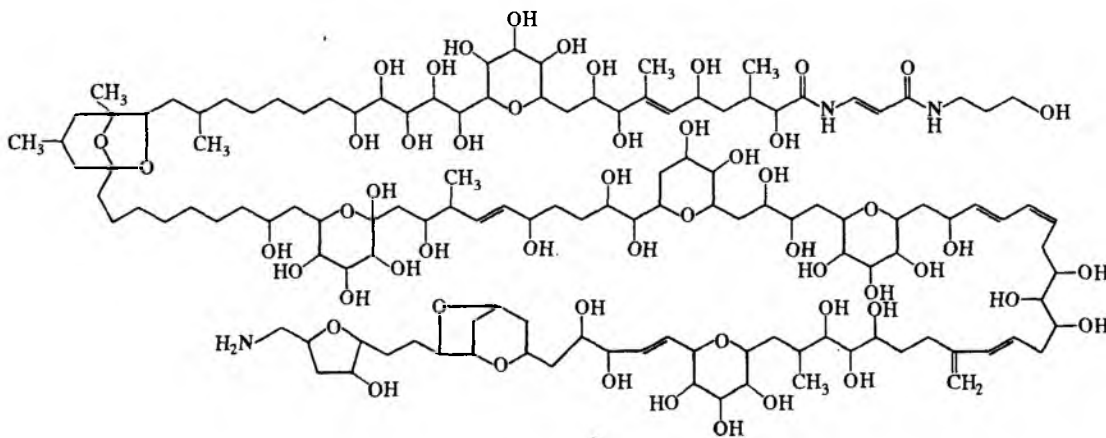
Табл. 6.— НЕКОТОРЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НЕБЕЛКОВОЙ ПРИРОДЫ, ВХОДЯЩИЕ В СОСТАВ ЯДОВ ЖИВОТНЫХ

В-во или класс соединений	Животное
Биогенные амины	Муравьи, бабочки-пестрянки, амфибии, скорпионы, пауки, пчелы, кишечнополостные и др.
Серная к-та H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Синильная к-та HCN	Моллюски Бабочки-пестрянки, многоножки <i>Apheloria</i> Муравьи
Карбоновые к-ты RCOOH (R = H, орг. радикал C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> ) Сложные эфиры R <sub>2</sub> COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub> N(CH <sub>2</sub> ) <sub>m</sub> [R = CH <sub>2</sub> =CH, (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> C=CH и др.]	Моллюски ( <i>Murex brandaris</i> , <i>M. fulvescens</i> и др.), каменные окуни
Аммониевые соли [RN(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> [R = CH <sub>2</sub> S(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> , (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> S <sup>+</sup> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> , Al(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> и др.]	Моллюски семейства <i>Turbinidae</i> , амфибии
γ-Аминомасляная к-та H <sub>2</sub> NCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> COOH	Пауки <i>Atax gobustus</i>
Гидрохиноны, хиноны, фенолы, камфороподобные в-ва, хинозолиноны	Жуки-бомбардиры, многоножки
Сапонины	Морские звезды, голотурни
Нейротоксич. алкалоиды, кардиотоксич. стероиды	Амфибии
Конденсир. азотсодержащие гетероциклы	Вооруженные немертины
Монотерпены, диалкилпиридины, производные пирразина, индолы	Муравьи ( <i>Mutrica natalensis</i> , <i>Soleopsis richeri</i> , <i>Pheidole pallox</i> )
Фурановые, гидрохиноновые и изоинтирильные сесквитерпеноиды	Губки, моллюски
Ароматич. бромиды	Губки
Полиолы, включающие тетрагидропириновые и фурановые циклы	Коралловые полипы

основные составляющие многокомпонентных ядов небелковой природы; 2) высокотоксичные в-ва, определяющие токсичность и характер физиол. действия нативного яда (их принято наз. «токсины»).

Многие соед. первой группы (ацетилхолин, гистамин, катехоламины, производные индола и др.; табл. 6) встречаются как в организме продуцента яда, так и реципиента. Токсич. эффект этих соед. обусловлен избыточностью их концентраций после попадания в организм реципиента и наложением эффектов поражения разл. биоминерной. Соед. второй группы обычно относятся к ксенобиотикам, т. е. чужеродным для реципиента в-вам. Наиб. активные представители рассмотрены ниже.

П а л и т о к с и н (ф-ла I) содержится в шестилучевых кораллах зоонтариях (*Polythoa toxica*, *P. tuberculosa*, *P. caribaeensis* и др.); возможно, продуцируется вирусом, находящимся в симбиозе с зоонтариями. Аборигены острова Таяити и Гавайских островов издавна использовали зоонтарии (наиб. токсичны женские особи со зрелыми яйцами в мас — сентябре) для приготовления отравленного оружия. Аморфное гигроскопичное бесцв. в-во; ограниченно раств. в ДМСО, пиридине и воде, плохо — в спиртах; не раств. в ацетоне, эфире

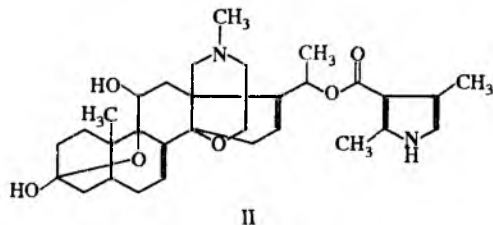


I



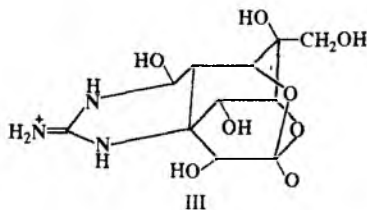
и  $\text{SbCl}_3$ ; разлагается при  $\sim 300^\circ\text{C}$ ; теряет активность в сильно кислых и щелочных средах. Высокоотоксичен для теплокровных: морские свинки, крысы, обезьяны –  $\text{LD}_{50}$   $(0,8-1,1) \cdot 10^{-4}$  мг/кг, в/в; кролики –  $0,2 \cdot 10^{-4}$  мг/кг, в/в; для человека, видимо, смертельные дозы  $(0,1-0,2) \cdot 10^{-4}$  мг/кг, в/в. Обладает кардиотоксич. действием. Гибель животных наблюдается через 5–30 мин в результате сужения коронарных сосудов и остановки дыхания. Вероятно, механизм действия обусловлен его прочным связыванием с  $\text{Na,K-ATP}$ -азами клеток нервной ткани, сердца, эритроцитов. Образующиеся в местах связывания в цитоплазматич. мембранах поры приводят к потере клетками ионов  $\text{K}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$  и их гибели. Симптомы поражения частично снимаются введением животным папаверина, аденозина и кортикостероидов (все вызывают накопление в клетках цикло-АМФ).

Батрахотоксин (II) содержится в кожных железах бесхвостых земноводных-древолазов из рода *Phylllobates*. Кристаллы, раств. в полярных орг. р-рителях; разлагается в сильнощелочных средах.  $\text{LD}_{50}$  0,002 мг/кг, мыши, подкожно (летальный исход через 8 мин). Обладает сильным кардиотоксич. действием, вызывая экстрасистолии и фибрилляцию желудочков сердца; свойственно также паралитич. действие на дыхат. мускулатуру, сердечную мышцу и мышцы конечностей. Стойко и необратимо повышает проницаемость покоящейся мембраны для ионов  $\text{Na}^+$ , блокирует аксональный транспорт. Антидоты не найдены; сильный антагонист – тетродотоксин.



II

Тетродотоксин (III) содержится в коже и яйцах жаб из рода *Atelopus*, яйцах калифорнийского тритона (*Taricha torosa*), слюнных железах осьминога (*Naralochlaena maculosa*), моллюсках (*Charonia saulinae* и *Babylonia japonica*), яичниках и печени рыб-иглобрюхов (*Fugu ocellatus obscurum*, *F. piphobles* и др.). Бесцв. кристаллы, т. пл.  $225^\circ\text{C}$  (с разл.); плохо раств. в воде, лучше – в подкисленных р-рах.  $\text{LD}_{50}$  0,008 мг/кг, мыши, в/бр (примерно в таких же дозах летален для человека). Обладает мощным нейротоксич. (избирательно блокирует  $\text{Na}$ -каналы в мембранах нервных окончаний) и гипотензивным действием. Используется в исследоват. практике (изучение мембранной проводимости, строения рецепторов и плотности ионных каналов); в ряде стран на его основе производится обезболивающие препараты.



III

Жабы *Atelopus chiriquiensis* продуцируют структурный аналог тетродотоксина – чирикитотоксин (содержит неидентифицир. радикал с мол.м.  $\sim 100$  вместо группы  $\text{CH}_2\text{OH}$ ). Блокирует также  $\text{K}$ -каналы возбудимых мембран.

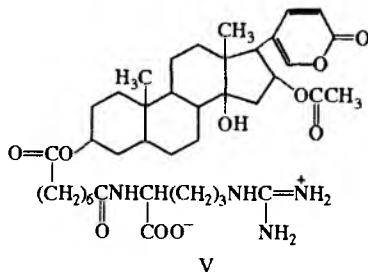
Пумилиотоксины содержатся в кожных железах бесхвостых земноводных-древолазов *Dendrobates pumilio* и *D. auratus* (кожная слизь использовалась в Панаме как яд для стрел). Выделены и изучены три токсина [A, B (ф-ла IV) и C]. Обладают относительно невысокой токсичностью [для мышей  $\text{LD}_{50}$  мг/кг, подкожно: 2,5(A), 1,5(B), 20(C)]. В токсич.

дозах вызывают нарушения координации движений, судороги, неполный паралич конечностей. Механизм действия связан с облегчением перехода  $\text{Ca}^{2+}$  через мембраны и сопряжением процесса возбуждения с сокращением мышц и секрецией медиаторов.

Кардиотонич. стероиды ядов жаб присутствуют в яде в качестве свободных (буфогенинов) и связанных (буфотоксинов) агликонов (генинов) – производных пергидропента(а)фенантрена. Буфогенины делятся на буфадиенолиды ( $\text{C}_{24}$ -стероиды) и карденолиды ( $\text{C}_{23}$ -стероиды). Последние по структуре близки агликонам гликозидов сердечных. Большинство кардиотонич. стероидов обладает сравнительно высокой токсичностью,  $\text{LD}_{50}$  (кошки, в/в) от 0,01 до 0,1 мг/кг.

Характерные особенности действия ядов жаб: усиление деятельности сердца, стимулирование дыхания. холинергич. эффекты (напр., при введении буфалина наблюдаются судороги на фоне увеличения содержания в мозге ацетилхолина). Исследуются также радиозащитное и антибластич. св-ва ядов жаб.

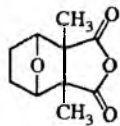
Буфотоксин (V) содержится в кожном секрете обычных жаб. Кристаллы горького вкуса, т. разл.  $204^\circ\text{C}$ , ограниченно раств. в полярных р-рителях, воде. Содержит в качестве генина буфадиенолид буфоталин. В токсич. дозах вызывает у кошек повышение артериального давления, учащение пульса, судороги, фибрилляцию желудочков сердца. Кардиотонич. действие м.б. связано с ингибированием активности транспортной АТФ-азы (подобно действию сердечных гликозидов). Полагают, что помимо прямой защитной ф-ции вида может играть роль феромона тревоги.



V

Самандарин (VI) – активное начало кожного секрета саламандр (минорные компоненты яда – др. стероидные алкалоиды, серотонин, гемолитич. белки). Кристаллы, раств. в этаноле, подкисленной  $\text{H}_2\text{O}$ ; из р-ров осаждаются солями аммония и фосфорномолибденовой к-той.  $\text{LD}_{50}$  мг/кг, подкожно: 3,4 – мыши, 1,0 – кролики. В токсич. дозах вызывает у животных возбуждение, судороги, нарушение сердечной деятельности; смерть наступает от остановки дыхания. С. обладает также сильным местноанестезирующим действием. Полагают, что основные симптомы поражения обусловлены прямым действием на центр. нервную систему и спинной мозг.

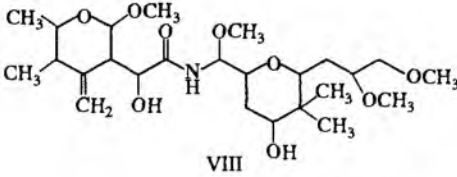
Кантаридин (VII) содержится в жуках-нарывниках (сем. *Meloidae*), напр. в испанской мушке (*Lytta vesicatoria*). Кристаллы, т. пл.  $218^\circ\text{C}$ ; плохо раств. в воде, хорошо – в жирах и маслах;  $\text{LD}_{50}$  для кошек и собак 1 мг/кг, в/в; для человека при приеме внутрь смертельная доза 40–80 мг. Обладает кожно-нарывным и афродизирующим действием (вызывающим половое возбуждение); при попадании капель гемолимфы жуков-нарывников на кожу поражаются устья фолликул с образо-



VII

ванием крупных волдырей: в случае поражений обширных участков кожи или попадания ядра ртуть ос возможны гломерулонефриты и циститы; развиваются параличи. Лечение – симптоматическое.

Педерин (VIII) содержится в гемолимфе жуков стафилинов-синекрылов (Paederus). Подобно кантаридину обладает кожно-нарывным действием, вызывая папулезный дерматит, с поражением глубоких слоев кожи. Пищевые отравления П. приводят к развитию энтеритов (часто наблюдаются у жителей Маршалловых о-вов при употреблении инфицированного синекрылами пальмового вина; отмечались также в Нижнем Поволжье, Бразилии, Алжире).



Аплизинатоксины содержатся в секреторной жидкости ядовитых брюхоногих моллюсков – морских зайцев (семейство Aplysiidae). Наиб. интерес представляют аплизинатоксин (IX; R = Br) и дебрамализинатоксин (IX; R = H), впервые выделенные в виде смеси соед. (ЛД<sub>50</sub> для мышей 0,3 мг/кг, в/бр). Оба соед. – кристаллы, ограниченно раств. в полярных орг. р-рителях. Введение животным вызывает нарушение координации движений, судороги, остановку дыхания. У людей, работавших с экстрактами токсинов, наблюдались отеки слизистых носа и полости рта, а также образование медленно заживающих язв на коже.

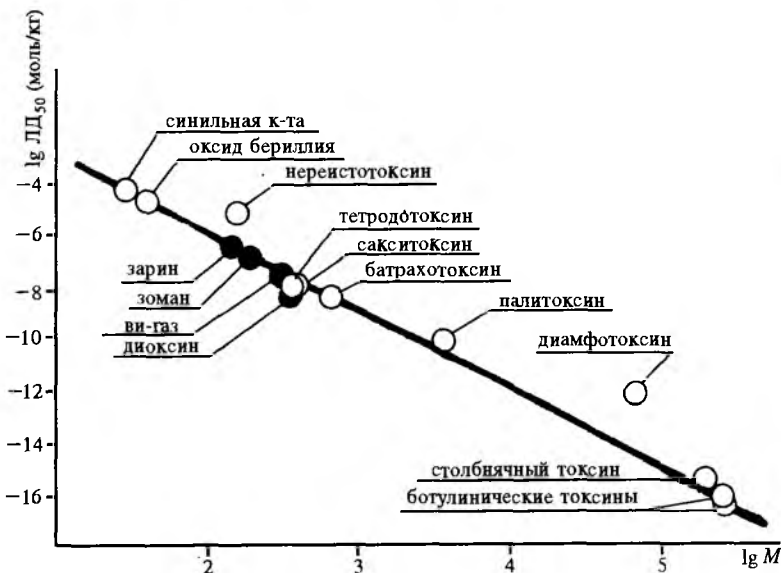
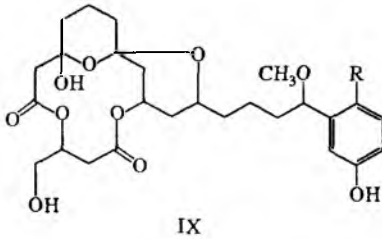


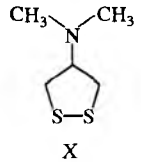
Табл. 7. – СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТОКСИЧНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ТОКСИНОВ ЖИВОТНЫХ

Токсин	Продукцент	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг (мышь)
Диамфотоксин	Личинки жука <i>Diamphidia locusta</i>	0,000025 (в/м)
Палитоксин	Коралловые полипы <i>Polithoa toxica</i>	0,00015 (в/бр)
Батрахотоксин	Кожный секрет бесхвостых земноводных рода <i>Phyllobates</i>	0,002 (п/к)
Тайптоксин (тайпотоксин)	Змея-тайпан <i>Ocuuranus scutellatus</i>	0,002 (в/м)
Тетродотоксин	Рыба-иглобрюх <i>Fugu</i> , моллюск <i>Babylonia japonica</i> , жаба <i>Atelopus varius</i>	0,008 (в/бр)
Тытютотоксин	Скорпион <i>Androctonus australis</i>	0,009 (в/м)
Чыриктотоксин	Жаба <i>Atelopus chiriquiensis</i>	0,01 (в/м)
Конотоксин I	Моллюск <i>Conus geographus</i>	0,012 (в/бр)
Нейротоксин II	Кобра <i>Naja oxiata</i>	0,084 (в/бр)
Токсин	Морской еж <i>Tripleneustes gratilla</i>	0,09 (в/в)
α-Латротоксин	Каракурт (род <i>Latrodecus</i> )	0,045 (в/бр)

\* В/м – внутримышечно; в/в – внутривенно; в/бр – внутривбрюшинно; п/к – подкожно.

**Сравнение токсичности разл. ядов.** Анализ данных по острой токсичности в-в природного происхождения (см. табл. 7, а также *Токсины, Яды растений*) позволяет сделать два вывода: 1) каждой выборке в-в с сопоставимыми значениями мол. масс соответствует нек-рое предельное значение миним. токсичных доз; 2) для совокупности наиб. токсичных в-в природного и синтетич. происхождения наблюдается прямая зависимость токсичности соед. от их мол. масс (рис.).

**Применение ядов.** Я. ж. используют в качестве лек. средств (напр., препараты на основе ядов пчел и змей традиционно применяют как обезболивающие и противовоспалит. средства; на основе ядов жаб издавна готовят стимуляторы сердечной деятельности, средства для лечения кровоизлияний и язв), в эксперим. терапии для диагностики и моделирования нек-рых заболеваний (нервной и сердечно-сосудистой систем, системы крови и др.), в н.-и. практике при изучении механизмов проведения нервного импульса, строения мембран клеток, мембранной проницаемости и др. На основе продуцируемого полихетаминеристотоксина (X), обладающего сильным нейротоксич. действием по отношению к насекомым, синтезирован и производится в пром. масштабе инсектицид падан – 1,3-бис-(карбамоилтио)-2-N,N-диметиламинопропан (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>NCH(CH<sub>2</sub>SCONH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>.



Лит.: Орлов Б. Н., Гелашвили Д. Б., Зоотоксикология, М., 1985; Natural toxins, Proc. 6-th Int. symp. on animal, plant and microbial toxins (Uppsala, 1979), Oxf., 1980; Habermeil G., Gifttiere und ihre Waffen, Einführung für Biologen, B.-[a. o.], 1983; Natural toxins. Animal, plant and microbial, ed. by J. V. Harris, Oxf., 1986. Г. И. Дрозд.

**ЯДЫ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ**, в-ва, воздействие к-рых на катализаторы приводит к снижению их активности вплоть до полной дезактивации (т. наз. отравление катализаторов). Причина отравления – взаимод. Я. к. с активными центрами катализаторов или мех. экранирование последних. Молекулы Я. к. могут, напр., хемосорбироваться на пов-сти гетерогенных катализаторов, образовывать прочные координац. соед. с металлокомплексными катализаторами или солеподобные соед. с кислотнo-основными. По характеру действия различают обратимые и необратимые Я. к. К обратимым Я. к. относятся те, к-рые позволяют регенерировать катализатор и восстановить его каталитич. активность.

Особенно чувствительны к отравлению катализаторы, содержащие восстановленные металлы или ионы металлов в низких степенях окисления. Напр., гетерогенные Ni-, Pt- и Pd-ката-

лизаторы гидрирования и дегидрирования теряют активность под действием следов соед. серы ( $H_2S$ ,  $RSH$ ,  $RSR'$ ), а также орг. соед. Р или As, имеющих своб. электронную пару, или их гидридов. Установлено, что соед. неметалла, являющееся Я. к., накапливается на пов-сти гетерогенного катализатора, активность к-рого уменьшается почти линейно с повышением кол-ва яда.

Гомогенные металлокомплексные катализаторы, обычно представляющие собой металлоорг. соед., содержащие ионы металлов в низкой степени окисления, наиб. легко отравляются такими Я. к., как  $O_2$  и  $H_2O$ . Закрепление катализаторов на носителях во мн. случаях защищает их от отравления; так,  $AlCl_3$ , закрепленный на полистироле, в отличие от самого  $AlCl_3$ , практически не чувствителен к влаге, а фосфиновые комплексы  $Rh(I)$ , неустойчивые в присут.  $O_2$ , при закреплении на носителе стабильны на воздухе в течение длит. времени.

Для кислотных катализаторов ядами являются основания, в т. ч. азотистые, для основных – к-ты.

Действие Я. к. очень часто проявляется неодинаково для разл. р-ций, протекающих на данном катализаторе. Поэтому возникает возможность применения т. наз. селективного отравления для повышения избирательности действия катализатора. Напр., селективное отравление серебряных катализаторов соед. галогенов приводит к тому, что полное окисление этилена до  $CO_2$  и  $H_2O$  подавляется существенно сильнее, чем образование этиленоксида. В этом случае говорят о модифицировании катализатора. Иногда одно и то же в-во при одних концентрациях и т-рах ведет себя как промотор, а при других – как Я. к.

Для мн. гетерогенных катализаторов характерно неспецифич. отравление, возникающее вследствие блокировки активных центров их пов-сти отлагающимися на ней в-вами. Такая блокировка наиб. резко выражена у пористых катализаторов из-за экранирования устьев пор ядами. Наиб. частый вид блокировки – зауглероживание (закоксовывание) пов-сти при проведении разл. р-ций, в частности крекинга. Регенерировать такие катализаторы удается, как правило, выжиганием и, при необходимости, послед. восстановлением; процесс возможен только для достаточно термостабильных катализаторов. Этот же прием м.б. использован и в случае отравления  $H_2S$ ,  $PH_3$  и др. Я. к., имеющими неподеленные электронные пары. Для регенерации применяют также промывку р-рителями, изменение степени окисления Я. к. и др. методы.

Высокая чувствительность катализаторов к Я. к. обуславливает жесткие требования к чистоте используемого в катализе сырья и к строгому соблюдению технол. параметров процесса.

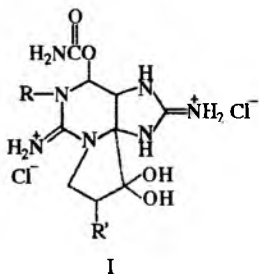
Лит. см. при ст. Катализ, Катализаторы.

Г. В. Лисичкин.

**ЯДЫ ПРОСТЕЙШИХ**, токсичные в-ва небелковой природы, продуцируемые одноклеточными жгутиковыми (подкласс *Phytomastigina*, отряд *Dinoflagellata*, роды *Gonyaulax*, *Gymnodinium*, *Peridinium*, *Gyrodinium*, *Noctiluca*, *Glenodinium*), содержащимися в нек-рых видах планктона.

При размножении динофлагеллят в воде скапливаются в-ва, окрашивающие воду в ржаво-красный цвет и обуславливающие известное с древнейших времен экологич. явление «красного прилива», сопровождающееся массовой гибелью рыб и др. морских организмов, а также массовыми отравлениями жителей стран, употребляющих в пищу морепродукты (яды накапливаются в моллюсках, рыбах и др. морских организмах).

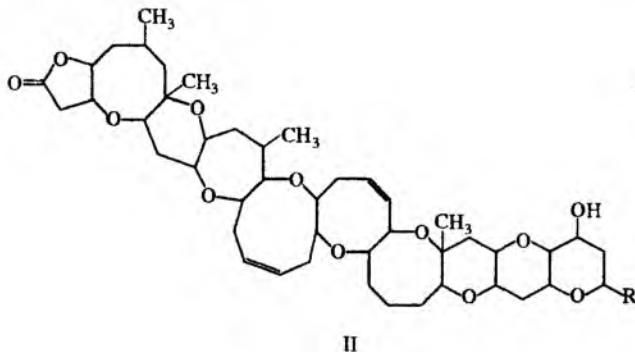
Наиб. изучен сакситоксин (продуцируют динофлагелляты *Gonyaulax catenella*, а также синезеленые водоросли) и его аналог. Сакситоксин (ф-ла I;  $R = R' = H$ ) – кристаллич. соед., раств. в метаноле, этаноле, не раств. в неполярных орг. р-рителях, устойчив



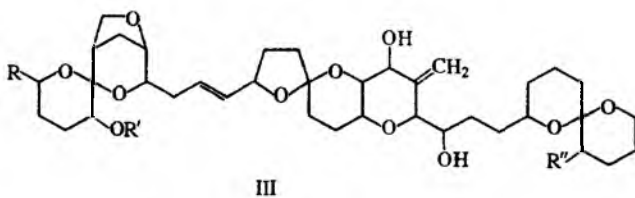
в кислых средах, разлагается в р-рах щелочей, устойчив до  $\sim 110^\circ C$ .  $LD_{50}$   $8 \cdot 10^{-3}$  мг/кг (мыши, подкожно),  $LD_{100}$   $4 \cdot 10^{-3}$  мг/кг (человек, перорально). Рыбы, моллюски и амфибии более устойчивы к его действию, чем теплокровные. Сакситоксин обладает нейротропной активностью; вызывает паралич дышат. мускулатуры, угнетение дышат. и сосудодвигат. центров. Первые симптомы отравления – онемение языка, губ, кончиков пальцев – проявляются спустя 30 мин после приема зараженной пищи. Далее развивается сердечно-сосудистая и дышат. недостаточность. Смерть наступает спустя 1–12 ч вследствие остановки дыхания. Лечение – симптоматическое (искусств. дыхание, analeптики, сердечно-сосудистые средства, щелочное питье). Токсич. действие обусловлено блокадой Na-каналов электроразбудимых мембран нервных и мышечных клеток. Токсин применяют для количеств. оценки плотности Na-каналов в мембранах клеток, при изучении строения каналов. Полученные данные использованы для создания новых высокоэффективных лек. препаратов, напр. местных анестетиков. Полагают, что сакситоксин можно применять как антибластич. средство.

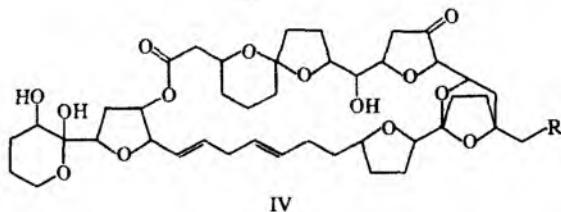
Неосакситоксин (I;  $R = OH, R' = H$ ) и гониатоксины I и II (ф-ла I; соотв.  $R = H, R' = OSO_3^-$  и  $R = OH, R' = OSO_3^-$ ) обладают несколько меньшей токсичностью; механизм действия, симптомы отравления, лечение поражений в осн. аналогичны сакситоксину.

Динофлагелляты *Ptychodiscus brevis* продуцируют группу токсинов, из к-рых наиб. изучен и активен бреветоксин A [ф-ла II;  $R = CH_2C(=CH_2)CHO$ ], действие к-рого обусловлено блокадой нервно-мышечной передачи.  $LD_{50}$  бреветоксина A (неочищенный препарат) 0,5 мг/кг (мыши, внутривенно). Симптомы отравления; слонотечение, сильный насморк, самопроизвольная дефекация, вялый паралич мышц, заканчивающийся смертью от остановки дыхания.



Из динофлагеллят *Dinophysis fortii*, *D. accuminata*, *Procerotruncus lima* выделен ряд в-в, ответственных за отравления «диаретич. типа». Интоксикация сопровождается тошнотой, рвотой и очень сильными болями в области живота. Первые симптомы возникают спустя  $\sim 30$  мин после приема зараженной пищи. Отравление вызывается окадаевой к-той [III;  $R = CH_2CH(OH)COOH, R' = R'' = H$ ] и ее производными – динофизистоксинами I и III [ф-ла III;  $R = CH_2CH(OH)COOH, R'' = CH_3$ , соотв.  $R' = H$  и  $R' = ацил$ ], а также пектенотоксинами I и II (ф-ла IV; соотв.  $R = OH$  и  $R = H$ ). Все токсины этой группы высокоактивны;  $LD_{50}$  мг/кг (мыши, внутривенно): окадаевая к-та 0,12, пектенотоксины  $\sim 0,25$ . Динофизистоксины в дозах 0,03 мг вызывают тяжелую интоксикацию.





IV

Один из наиб. мощных Я. п. майтотоксин продуцируется динофлагеллятами *Gambierdiscus toxicus*. Из этих же флагеллят, а также внутренностей мн. видов рыб (напр., мурены *Lycodontis javanicus* и макрели *Scomberomorus comptonson*) выделен несколько менее активный с и г у а т о к с и н и др. Я. п. Эта группа токсинов служит причиной периодич. массовых пищ. отравлений («сигуатера») жителей тропич. и субтропич. зон. Характерные признаки отравления: онемение языка и губ, сухость во рту, тошнота, боли в области живота и конечностей; в тяжелых случаях наблюдаются нарушение координации движений, параличи, кома и смерть.

Точная структура майтотоксина и сигуатоксина не установлена. Токсины имеют сходные структурные фрагменты. Мол. м. 1100–1500. ЛД<sub>50</sub> сигуатоксина разл. степени очистки 0,45–0,8 мг/кг (мышь, внутривенно); ЛД<sub>50</sub> майтотоксина ~ 0,0002 мг/кг (мышь, подкожно).

Сигуатоксин – липофильное соед., раств. в метаноле, петролейном и диэтиловом эфирах, хлороформе; не раств. в воде. Селективно действует на потенциалзависимые Na-каналы в нервных и мышечных клетках, а также в синаптич. окончаниях. В синапсосамах мозга стимулирует высвобождение нейромедиаторов – γ-аминомасляной к-ты и дофамина, действие на адренергич. нервные окончания связано с высвобождением катехоламина. Видимо, нарушения проницаемости мембран нервных клеток в значит. части имеют необратимый характер, т.к. повторные отравления обычно протекают в более тяжелой форме и чаще завершаются смертельным исходом.

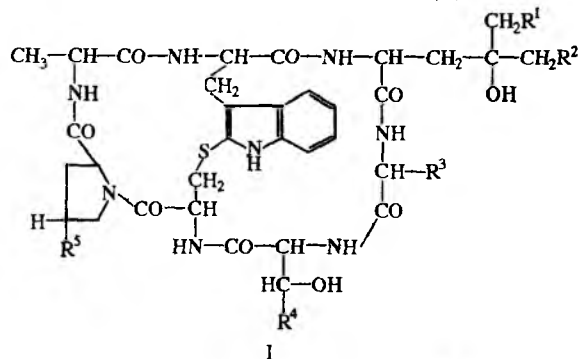
Майтотоксин обладает мощным паралитич. действием, обусловленным модификацией потенциалзависимых Са-каналов, повышением концентрации Са<sup>2+</sup> внутри нервных клеток, спонтанным выбросом ацетилхолина и устойчивой постсинаптич. деполаризацией.

Лит.: Yasumoto T. [а. о.], «Tetrahedron», 1985, v. 41, № 6, p. 1019–25; Shimizu Y. [а. о.], «J. Am. Chem. Soc.», 1984, v. 106, № 21, p. 6433–34. См. также лит. при ст. Яды животных. Г. И. Дрозд.

**ЯДЫ РАСТЕНИЙ**, представлены большим многообразием типов соед. (от простых, напр., HCN или FCH<sub>2</sub>COOH, до белков и пептидов), обладающих разл. механизмами токсич. действия.

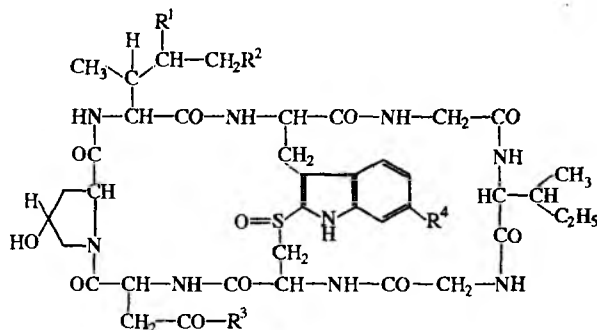
**Я. р. белковой природы.** Выделенные в индивидуальном состоянии и достаточно хорошо изученные соед. этой группы относительно немногочисленны. К ним в первую очередь относятся гликопротеины *рицин*, сходный с ним по строению и механизму действия абрин (выделен из тропич. растения абрус – *Abrus precatorius*, семейство бобовых; мол. м. 65 тыс.) и циклопептиды бледной поганки.

Яды грибов из рода мухомор (*Amanita*) – фаллотоксины и аматоксины (соотв. ф-лы I, II) – содержатся в разл. видах: бледной поганке (*A. phalloides*), мухоморе вонючем (*A. virosa*), весеннем (*A. verna*) и др. Молекулы этих соед. представляют собой бициклич. полипептиды, в к-рых мостик содержит фрагмент молекулы триптофана или его производных. Механизм токсич. действия аматоксинов у человека и животных связан с ингибированием ДНК-зависимой РНК-полимеразы (см. *РНК-полимеразы*); фаллотоксины необратимо связываются с примембранным актином, вызывая его полимеризацию, что приводит к нарушению мембран гепатоцитов (клеток печени). Для мышей ЛД<sub>50</sub> (в мг/кг) при пероральном введении (через рот) наиб. активных токсинов: 1 – α-аманитин, 3 – β-аманитин, 7 – γ-аманитин, 10 – фаллоин, 28 – фаллоидин. Для человека смертельная доза α-аманитина 5–7 мг, фаллоидина 20–30 мг (в одном грибе в среднем



I

	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	R <sup>3</sup>	R <sup>4</sup>	R <sup>5</sup>
Фаллоидин	ОН	Н	СН <sub>3</sub>	СН <sub>3</sub>	ОН
Фаллоин	Н	Н	СН <sub>3</sub>	СН <sub>3</sub>	ОН
Фаллизин	ОН	ОН	СН <sub>3</sub>	СН <sub>3</sub>	ОН
Фаллацидин	ОН	Н	СН(СН <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	СООН	ОН
Фаллин В	Н	Н	СН <sub>2</sub> С <sub>6</sub> Н <sub>5</sub>	СН <sub>3</sub>	Н



II

	R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	R <sup>3</sup>	R <sup>4</sup>
α-Аманитин	ОН	ОН	NH <sub>2</sub>	ОН
β-Аманитин	ОН	ОН	ОН	ОН
γ-Аманитин	ОН	Н	NH <sub>2</sub>	ОН
ε-Аманитин	ОН	Н	ОН	ОН
Аманин	ОН	ОН	ОН	Н
Аманулин	Н	Н	NH <sub>2</sub>	ОН

содержится до 10 мг фаллоидина, 8 мг α-аманитина и 5 мг β-аманитина). Скрытый период действия 6 – 48 ч. Первичные симптомы отравления: рвота, кишечные колики, боли в мышцах, жажда, холероподобный понос; возможно проявление желтухи и увеличение печени. Происходит снижение артериального давления, потеря сознания. Смерть наступает в результате токсич. гепатита и острой сердечной недостаточности. Первая помощь: промывание желудка, прием активиров. угля, искусств. дыхание.

Токсичный гликопротеин *фламмулин* (мол. м. 22 тыс.) продуцируется зимним грибом (*Flammulina velutipes*). Его полипептидная часть содержит 192 аминокислотных остатка. Для мышей ЛД<sub>50</sub> при внутривенном введении (в/вр) 2,4 мг/кг. Этот токсин обладает кардиотоксич. действием, вызывает лизис эритроцитов. Подобным действием обладает вольвоксин А (ЛД<sub>50</sub> 1,2 мг/кг, мышь, в/бр) – сложный полипептид, состоящий из вольвоксинов А1 и А2 с мол. м. 45–50 тыс. и 24–25 тыс. соответственно, содержащийся в грибах вольвариелла съедобная (*Volvariella volvaceae*).

Нек-рые микроскопич. грибы (см. *Микотоксины*) и водоросли также продуцируют токсичные пептиды. Напр., гриб из рода пеницилл (*Penicillium islandicum*) содержит цикло-

пептид циклохлоратин (мол. м. 572; ЛД<sub>50</sub> 0,4 мг/кг, мыши, в/бр), обладающий гепатотоксич. действием, вызывающий респираторную недостаточность и геморрагич. поражения кишечника. Синезеленые водоросли *Microcystis aeruginosa* продуцируют микроцистистоксин, являющийся циклодекапептидом с мол. м. ок. 1200 и обладающий выраженной нейротоксич. действием (ЛД<sub>50</sub> 0,4 мг/кг, мыши, в/бр). Летальный исход наступает в течение 30 мин в результате остановки дыхания. В больших дозах этот токсин вызывает также кровоизлияния в легких и печени, обширные тромбозы.

Большая группа токсичных в-в белковой природы выделена из разл. видов семейства омеловых (*Dendrophthora clavata*, *Phoradendron* и др.), кротона (*Croton tiglium*), модеки и адении из семейства страстоцветных (*Modoca digitata* и *Adenia volkensii*), момордики, или индийского огурца, из семейства тыквенных (*Momordica charantia*), растения из семейства бобовых *Canavalia ensiformis* и др. высших растений.

Большинство токсичных в-в из омелы (денлатоксины А и В, лигатокины А, форатоксин, вискотоксины А 2 и В) представляет собой одноцепочечные полипептиды с мол. м. 4900–6000, содержащие в молекуле ок. 50 аминокислотных остатков и 3 дисульфидные связи (ЛД<sub>50</sub> 0,5–1,6 мг/кг, мыши, в/бр). Вискотоксины омелы белой (*Viscum album*) вызывают рефлекторную брадикардию, кардиотоксич. эффект, гипотензию, сужение сосудов кожи и скелетных мышц.

Токсины кротин I (из кротона слабительного) и момодрин (из индийского огурца) представляют собой полипептиды с мол. м. 72 тыс. и 23 тыс. соответственно. Производимый страстоцветными модецин и волкензин – гликопротеины с мол. м. ок. 63 тыс. Все эти 4 токсина являются ингибиторами синтеза белка. Величины ЛД<sub>50</sub> (мг/кг, мыши, в/бр): для кротина – 1–36, для момодрина – 5, для модецина – 0,002, для волкензина – 0,0014.

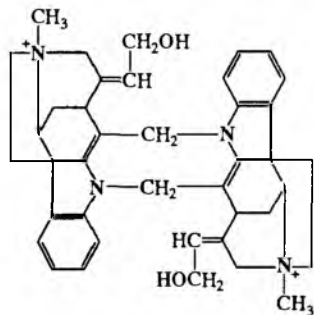
**Я. р. небелковой природы.** Среди этих в-в обычно выделяют 3 группы: 1) обладающие выраженной специфичностью действия и относительной общностью элементов структуры (напр., *алкалоиды*); 2) обладающие менее выраженной специфичностью действия, но большей универсальностью для растит. мира (напр., *гликозиды*, в первую очередь – *гликозиды сердечные* и *сапонины*); иногда в эту группу включают терпеноиды, *флавоноиды* и орг. к-ты; 3) остальные токсичные соединения, происхождения, обладающие разнообразием структурных типов и механизмов действия и практически не поддающиеся классификации.

Алкалоиды вырабатываются высшими, преим. цветковыми, растениями. Полагают, что присутствие ядовитых алкалоидов во мн. цветковых и бурное развитие последних в меловом периоде послужило причиной вымирания динозавров и др. травоядных рептилий. К числу наиб. токсичных относятся в осн. алкалоиды 3-х классов: индольные (напр., *стрихнин*, *курарин* и *физостигмин*), дитерпеновые (напр., *аконитин*) и пиридиновые (напр., *никотин*).

Стрихнин и бруцин содержатся в разл. видах представителей рода *strychnos*, в т. ч. чилибухи (*Strychnos nux-vomica*). Стрихнин поражает в первую очередь спинной мозг, затем центр. нервную систему; в результате ухудшаются зрение, слух и обоняние, нарастают судороги; смерть наступает в результате паралича дыхат. центра. Для мышей ЛД<sub>50</sub> 0,4 мг/кг при внутримышечном введении (в/м); летальная доза для человека при пероральном введении – 200–300 мг. Для бруцина характерна курареподобная активность (см. *Курареподобные средства*); он примерно в 20 раз менее токсичен, чем стрихнин.

Группа кураринов включает неск. десятков токсичных алкалоидов, обладающих паралитич. активностью (продуценты – виды рода *strychnos S. toxifera* и *S. lasteniae*). Наиб. сильный яд этой группы – *С-токсиферин I* (ф-ла III), проявляющий парализующее действие для теплокровных в дозах 10 мг/кг (в опытах на нервных клетках). Летальная доза для человека при внутривенном (в/в) введении ок. 20 мг.

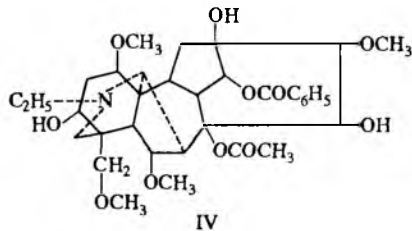
Аналогичным характером действия обладает тубокурарин – осн. действующее начало яда «кураре». Он менее токсичен, чем С-токсиферин I (ЛД<sub>50</sub> 0,2 мг/кг, мыши, в/м).



III

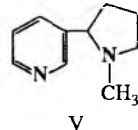
**Физостигмин** (эзерин; из плодов бобового растения физостигма ядовитая, или калабарские бобы, – *Physostigma venenosum*) и галантами (из клубней подснежников *Galanthus woronowii* и *G. nivalis*; см. *Амариллисовые алкалоиды*, *Антихолинэстеразные средства*) – ингибиторы холинэстераз. В больших концентрациях возбуждают и затем перевозбуждают парасимпатич. нервную систему. Смерть наступает в результате остановки дыхания (ЛД<sub>50</sub> 0,5 мг/кг, мыши, в/м).

**Аконитин** (IV) и близкий ему по св-вам зонгорин (ф-лу см. в ст. *Дитерпеновые алкалоиды*), содержащиеся в разл. видах аконита (*Aconitum soongaricum* и др.), обладают судорожно-паралитич. действием, к-рое обусловлено повышением проницаемости Na<sup>+</sup> в мембранах нервных и мышечных клеток и их деполаризации. Симптомы тяжелого отравления: учащение и затем замедление дыхания, озноб, потовыделение, боль в области сердца и аритмия, паралич скелетных мышц, понижение т-ры тела. Смерть наступает в результате остановки сердца и паралича дыхания. ЛД<sub>50</sub> 0,035 мг/кг (собаки, в/в), летальная доза для человека при пероральном введении – 2–5 мг. Первая помощь: промывание желудка р-ром танина, прием активир. угля, теплое питье.



IV

**Никотин** (V; т. пл. < –30 °С, т. кип. 246 °С с разл., d<sub>4</sub><sup>20</sup> 1,014–1,015) вырабатывается корнями табачных растений. Бесцв. маслянистая жидкость, хорошо раств. в воде и орг. р-рителях. Блокатор n-холинорецепторов (чувствительны к никотину) в симпатич. и парасимпатич. ганглиях скелетных мышц. При остром отравлении наблюдаются тошнота, рвота и брадикардия, затем – тахикардия, судороги и угнетение (вплоть до полной остановки) дыхания. ЛД<sub>50</sub> 0,3 мг/кг (мыши, в/м).

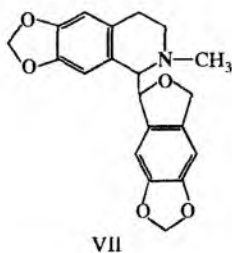
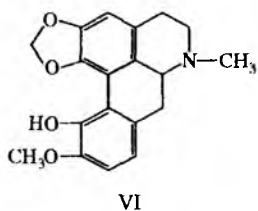


V

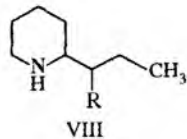
Козы и косули не восприимчивы к токсич. действию; летальная доза для человека при пероральном введении – 50–100 мг.

Растения семейства дымянковых *Fumariaceae* (хохлапка полая, хохлапка Горчакова, хохлапка Маршалла) содержат ядовитые алкалоиды группы бульбокапнина – бульбокапнин, бикукулин (соотв. ф-лы VI, VII) и др. Бульбокапнин оказывает влияние гл. обр. на центр. нервную систему. В небольших дозах он вызывает катаlepsию (вид двигат. расстройства), снижение артериального давления; в

больших (0,3–0,5 мг/кг, мыши) – судороги, заканчивающиеся смертью. Бикукулин – судорожный яд, блокирующий тормозные рецепторы  $\gamma$ -аминомасляной к-ты в нервной системе. При действии экстрактов, содержащих сумму алкалоидов дымяноквых, наблюдаются угнетение центр. нервной системы, восковая гибкость мускулатуры, замедление сердцебиения и дыхания (вплоть до полной остановки). Первая помощь при отравлениях: промывание желудка, прием активир. угля, искусств. дыхание.



Алкалоиды группы кониина [кониин (VIII; R = H) конгидрин (VIII; R = OH) и др.], содержащиеся в болиголове пятнистом (*Conium maculatum* L.), являются частыми причинами отравления домашнего скота и людей. При пероральном введении в дозах 50–150 мг они вызывают у человека восходящий паралич, тахикардию, остановку дыхания.

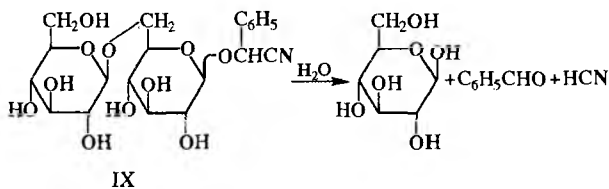


В сравнительно больших дозах тяжелые и смертельные отравления человека вызывают алкалоиды и др. групп. Напр., широко используемый в медицинской практике морфин вызывает летальный исход при пероральном введении 100–300 мг.

К Я. р., содержащим в молекуле остаток углевода, относятся гликозиды. В этом ряду выраженной физиол. активностью обладают сердечные гликозиды. В качестве агликона их молекулы содержат лактоны стероидной природы. Сердечные гликозиды продуцируются лютиковыми Ranunculaceae, норичковыми Scrophulariaceae, шелковицей Moraceae и др. В токсич. дозах (для кошек 0,1–1 мг, для человека 3–7 мг; в зависимости от способа введения) вызывают остановку сердца в фазе систолы. При тяжелых отравлениях наблюдаются тошнота, рвота, брадикардия, трепетание желудочков сердца. Многие гликозиды (напр., дигитоксин) обладают кумулятивными св-вами. Токсич. эффект обусловлен в осн. нарушением работы Na-K-насоса в миокарде, что приводит к дефициту внутриклеточного K<sup>+</sup>.

Другая группа активных гликозидов – сапонины, большинство из к-рых является гемолитич. ядами. Гемолиз у наземных позвоночных наблюдается при разведении 1:5 · 10<sup>4</sup> (для рыб при 1:10<sup>6</sup>). Сапонины продуцируются нек-рыми растениями семейств бобовых (Abaceae), сапотовых (Sapotaceae), астровых (Asteraceae), аралиевых (Araliaceae) и др. Тритерпеноидные сапонины раздражают слизистые, вызывают рвоту, понос, кровоизлияния, нарушения сердечно-сосудистой деятельности, одышку; угнетение центр. нервной системы обуславливает судороги и параличи. При высоких дозах возможна очень быстрая гибель человека или животного в результате паралича дыхат. центра. Специфич. высокая токсичность сапонинов по отношению к рыбам связана со способностью этих в-в нарушать функционирование жабр. Сапонин дигитонин используют в биохим. исследованиях для сольubilизации и реконструкции биол. мембран.

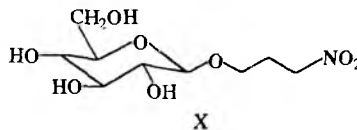
Третья группа Я. р. небелковой природы включает соед. разл. структурных типов. Простейшее ядовитое соед. HCN присутствует в растениях в связанной форме в виде цианогенных гликозидов (напр., амигдалин; ф-ла IX), к-рые высвобождают HCN в процессе ферментативного гидролиза после повреждения клетки:



Амигдалин присутствует в ядрах абрикосовых косточек. Употребление в пищу ок. 100 г ядрышек (1 г амигдалина) обычно вызывает у человека летальный исход (токсичность HCN обусловлена ее способностью образовывать комплекс с цитохромоксидазой и блокировать тем самым клеточное дыхание).

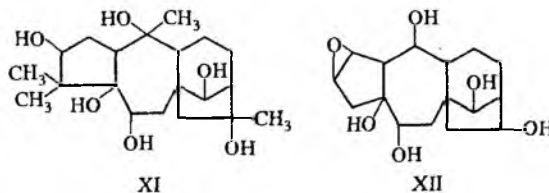
Другой простейший яд – фторуксусная кислота. В форме калиевой соли она содержится в тропич. растении дихапетадум цимозный (*Dichapetalum cymosum*). Токсичность этого соед. значительно различается для разных видов животных. Так, ЛД<sub>50</sub> (мг/кг) при пероральном введении для собак – 0,07, крыс – 7, лошади – 1, для человека – 2–10. В плодах произрастающего там же растения дихапетадума ядовитого (*D. toxicarium*) содержатся менее токсичные к-ты –  $\omega$ -фторолеиновая и  $\omega$ -фторпальмитиновая. Местное население использовало эти яды для смазывания наконечников стрел и как отраву для крыс. Механизм токсич. действия фторуксусной к-ты связан с превращением ее в трикарбонных кислот цикле во фторцитрат – мощный ингибитор фермента аконитазы, что обуславливает нарушение обмена в-в.

Часто причиной массовых отравлений и гибели домашнего скота является употребление им в пищу астрагала смертельного (*Astragalus miser*) из семейства бобовых, содержащего мизеротоксин (X) –  $\beta$ -гликозид нитропропанола. Считается, что токсин в результате гидролиза продуцирует 3-нитропропанол, к-рый поражает в головном мозге центры, ответственные за дыхание и мышечные сокращения.

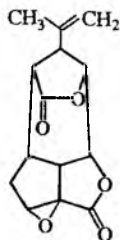


Ядовитые св-ва зонтичных – цикуты (*Cicuta virosa*) и лабазника (*Oenanthe crocata*) обусловлены присутствием в них токсичных ацилиновых диолов – цикутотоксина HO(CH<sub>2</sub>)<sub>3</sub>C $\equiv$ CC $\equiv$ C(CH=CH)<sub>2</sub>CH(OH)(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>3</sub> и энантиотоксина HOCH<sub>2</sub>CH=CHC $\equiv$ CC $\equiv$ C(CH=CH)<sub>2</sub>CH(OH)(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CH<sub>3</sub>. Оба токсина быстро всасываются из пищеварит. тракта, оказывая судорожное действие на центр. нервную систему (в результате изменения проницаемости Na-каналов хемовозбудимых мембран). Признаки тяжелого отравления у человека: головная боль, рвота, боли в животе, озноб, слюнотечение, клонико-тонические судороги. Смерть наступает в результате остановки дыхания (у крупного рогатого скота – после поедания ок. 200 г растит. массы).

Группа токсичных дитерпенов (грайанотоксина) содержит растения семейства рододендронов. Наиб. известные яды – грайанотоксин III (ф-ла XI) и родоспонин III (ф-ла XII) – нейротоксины, вызывающие повышение проницаемости мембран нервно-мышечной ткани для ионов Na<sup>+</sup>. Признаки отравления: слюнотечение, нарушение координации движений, судороги (ЛД<sub>50</sub> 0,4–0,6 мг/кг, мыши, в/бр).



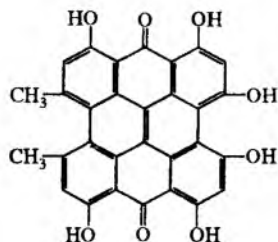




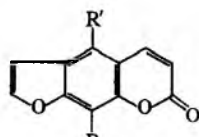
XIII

Пикротоксинин (XIII) – действующее начало яда растений семейства луносемянниковых (Menispermaceae) – антагонист  $\gamma$ -аминомасляной к-ты. Он обладает судорожным действием (ЛД<sub>50</sub> 0,03 мг/кг, крысы, в/в; 3 мг/кг, мыши, в/м).

Необычным действием обладают гиперин (XIV) из зверобоя пронзеннолистного (*Hypericum perforatum*), а также псорален (XV; R = R' = H), ксантотоксин (XV; R = OCH<sub>3</sub>, R' = H) и бергаптен (XV; R = H, R' = OCH<sub>3</sub>), встречающиеся в растениях семейства рутовых (Rutaceae), зонтичные (Umbelliferae), бобовые (Mogaseae). Эти в-ва накапливаются в коже и наружных тканях, делая их чувствительными к УФ и длинноволновому облучению. В результате на солнечном свете образуются дерматиты, очаги ожогового поражения и некролич. участки.



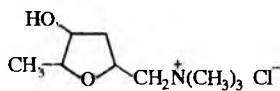
XIV



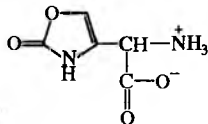
XV

Группу ядовитых в-в относительно простого строения содержат нек-рые виды высших грибов. Напр., мухомор красный (*Amanita muscaria*) продуцирует мускарин (XVI; т. пл. 181–182 °С), являющийся имитатором ацетилхолина по отношению к парасимпатич. постганглионарным синапсам (мускариночувствительным, или м-холинорецепторам). Мускарин снижает у человека артериальное давление (в дозах ок. 10<sup>-6</sup> мг/кг), амплитуду и частоту сердечных сокращений; в больших дозах вызывает спазмы мышц, судороги, слюнотечение и коматозное состояние (ЛД<sub>50</sub> 0,2 мг/кг, мыши, внутривенно; 0,7 мг/кг для человека при пероральном введении).

Мухоморы *A. muscaria* содержат также мусказон (XVII), обладающий психогенным действием (вызывает у человека потерю памяти и ориентировки, расстройство зрения), а разл. виды строчков (напр., *Gyromitra esculenta*) – один из простейших ядов гирометрин CH<sub>2</sub>CH=NN(CH<sub>3</sub>)CHO, симптомы отравления к-рым такие же, как и при действии ядов бледной поганки.

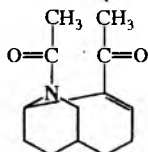


XVI

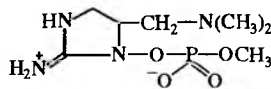


XVII

Из синезеленых водорослей выделены анабенатоксин (XVIII; быстродействующий смертельный фактор, или БДСФ) и анатоксин а(S) (XIX). Первый вызывает длит. постсинаптич. поляризацию синаптич. мембран и нейромышечную блокаду; смерть наступает от остановки дыхания (ЛД<sub>50</sub> ок. 0,1 мг/кг, мыши, в/бр), инкубационный период



XVIII



XIX

ок. 15 мин. Анатоксин а(S) обладает антихолинэстеразным действием и высокой токсичностью (ЛД<sub>50</sub> ок. 0,02 мг/кг, мыши, в/бр).

Я.р., являясь во мн. случаях источником опасности для человека и животных, как правило, не токсичны для представителей растит. мира. Большое число Я.р. (напр., многие алкалоиды, гликозиды, флавоноиды, сапонины) широко используют в мед. практике в качестве лек. ср-в. Многие Я.р. (напр., *тубокуарин*, *атропин*, физостигмин, ридин, мускарин) применяют в биохим. исследованиях.

Лит.: Горюнова С.В., Демина Н.С., Водородли – продуценты токсических веществ, М., 1974; Вассер С.П., в кн.: Актуальные вопросы современной ботаники, К., 1976; Барбье М., Введение в химическую экологию, пер. с франц., М., 1978; Харбори Д., Введение в экологическую биохимию, пер. с англ., М., 1985; Орлов Б.Н., Гелашвили Д.Б., Ибрагимов А.К., Ядовитые животные и растения СССР, М., 1990.

Г. Н. Дрозд.

**ЯНА-ТЕЛЛЕРА ЭФФЕКТЫ**, совокупность квантовых эффектов, проявляющихся у многоатомных молекул при понижении симметрии ядерной конфигурации под влиянием *электронно-колебательного взаимодействия*. Если у молекулы существуют геом. конфигурации высокой симметрии, напр. конфигурации с осью симметрии третьего или более высокого порядка, то электронные состояния такой молекулы м. б. вырождены. Коррелированные движение электронов и колебания ядер могут привести к искажению конфигурации и понижению симметрии, при этом вырождение снимается и *поверхность потенциальной энергии* расщепляется на две (или более, в зависимости от кратности вырождения и типа искажения). В общем случае одна из потенц. пов-стей опускается ниже энергии высокосимметричной конфигурации, другая – поднимается выше. Это означает, что минимум на потенц. поверхности отвечает не наиболее высокой по симметрии конфигурации  $Q_0$ , а менее симметричной  $Q_1$ . Таких минимумов м. б. столько, сколько получено потенц. пов-стей из конфигурации  $Q_1$  в результате операций симметрии, составляющих группу максимально высокого порядка, допустимого для данной молекулы (за исключением операций, отвечающих повороту системы как целого).

Обычно Я.-Т.э. рассматривают в т. наз. грубом приближении Борна – Оппенгеймера (см. *Адиабатическое приближение*). В качестве причины расщепления потенц. пов-стей принимается изменение электронно-ядерного взаимодейд. при переходе от конфигурации  $Q_0$  к конфигурации  $Q_1$ . В рамках более точного адиабатич. приближения снятие вырождения при переходе к низкосимметричной конфигурации является естественным и не связано с электронно-колеб. взаимодейд.

Г.А. Ян и Э. Теллер (1937) показали, что у многоатомной молекулы всегда найдется такое неполносимметричное колебание ядер, при к-ром электронная энергия вырожденного электронного состояния понижается, в результате чего минимум на потенц. пов-сти смещается к конфигурации ядер с более низкой симметрией. В этом заключается собственно Я.-Т.э. 1-го порядка: высокосимметричная конфигурация мол. системы при наличии электронного вырождения является неустойчивой и самопроизвольно деформируется. Волновые ф-ции и отвечающие им энергетич. состояния м. б. рассчитаны в рамках 1-го порядка *возмущений теории*. Так, для октаэдрич. комплексов переходных металлов искажение, ведущее к понижению симметрии двукратно вырожденного электронного состояния типа  $E_g$ , м. б. связано с его взаимодейд. с двукратно вырожденным колеб. уровнем  $e_g$  того же типа симметрии (см. *Симметрия молекул*). Для таких комплексов Я.-Т.э. проявляется в том, что у мол. системы существуют 3 эквивалентных минимума, отвечающих октаэдру, вытянутому (или сжатому) по одной из его 3 осей 4-го порядка. Если эти минимумы разделены невысокими барьерами, происходит туннельное расщепление энергетич. уровня. Между расщепленными уровнями возможны переходы, что проявляется в тонкой структуре оптич. спектров, изменении правил отбора, появлении новых линий в ИК спектре.

Если потенц. барьеры между минимумами достаточно высоки, то система, попав в один из них, будет находиться в нем продолжит. время; это т. наз. статич. Я.-Т.э., в отличие

от описанного выше «динамич.» эффекта. Обычно основное состояние молекулы невырождено, или, если вырождение есть, электронно-колебат. взаимод. не слишком велико и барьер между минимумами оказывается достаточно низким, т. е. имеет место динамич. Я.-Т. э. Статич. Я.-Т. э. наблюдаются, как правило, только при воздействии на мол. систему внеш. полей. В частности, при кооперативном увеличении высоты барьеров в кристаллах минимумах потенц. пов-сти отсечают такие конфигурации всей кристаллич. структуры, при к-рых вырождение для каждой отдельной молекулы или иона в кристалле снимается. Такое энергетически выгодное расположение локально искаженных фрагментов кристалла (в общем случае возникающее не только за счет Я.-Т. э.) м. б. разрушено тепловыми флуктуациями при повышении т-ры, что приводит, напр., к структурным фазовым переходам (т. наз. ян-теллеровские кристаллы). Для свободных молекул и мол. комплексов, т. е. в отсутствие внеш. воздействия, характерен именно динамич. эффект.

Электронно-колебат. взаимод. может быть достаточно сильным для того, чтобы даже в невырожденном основном электронном состоянии минимум на потенц. пов-сти сместился от наб. симметричной конфигурации  $Q_0$  к менее симметричной  $Q_1$ . Такой эффект наз. псевдоэффектом Яна-Теллера или Я.-Т. э. 2-го порядка, поскольку для расчета волновых ф-ций и электронных энергий используется 2-й порядок теории возмущений. При достаточно слабом псевдоэффекте Яна-Теллера минимум, отвечающий конфигурации  $Q_0$ , сохраняется, но потенц. пов-сть вблизи минимума становится более пологой. При сильном же псевдоэффекте минимум перемещается от конфигурации  $Q_0$  к конфигурации  $Q_1$ , причем  $Q_0$  становится локальным максимумом (говорят о структурной неустойчивости конфигурации  $Q_0$ ).

Для линейных многоатомных молекул с вырожденным электронным состоянием при деформационных колебаниях также возможно смещение минимума от линейной конфигурации (высокосимметричной) к менее симметричной изогнутой конфигурации; это т. наз. эффект Реннера-Теллера. Эффект м. б. слабым, тогда он проявляется лишь в том, что уменьшается силовая постоянная деформационного колебания линейной молекулы; сильный эффект приводит к нелинейной равновесной конфигурации молекул.

Экспериментально структурные и спектральные проявления Я.-Т. э. наблюдаются для нек-рых мол. кристаллов и кристаллов комплексов переходных металлов. С ним связывают, напр., подвижность координац. сферы Cu(II) в керамиках, формирование винтовой структуры в кристаллах типа CsCuCl<sub>3</sub>, структурные фазовые переходы в кристаллах, в т. ч. возникновение спонтанной поляризации и сегнетоэлектриках, особенности оптич. спектров, активацию молекул при их взаимод. с активными центрами катализаторов и др. С Я.-Т. э. связывают и ряд особенностей поведения молекул в биол. системах, в частности стереоспецифич. оксигенирование гемоглобина.

Лит.: Нокс Р., Голд А., Симметрия в твердом теле, пер. с англ., М., 1970; Берсукер И. Б., Эффект Яна-Теллера и вибронные взаимодействия в химии, М., 1987. Н. Ф. Степанов.

**ЯНОВСКОГО РЕАКЦИЯ**, взаимодействие ароматич. соед., содержащих две нитрогруппы в мета-положении, с кетонами в присут. щелочи с образованием окрашенного продукта р-ции, напр. ф-лы I (X = H). Применяется для фотометрич. определения нитросоед., кетонов, кетостероидов, креатина и др. Предел обнаружения 10<sup>-5</sup> М.

С помощью Я. р. возможно определение тиолов, аминов, фенолов и др. Для этого сначала с исследуемым соед. проводят р-цию динитрофенилирования [реагенты - 2,4-(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>F, 2,4-(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Cl], динитробензоилирования [3,5-(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>COCl] или динитросульфенилирования [2,4-(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>SCl]; полученное соед. вводят в р-цию с ацетоном и щелочью, затем фотометрируют продукт взаимод. (соед. I; X = SR, NHR, OR и др.).

Р-ция открыта И. В. Яновским в 1886.

Лит.: Губей-Вейль, Методы органической химии, пер. с нем., 4 изд., т. 2, М., 1963, с. 631; Обтемперанская С. И., «Ж. аналит. химии», 1992, т. 47, № 6, с. 994-1002. С. И. Обтемперанская.

**ЯНТАРНАЯ КИСЛОТА** (бутандиовая к-та) HOOC(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>COOH, мол. м. 118,09; бесцв. кристаллы; т. пл. 108 °С; возгоняется при 140 °С/1-2 мм. рт. ст.,  $d_4^{20}$  1,563;  $\Delta H_{\text{стоп}}^0$  -1491,18 Дж/моль,  $\Delta H_{\text{обр}}^0$  -940,35 Дж/моль;  $K_1$  6,89 · 10<sup>-5</sup>,  $K_2$  2,47 · 10<sup>-6</sup> (вода, 25 °С); р-римосль (в г в 100 мл р-рителя): вода 5,8 (20 °С); 121 (100 °С), этанол 7,5 (21,5 °С). диэтиловый эфир 0,3 (15 °С), не раств. в бензоле, бензине. хлороформе.

Я. к. обладает хим. св-вами, характерными для дикарбоновых кислот, образуя два ряда производных (табл.). Соли и эфиры Я. к. наз. сукцинатами.

**СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЯНТАРНОЙ КИСЛОТЫ**

Соединение	Мол. м.	Т. пл., °С	Т. кип., °С	$d_4^{20}$	$n_D^{20}$
Моноэтилсукцинат HOOC(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	132,12	56	121-3*	—	—
Диметилсукцинат (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> COO(CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	146,14	18,3	196,4	1,1197	1,4195
Диэтилсукцинат (CH <sub>2</sub> COOCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	174,20	-20,6	216,5	1,041	1,4198
Дибутылсукцинат (CH <sub>2</sub> COOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub>	230,31	-29,0	274,5	0,9767	1,4298
Сукцинилхлорид (CH <sub>2</sub> COCl) <sub>2</sub>	154,98	20	193,3	1,3748	1,4683
Сукцинонитрил (CH <sub>2</sub> CN) <sub>2</sub>	80,09	57	265-7	0,9867**	1,4173**

\*При 4 мм рт. ст. \*\*При 60 °С.

Я. к. содержится в небольшом кол-ве в буром угле, прир. смолах, в янтаре (отсюда название). Найдена во мн. растениях.

Конденсация Я. к. или ее эфиров с кетонами и альдегидами в присут. оснований приводит к алкилиденянтарным к-там (см. *Штоббе конденсация*); при взаимод. с аммиаком и аминами образуются *сукцинимид* и его N-замещенные производные; с ароматич. соед. в условиях р-ции Фриделя-Крафтса - 4-арил-4-кетомасляная к-та (р-ция сукциноилирования). При окислении Я. к. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в зависимости от условий образуются пероксиантарная (CH<sub>2</sub>COOOH)<sub>2</sub>, оксоантарная или малоновая к-ты либо смесь ацетальдегида, малоновой и малеиновой к-т, при окислении KMnO<sub>4</sub> - шавелевая к-та или смесь малоновой и винной к-т, при окислении NaClO<sub>4</sub> - 3-гидроксипропионовая к-та. Каталитич. восстановление Я. к. в зависимости от катализатора и условий р-ции приводит к 1,4-бутандиолу, γ-бутиролактону, ТГФ или к смеси этих соед., гидрирование в 1,4-бутандиоле - к γ-гидроксимасляной к-те.

При 235 °С Я. к. отщепляет воду, давая янтарный ангидрид, при фотохим. распаде *трет*-бутилпероксиэфиров - этилен.

Я. к. вступает в р-цию замещения по активным метиленовым группам. Нагревание с бромом в закрытом сосуде при 100 °С дает с количеств. выходом 2,3-дибромантарную к-ту.

Я. к. получают в качестве побочного продукта при произ-ве адипиновой к-ты, а также выделяют из смеси к-т, образующихся при окислении углеводородов C<sub>4</sub>-C<sub>10</sub>. Я. к. может быть получена окислением фурфурола пероксидом водорода, гидрированием малеинового ангидрида с последующей гидратацией. Известен пром. способ выделения Я. к. из отходов янтара.

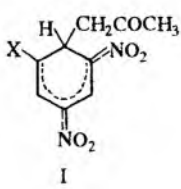
Соли Я. к. образуются при окислении 1,4-бутандиола р-ром Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> или γ-гидроксимасляной к-ты гидроксидами щел.-зем. металлов в присут. Pd.

Применяют Я. к. для получения алкидных смол, сукцинатов, фотоматериалов, красителей, лек. в-в. Эфиры Я. к. используют в пищ. и парфюм. пром-сти. Так, диэтилсукцинат - ароматизатор для пищ. продуктов, компонент парфюм. композиций (запах цветов); обладает также св-вами пластификатора. Моно- и диамиды Я. к. с ароматич. и гетероциклич. аминами применяют в произ-ве нек-рых красителей и инсектицидов.

Для Я. к. ПДК в воде водоемов 0,01 мг/л.

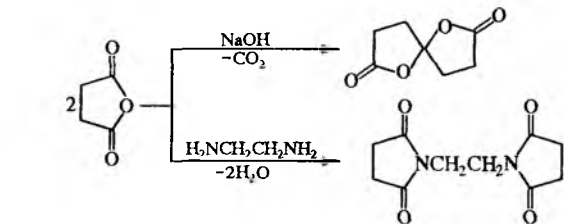
Лит.: Kirk-Othmer encyclopedia, 3 ed., v. 21, N. Y., 1983, p. 848-64.

Н. Н. Магдесиева.



**ЯНТАРНЫЙ АНГИДРИД** (2,5-диоксотетрагидрофуран), мол. м. 100,1; бесцв. кристаллы; т. пл. 119,6 °С, т. кип. 261 °С, 139 °С/15 мм рт. ст.; возгорается при 90 °С (267 Па). Раств. в кипящем хлороформе, этилацетате, этаноле, плохо раств. в воде и диэтиловом эфире. Обладает хим. св-вами, характерными для ангидридов карбоновых кислот. При нагревании с бромом образует монобром- либо дибромпроизводные; при взаимодействии с избытком формальдегида в паровой фазе – цитраконовый ангидрид, а в среде жидкого CO<sub>2</sub> – сополимер формальдегида и Я. а.; с алкилбензолами в условиях р-ции Фриделя – Крафта – алкилбензоилпропионовые к-ты.

Р-ция с NH<sub>3</sub> приводит к сукцинимиду, с аллилэтилотиоцианатом – к N-аллилсукцинимиду (благодаря отщеплению COS). При нагревании в присут. щелочи Я. а. превращается в дилактон γ-кетопимелиновой к-ты, а при взаимодействии с этилендиамином – в N,N'-этилендисукцинимид:



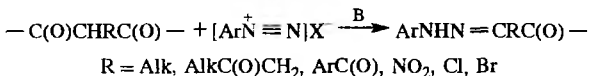
Получают Я. а. дегидратацией янтарной к-ты или каталитич. гидрированием малеинового ангидрида в присут. Pd/C, Pd/CaCO<sub>3</sub> и др. катализаторов.

Я. а. применяют в произ-ве лек. средств (напр., витаминов А и В<sub>6</sub>), инсектицидов; отвердитель эпоксидных смол.

Я. а. раздражает слизистые оболочки глаз и дышат. путей.

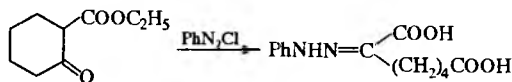
**ЯНТАРЬ**, см. *Смолы природные*.

**ЯППА – КЛИНГЕМАННА РЕАКЦИЯ**, получение арилгидразонов α-дикарбонильных соед. взаимодействием β-дикарбонильных соед. с солями арилдиазония в присут. оснований (В):



В р-цию вступают β-дикетоны, эфиры монозамещенных производных ацетоуксусной к-ты, эфиры циануксусной к-ты (дают гидразоны кетонитрилов) и нек-рые др. соед. с активной метиновой группой. При наличии в молекуле дикарбонильного соед. ацильной и алкоксикарбонильной групп в процессе р-ции преимущественно отщепляется первая; однако если алкоксикарбонильную группу предварительно омылить, то отщепляется карбоксильная группа. В ряду эфиров диацилуксусных к-т преим. отщепляется ацильная группа, отвечающая более слабой к-те. Цианогруппа, как правило, в ходе р-ции не отщепляется.

При вовлечении в р-цию циклич. β-кетозэфиров расщепляется связь С–С в цикле, напр.:



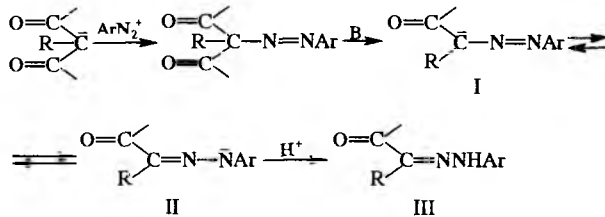
В Я. – К. р. вступают соли диазония на основе анилина, бензидина и их замещенных производных. Более активны соли, содержащие орто- и пара-электроноакцепторные заместители.

Обычно Я. – К. р. проводят при 0 °С в водной или водно-спиртовой среде в присут. КОН, NaOH, RONa или CH<sub>3</sub>COONa (последний используют, когда желательна отщепление ацильной группы). В зависимости от активности метиновой группы для завершения р-ции требуется от неск. секунд до 4 сут. Выходы обычно составляют 40–90%.

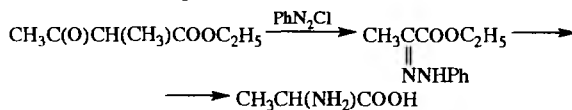
Осн. побочная р-ция – образование формазанов (особенно при использовании избытка соли диазония):



Считают, что Я. – К. р. начинается с образования карбаниона из дикарбонильного соед., к-рый связывается с катионом арилдиазония; дальнейшие стадии – отщепление ацила и перегруппировка аниона ф-лы I в анион II, к-рый присоединяет протон и превращается в гидразон III:



Я. – К. р. используют в препаративной практике для синтеза α-аминокислот, напр.:



Нек-рые типы гидразонов, получаемых по Я. – К. р., используют для получения индолов по Фишеру (см. *Фишера реакция*).

Р-ция открыта Ф. Яппом и Ф. Клингеманном в 1887.

Лит.: Филлипс Р., в сб.: *Органические реакции*, пер. с англ., сб. 10, М., 1963, с. 148; Китаев Ю. П., Бузыккин Б. И., *Гидразоны*, М., 1974, с. 28–29; *Общая органическая химия*, пер. с англ., т. 3, М., 1982, с. 484–85.

Г. И. Дрозд.

**ЯТРОХИМИЯ**, см. *Химия*.

## ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

В указателе в алфавитном порядке приведены термины, встречающиеся в Энциклопедии. Цифры после термина обозначают номер тома и через косую черту номер столбца (а не страницы!). Номера столбцов указаны внизу страницы. Номера столбцов при терминах, которым посвящены самостоятельные статьи, даны полужирным шрифтом. Курсивные отсылки даются на термины указателя.

### А

ААС-пластик 1/14  
 Аббе  
 диаграмма 3/775  
 рефрактометры 4/514  
 Абгазная соляная кислота 4/755, 756  
 Абехол 4/230, 231  
 Абзимы 5/153  
 Абиенол 2/284  
 Абисоловая кислота 4/740  
 Абисоносовая кислота 4/740  
 Абитиналь 2/284  
 Абитиновая кислота 1/684; 2/15, 283, 602; 4/133, 740–742, 977, 1092  
 Абитиновая смола 4/1089  
 Абитиол 2/284  
 Абиогенное происхождение нефти 3/457  
 АБК, см. (+)-Абсцизовая кислота  
 Абляционные материалы 1/1, 2; 2/649, 1166; 4/893  
 Абляция 1/1, 2  
 Аборициды 1/360  
 Абортивный синтез 4/1229  
 Абразивные материалы 2/590, 1029, 1072; 3/418, 636, 1214, 1215; 4/33, 575, 604; 5/13, 138, 760, 777, 896  
 Абрамова реакция 1/2, 3; 5/274, 278  
 Абрикосовое масло 4/377–381  
 Абрильские воски 1/827, 828  
 Абрин 5/1049  
 Абсолю 5/1005  
 Абсолютно черное тело 4/1030  
 Абсолютно чистые вещества 3/835; 5/996, 1005  
 Абсолютные методы  
 асимметрический синтез 1/392; 4/858; 5/952  
 элементный анализ 1/119, 120  
 Абсолютные параметры  
 влажность 1/757  
 нуль температуры 4/1028–1030, 1034, 1035, 1039; 5/465, 956  
 энтропия 4/1035  
 Абсорбенты 1/5, 7, 8, 14–19; 2/639; 5/448, 976  
 поглотительная способность 1/6  
 регенерация 1/4, 11–13  
 Абсорберы 1/1105. См. также *Абсорбция*  
 адiabатические 4/755, 756  
 вибрационные 1/707  
 и каплеуловители 2/614  
 и осушка газов 1/896, 897  
 пленочные 3/1141, 1143  
 УФ света 4/841  
 Абсорбционные методы  
 анализ атомный, см. *Атомные методы анализа*  
 – газов 1/915  
 – жидкостей 2/291  
 – молекулярный, см. *Фотометрический анализ*  
 – нейтронный 3/402, 403  
 – спектроскопия 1/3, 4, 408; 2/56; 3/220, 230, 768; 4/775, 785, 1033; 5/334, 885  
 – элементный, см. *Гамма-абсорбционный анализ*  
 охлаждение 5/597–599

хроматография 1/884; 5/426, 621, 625–628  
 Абсорбция 1/4, 5–14; 2/1300; 5/170  
 адиабатическая 4/755  
 аппаратура, см. *Абсорберы*  
 и газов осушка 1/896, 897  
 – – очистка 1/931, 932  
 – – разделение 1/904, 905  
 и однонаправленная диффузия 2/1306  
 – охлаждение 5/597–599, 605  
 изотермическая 4/755–757  
 как вид сорбции 4/770  
 как метод концентрирования 2/916  
 как неэквивалентный массообмен 2/1298  
 масляная 1/902, 928, 932  
 с химической реакцией, см. *Хемосорбция*  
 соляной кислоты из абгазов 4/755, 756  
 триоксида серы 4/644–648  
 мембранная 3/53  
 методы, см. *Абсорбционные методы*  
 низкотемпературная 1/932, 933  
 фактор 1/12  
 циклические режимы 5/715  
 АБС-пластик 1/14, 15, 118, 334, 572, 628, 725; 3/123, 905, 1116, 1120, 1136; 4/2, 40, 169, 589, 734, 766, 869, 870  
 (+)-Абсцизил-β-D-глюкопиранозид 1/15  
 Абсцизин II 1/15, 16  
 (+)-Абсцизовая кислота 1/15, 16; 4/428; 5/195  
 Аварии  
 защита, см. *Защита, Сигнализаторы*  
 и пожаровзрывоопасность 3/1187–1189  
 Кыштымская 4/321  
 производственные 3/321  
 Чернобыльская 4/337  
 Аведж 1/1031  
 Авиены 4/190  
 Авермектины 2/468; 4/227  
 Авиалы 1/214  
 Авиационные нефтепродукты 3/446–448  
 бензины 1/499, 501; 3/278, 728; 4/526; 5/994  
 керосин 1/16, 307, 549; 2/738; 3/278, 446; 4/399. См. также *Реактивные топлива*  
 масла 3/277  
 смазки 3/1125, 1126  
 Авиаж 4/1012  
 Авиажные средства 1/340; 3/718; 4/1012  
 Авидин 1/556, 751  
 Авириол 1/16, 17; 3/1163; 4/919, 1012  
 Авитаминоз 1/751  
 Авитрол 2/343  
 Авицинит 4/972  
 Авициды 2/341, 343  
 Авогадрит 4/555; 5/654  
 Авогалро  
 гипотеза 5/508  
 закон 1/17, 988; 3/413; 4/866

постоянная 1/17, 573, 908; 3/216; 5/107  
 Аврал, волокно 1/732  
 Автогенная плавка 4/592, 593  
 Автокатализ 1/17, 1093; 2/661, 754; 3/954. См. также *Автокаталитические реакции*  
 Автокаталитические реакции 2/661. См. также *Автокатализ*  
 Бутлерова 1/652  
 α-гидроксилкилирование 1/2  
 дегидратация 3/986  
 колебательные, см. *Колебательные реакции*  
 конденсация 1/652, 1222; 2/551, 888; 3/33  
 макрокинетические эффекты 2/1259  
 маскирование в аналитической химии 2/1294  
 окисление 1/31, 18, 599, 643, 779, 780, 1073; 2/211, 226, 231, 305, 1102, 1188; 3/59, 123, 319, 395, 977, 978; 4/310, 311, 539, 740; 5/305, 413, 434, 570, 1008  
 поликонденсация 3/1258, 1261  
 протолиз 2/770, 781; 5/437  
 радикально-цепные 4/310, 311  
 самовозгорание 4/571–573  
 самораспространяющийся высокотемпературный синтез 4/574, 575, 685; 1/584, 1169; 2/1261; 3/415, 421; 5/516, 755  
 сплайсинг 4/811  
 фрез 1/775  
 эпитаксия 5/958  
 Автоклавные процессы 1/871, 1219; 3/93, 945; 5/777  
 Автокосметика 1/18, 19, 657; 2/1320; 3/284; 4/34; 5/777  
 Автолы 1/19  
 Автолюминесценция 4/299  
 Автомаскирование 2/1294  
 Автоматизированные методы (процессы)  
 проектирование 1/19, 20–22; 2/748; 4/186, 187; 5/472  
 системы аналитического контроля 2/856; 3/431; 5/471, 472  
 – интеллектуальные, см. *Искусственный интеллект*  
 – информационно-поисковые 2/487, 488–490  
 – синтеза нуклеиновых кислот 3/592, 593  
 управление 1/22, 23–26; 5/471, 472. См. также *Кибернетика*  
 – и моделирование 3/197. См. также *Оптимизация*  
 – научными исследованиями 1/27, 28–30  
 – поиском данных, см. *Информационно-поисковые системы*  
 химический анализ 1/30, 31, 292, 294–296; 5/151, 173  
 – – газов, см. *Газоанализаторы*  
 – – жидкостей, см. *Жидкостной анализаторы*  
 – – проточное-инжекционные 4/245, 246; 1/30  
 Автоматные стали 2/260

Автомобильные нефтепродукты 4/446–448  
 бензины 1/498, 499, 638, 728, 930, 1089; 2/365, 684–686, 1005; 3/278, 441–444; 4/526; 5/660, 997  
 масла, см. *Моторные масла, Смазочные масла*  
 смазки 3/1125, 1126  
 Автоочистители 1/19; 5/777  
 Автополироли 1/19  
 Автопрепараты, см. *Автокосметика*  
 Авторадиография 3/402; 4/325, 326; 5/770  
 Авторадиометрическое обогащение полезных ископаемых 3/635  
 Автотрофы 3/611, 612  
 Автошампуни 1/18; 5/780  
 Автоэлектронная эмиссия 3/97  
 Агар 1/31, 32, 1002; 3/818, 997, 1088; 4/36, 39, 721; 5/38, 39, 150, 321  
 Агар-агар, см. *Агар*  
 Агары 1/32  
 Агаробактерии 1/32  
 Агароза 1/31, 32, 418; 2/422, 1187; 4/39; 5/149  
 «Агароктин» 1/31, 32  
 «Агат», покрытие 2/328  
 Агаты 2/1027  
 Агглютинация 2/426, 1162, 1163  
 Агдлолы 1/334; 2/91  
 Агитационное выщелачивание 1/867  
 Агиконы 1/356, 1127–1129; 2/400, 973; 3/269, 594–596, 740; 4/275, 577, 578, 880; 5/37, 38, 93, 200, 201, 1044, 1053  
 Агломерация 1/674; 2/962, 1150; 3/93, 94, 1068; 4/265, 592, 593; 5/749  
 Аглопирит 3/1001  
 Агрегативная устойчивость систем 2/154–156; 3/991; 4/952  
 Агрегация  
 структура в иерархических системах 4/1063, 1064  
 фрактальная 4/885  
 частиц в порошках 4/138  
 Агрономическая химия, см. *Агрохимия*  
 Агрономические руды 1/1174. См. также *Апатит, Каяйные удобрения, Фосфориты, Фосфорные удобрения*  
 Агрохимия 1/32, 33; 5/509  
 Агроцибин 3/1249  
 АГ-соль 1/988; 3/1208  
 Адамантан 1/34, 35, 142; 2/130, 206, 325, 326, 367, 971; 3/378, 379, 392; 4/76, 77, 237, 464, 1140  
 1,3-Адамантандинитрат 1/34  
 1-Адамантаннитрат 1/34  
 2-Адамантанон 1/34  
 Адамантилий-катион 1/34  
 1-(1-Адамантил)этиламнигидрохлорид 4/464  
 Адамкевича реакция 1/35, 475; 5/1  
 Адамкевича – Гопкинса реакция 1/35  
 Адамса модификация 1/983  
 Адамсит 1/35; 2/538; 3/843, 844, 846  
 Адаптивные объекты  
 модели 2/749; 3/197  
 системы автоматического регулирования 1/24  
 Адапторная гипотеза 4/1237, 1240, 1241

- Адгезивы 2/708, 799; 3/808, 1139, 1140, 1211, 1227, 1239; 4/204, 716, 1090; 5/268, 572, 987. См. также *Клеи, Склеивание*
- Адгезия 1/35, 36–38  
и вакуумное напыление 3/335  
и коагуляция 2/816  
и когезия 2/833  
и поверхностное натяжение 2/1182; 3/1173  
и смачивание 4/729  
и трение 4/1247  
присадки 2/603, 901  
протомоты 4/742  
работа 4/729  
субстраты 1/35. См. также *Адгезивы*  
– лакокрасочные покрытия 2/321, 322, 1132  
– полимеры 1/36; 2/40; 3/1114, 1119, 1136  
– порошки 4/136
- Аддитивность 5/460  
атомных радиусов, принцип 1/411, 412  
и неаддитивность межмолекулярных взаимодействий 3/19  
и синтез цветов 5/324, 326  
и химическая номенклатура 3/574  
и эффект Фарадея 5/108  
магнитной восприимчивости 2/1231, 1232  
молярной рефракции 4/515  
параметров состояния 3/882  
твердых растворов 4/1006  
фазовых сопротивлений 2/1305, 1306; 4/459
- Аддиционная поликонденсация, см. *Полиприсоединение*
- Аддукты 1/38, 199. См. также индивидуальные представители  
диенового синтеза 1/38, 69, 70  
комплексы кислотно-основные 2/779; 4/746  
– молекулярные, см. *Молекулярные комплексы*  
и кристаллизация 2/1043  
как лиганды 2/1172  
форполимеры 5/238
- Адекватность математических моделей объектам 2/749; 3/194, 196  
стандартных образцов 4/819
- Аденилаткиназа 1/43  
Аденилатциклаза 1/38, 39, 40, 48, 50, 660, 1164, 1172; 2/598, 626, 695, 696, 1169, 1199; 3/50, 51, 712, 884; 4/516, 609, 1169, 1172; 5/270
- Аденилилтрансфераза 2/395  
Аденилирование 1/1152; 2/395  
Адениловые соединения  
кислота 2/1323, 1324; 3/470, 600  
нуклеотиды 1/1136
- Аденин 1/39, 42, 744, 1012, 1013; 2/877, 966; 3/295, 297, 300, 585–588, 619, 620; 4/274–277, 522; 5/216, 768. См. также *Пуриновые основания*  
N-6-замещенные 3/596  
нуклеотиды 1/43, 484. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
- Адеинарабиноза 3/595  
Адеинарабинозид 4/218  
S-Аденозил-L-гомоцистеин 1/39  
S-Аденозилметонин 1/39, 40, 304; 2/1191; 3/133, 134, 199; 4/1241; 5/245, 767
- Аденозин 1/39, 42; 3/173, 174, 595–598, 600, 810; 4/268, 493, 519, 811, 1231, 1234, 1238, 1239. См. также *Нуклеозиды*  
дезаминидаза 3/595  
рибонуклеотиды, см. *Аденозинфосфорные кислоты*
- Аденозиндифосфат 1/41–43, 484, 556, 561, 609, 1000, 1135, 1136, 1151, 1152; 2/241, 1003; 3/176, 198, 600, 668–670, 811, 812, 879, 880, 1077, 1083; 4/430, 524, 810, 1260, 1262; 5/268, 344, 346–349. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
- Аденозиндифосфатрибозилирование 3/200
- Аденозинмоиофосфат 1/41–43, 50, 318, 660, 1132, 1152, 1156, 1211; 2/239, 655, 1170; 3/600, 810–812; 4/268, 430, 609, 810, 1260; 5/769. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
- Аденозинтрифосфат 1/38, 39, 41–43, 484, 556, 558, 608–611, 1000, 1026, 1097, 1135, 1136, 1154–1156, 1164, 1172, 1211; 2/20, 116, 241, 578, 655, 968, 1003, 1004, 1169, 1170, 1190, 1191; 3/156, 176, 177, 559, 578, 601, 624, 668–670, 697, 810–812, 878–880, 920, 1083; 4/430, 497, 524, 810, 1119, 1229, 1242, 1259–1262; 5/148–152, 268, 296, 344, 346–349, 591. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
- Аденозинтрифосфатазы 1/41, 483, 552; 3/176–178; 4/538; 5/1035
- Аденозинфосфорные кислоты 1/41, 30, 48, 50, 560, 561; 2/968, 970; 3/470, 601; 5/255, 287. См. также *Аденозиндифосфат, Аденозинмоиофосфат, Аденозинтрифосфат*
- Аденозин-3',5'-циклофосфат 1/40
- Адеприл 1/274
- Адиабатические методы приближение 1/45, 46, 856; 2/125, 723–726; 3/206, 207, 467; 5/868  
– и молекулярные интегралы 3/223  
– – конфигурационное взаимодействие 2/904  
– – нежесткость 3/391  
– – симметрия 4/688  
– – электронно-колебательное взаимодействие 5/880, 881  
– – эффекты Яна – Теллера 5/1056  
сжатие 1/43, 44; 2/754, 880, 881, 1101
- Адиабатические процессы  
абсорбция 4/755, 756  
взрывные 3/954  
испарение 1/853, 854  
охлаждение 5/594, 595  
потенциалы ионизации 4/151, 152  
химические реакции 2/918; 3/258; 5/338, 351, 352
- Адикулаты 2/798
- Адилат (адиннат), метаболизм 3/613
- Адилинаты 1/46, 47, 644, 866, 988; 2/805, 1194; 3/291, 728, 1116, 1117, 1197, 1234; 5/730, 1001
- Адилинная кислота 1/46, 47, 248; 2/107, 108, 745; 3/613, 658, 945, 946, 1201, 1206, 1239, 1251; 4/54, 499, 500; 5/56, 73, 85, 86, 133, 722, 903, 1058  
амиды 1/46, 114; 2/422  
ангидриды 1/46, 299; 4/60, 538  
нитрил, см. *Адилодинитрил*  
соли и эфиры, см. *Адилинаты*
- Адилоидон 4/478, 479
- Адилодинитрил 1/47, 46, 48, 117, 118, 628, 988–990, 1116; 3/55, 512, 946; 4/696; 5/903
- Адилены 5/86
- Адиуретин 1/660, 661
- Адмер 3/1139
- Адмиттанс инфарадеевский 1/809
- АДП, короткоид 2/959, 960
- Адреналин 1/48, 1126, 1132, 1171, 1173; 2/222, 695, 696; 3/399, 578, 579, 619, 620, 713, 1057; 4/219, 695; 5/143, 968, 1002, 1039  
биосинтез 1/39  
и средства антиаритмические 1/320  
– – блокирующие, см. *Адреноблокирующие средства*  
– – кардиоселективные 1/50, 320  
– – стимулирующие, см. *Адреномиметические средства*
- Адреноблокирующие средства 1/48, 49, 1120; 4/516, 773; 5/18, 19, 111, 146  
анаприлин 1/898, 50  
пидолол 3/1026  
тропафен 5/18, 19  
фентоламин 5/146
- Адренокортикотропин 1/50, 39, 51, 1156, 1171–1173; 2/696, 1201; 3/37, 399, 400
- Адренокортикотропный гормон 1/50, 51; 2/959
- Адренолитические средства 1/48; 5/143
- Адреналон 3/1057
- Адреномиметические средства 1/51, 52; 2/222, 1322; 4/516, 773; 5/1002  
алкалоиды, см. *Эфедрин*  
изадрин 2/346; 1/51; 4/1194  
нафтилин 3/380; 1/51  
норадреналин 3/578, 579; 1/51  
орципреналин, сульфат 3/817; 1/51
- Адриамонин 1/356; 4/235
- Адроксон 1/322
- Адроны 4/243; 5/930–932
- Адсорбаты 1/53–63; 2/148
- Адсорбенты 1/52–63, 883; 2/237, 323, 699, 884, 967, 968, 1174; 4/1223; 5/49, 448, 503, 614  
алюмосиликаты, см. *Цеолиты*  
аморфный диоксид кремний, см. *Силикагель*  
аэросил 1/789; 2/112, 807, 1013, 1026–1028, 1032; 3/913, 992, 1114, 1197; 4/65, 91, 136, 285, 491, 673  
биоспецифические 1/42  
гидрофобизированные 2/294, 295, 297  
ионообменные, см. *Иониты, Ионный обмен*  
модифицирование 1/884  
полярные 2/294  
сажа, см. «Белая сажа». *Технический улерод*  
угли, см. *Активный уголь*  
удельная поверхность 3/260
- Адсорберы 1/61, 62, 897. См. также *Адсорбционные методы (процессы), Адсорбция*
- Адсорбция люминесценция 5/446
- Адсорбтивы 1/53–63; 2/1230, 1231; 5/448
- антикоррозионные пленки 2/322  
индикаторы 1/362; 2/446, 449, 450, 1083, 1216, 1217, 1232; 4/530; 5/19, 522, 523, 957
- Адсорбционная влага 2/12; 4/954
- Адсорбционные методы (процессы) 1/62, 63. См. также *Адсорбенты, Адсорбтивы, Адсорбция*  
аппаратура 1/61, 62, 897; 3/344  
безрегенеративные 1/928  
вакуумное напыление 3/334, 335  
индикаторы 1/362; 2/446, 449, 450, 1083, 1216, 1217, 1230; 4/530; 5/19, 522, 523, 957  
краснение 2/1000, 1001  
люминесценция 5/446  
псевдооживление 4/263–265  
разделение воздуха 1/797, 798, 905, 979
- очистка воды, см. *Водоподготовка, Сточные воды*  
– газы 1/900–903  
– и их осушка 1/897  
– нефтепродуктов 1/52, 53; 2/678; 3/443, 459; 4/928  
– перклационной 3/967, 968, 969; 1/52  
термоокисление летучих растворителей 1/903  
хроматография 1/475, 625  
– газовая 1/883, 884, 918, 919  
– жидкостная 1/918, 919; 2/294, 295, 297; 3/459
- Адсорбция 1/53; 4/770. См. также *Адсорбенты, Адсорбтивы, Адсорбционные методы (процессы)*  
активированная 1/1053, 1054  
время защитного действия 1/61  
газов 1/797, 905  
гидбсова 1/53, 54; 4/1064; 5/845  
гистерезис 1/57, 58  
динамика 1/61  
и двойной электрический слой 2/1–4  
и десублимация 4/890  
и дисковый электрод 2/145  
и дисперсионный анализ 2/148, 149  
и жидкостная экстракция 5/829  
и ингибиторы коррозии 2/434–436  
и ионный обмен 2/504  
и капиллярная проницаемость 2/613  
и кинетика каталитических реакций 1/1050, 1052–1054; 2/688–693  
и коагуляция 2/817, 818  
и лиофильность 2/1182  
и охлаждение 5/604, 605  
и пассивация металлов 3/890  
и пластификация 3/1118  
и поверхностное натяжение 3/1159–1163, 1173; 5/500  
и понижение прочности тел 3/85, 1169, 1173, 1174; 4/952  
и потенциал нулевого заряда 4/153, 154  
и спилlover 4/786  
и усиление фотонного изображения 5/454  
и флокуляция 5/203  
и экстрагирование 5/820  
и электромиграция ионов 5/865  
и электроповерхностные явления 5/846, 849  
изотермы 1/54–59, 884; 3/210, 1159, 1174  
нонная 1/59, 60  
как массообменный процесс 2/1299, 1230  
как метод концентрирования 2/916  
– – определения пор 4/131  
клеток микроорганизмов 2/463  
масляная 4/194  
микрокомпонентов 2/1254  
модели 1/57–59  
моно- и полимолекулярная 1/56, 57, 59, 60; 2/210, 436; 3/260; 4/345  
неспецифическая 1/53  
обратимая, см. *Рембинера эффект*  
одно- и многоатомная 2/667  
поверхностно-активных веществ 3/260, 261, 1160–1163, 1170, 1171  
полимеров мембранами 3/827  
потенциал 1/58  
проскок 1/61  
растворителей 4/360  
специфическая 1/53; 5/473  
термодинамика 1/53–56, 59, 60  
тяжелых углеводородов 1/933  
уравнения 1/54–61  
физическая 1/53; 5/177, 178  
фотокатализ 5/332  
химическая 1/53–63, 905. См. также *Хемосорбция*  
циклические режимы 5/715  
чужеродных ДНК 4/1243  
АДФ, см. *Аденозиндифосфат*

- АДФ-рибоза 3/200  
 АДФ-рибозилполимераза 3/200  
 АДФ-рибозилтрансфераза 3/200  
 Адьюванты 2/426, 427  
 А. е. м. 1/407, 408  
 Аэролит 2/619  
 2-Азабицикло[3.3.1]ноян 1/144  
 1-Азабициклооктаны 3/1081; 5/536, 537  
 1-Аза-4,6-диоксабицикло[3.3.0]октан 3/682  
 Азаирахтин 1/342  
 Азаиндолы 1/63, 64, 422  
 Азаквалрициклени 1/70  
 Азакраун-эфирс 2/985, 986, 1036  
 Азаметиново красители 3/129-132  
 Азаоркарденины 1/69  
 Азарон 5/1004, 1005  
 Азасерин 1/1150  
 Азатиоприн 1/164; 2/426, 605  
 Азатриметициановые красители 3/130  
 5-Аза-2,8,9-триокса-1-силатрицикло-[3.3.3.0<sup>1,5</sup>]ундекан 4/671  
 Азафин 1/325, 326  
 9 $\beta$ -Азафенален 5/525  
 Азафенантрин 5/812  
 Азафлоспорини 5/697  
 Азациклубутадиен 1/377  
 Азациклопентатриен 1/69  
 5-Азациклин 3/594-596; 4/1249  
 Азеланнаты 1/64, 65; 3/728  
 Азеланная кислота 1/64, 65; 2/107, 108; 3/658, 659, 729, 1201, 1202; 4/527  
 Азеотропные процессы  
 дистилляция 5/996, 1011  
 поликонденсация 3/1261  
 ректификация 1/65, 66, 69, 837, 897, 904; 4/457, 458, 460; 5/660  
 Азеотропные смеси 1/65, 63, 66-69, 438, 494, 512, 517, 837, 904; 2/55, 61, 62; 4/754; 5/56, 996  
 Азеотропы 1/65  
 Азепин 1/69, 70  
 Азетидин 1/74, 75; 4/412  
 1,3-Азетидин-2,4-дионы 2/403  
 Азетидиноны 2/420, 1136, 1137; 3/887; 5/782  
 Азид-ионы 3/575  
 Азидный синтез пептидов 3/932, 933  
 Азиоацетальдегид 1/72  
 Азиобензол 1/72  
 Азидоводород 3/576  
 Азидогруппа 1/71-74; 2/282; 3/573; 5/424, 493, 494  
 3-Азидо-3'-дезокситимидин 3/599, 1242  
 $\alpha$ -Азидокетоны 3/1033  
 2-Азидо-4-метилтио-6-изопропиламино-сим-триазин 1/74  
 $\alpha$ -Азидопропеновая кислота 1/393  
 Азидотимитидин 3/599, 1242  
 3-(2-Азидофенил)пиридин 2/636  
 Азидоформаты 1/74  
 Азиды 1/72, 93; 5/784, 785  
 арилсульфокислот 1/71. См. также *Порообразователи металлов* 1/71, 72; 2/466, 467; 3/146, 1075. См. также *Свинца азиды*, индивидуальные химические элементы  
 номенклатура 3/573, 575  
 органические 1/72, 70, 71, 432, 1073; 2/242, 415, 1106, 1107, 1148; 3/507, 535, 1049; 4/25, 133, 134, 1253, 1270; 5/7, 88, 264, 266, 738, 791  
 Азимидабелзол 1/529  
 Азимутальное квантовое число 2/721  
 Азינוвые красители 1/74, 75, 76, 419; 2/438, 460, 980; 3/536, 1033; 4/649, 1198, 1199; 5/116, 146  
 активные 3/998  
 ариламиновые 2/978  
 водорастворимые 2/462  
 жирорастворимые 2/462; 3/471, 472  
 красно-фиолетовый, см. *Мовеин*  
 оксидинозные 3/694, 695; 1/75  
 основные 3/833, 834  
 синие, см. *Индулины*  
 спирторастворимые 2/462; 3/471  
 хлорининовые 2/980  
 черные, см. *Англиновый черный, Нигрозины*  
 Азины 1/76, 197, 1070, 1072, 1074; 2/78, 746, 751; 4/670, 1148; 5/263, 778, 790  
 гидразинпроизводные, см. *Гидразин замещенные органические диазины*, см. *Пиразин, Пириазид, Пиримидин, Феназин, Фталазин*  
 моноазины, см. *Пиридин, Хинолин*  
 триазины, см. *Триазины*  
 Азипротрин 1/74, 1033  
 Азиридин(ы) 1/77, 1061; 2/233, 404, 909, 1266; 3/508, 1037; 4/390; 5/280, 442, 783. См. также *Этиленимины*  
 Азиридиния соли 2/418  
 Азирини 1/76, 77, 469; 5/443  
 Азлактоны 1/198, 252, 253; 3/679, 897; 4/1170; 5/121  
 Азлоциллин 2/1134, 1135  
 Азоалканы 1/1073  
 Азоамины 1/77-80, 258, 304; 3/523  
 Азобензол 1/81, 88-90, 538, 1073; 2/17, 80; 3/72, 73, 527; 4/288; 5/416. См. также *Азосоединения*  
 Азобензолдикарбоновая кислота 3/1270  
 Азобензол-3,3'-дисульфокислота 3/527  
 Азобензолсалициловая кислота 1/263  
 Азогены 1/77, 78-80, 83, 259; 2/71, 975, 978, 992; 3/523, 704; 5/559. См. также *Азомины, Азотолы, Диазоимины, Диазоли, Фталоциановые красители*  
 Азо-гидразинная таутомерия 1/89; 5/219  
 Азогруппа 1/87-90; 4/396; 5/424  
 Азодикарбоксамид 4/134  
 Азодикарбонамид 3/905, 907, 908; 4/134  
 Азодикарбоновая кислота  
 диамид 4/130  
 динитрат 1/69; 2/186; 3/186, 187  
 Азодинитрильные инициаторы 2/285  
 Азодидные красители 1/77  
 2,2'-Азо-бис-изобутиронитрил 1/80, 88, 488, 496, 530, 721, 824, 996, 1075, 1076, 1217; 2/204, 376, 464; 3/114, 905, 911, 1230; 4/134, 309, 840; 5/446, 566, 580  
 Азоимасляная кислота динитрил 1/80  
 Азоимид 1/97  
 Азокрасители 1/80, 77, 81-84, 88; 2/996; 5/123, 124, 126, 558, 599, 650  
 активные 1/83, 128; 3/998  
 арилазосоединения 1/90  
 ацетонорастворимые 1/82  
 Грнсса 4/394  
 дисперсные 1/82, 83; 2/149-152; 3/998  
 жирорастворимые 1/81, 82; 2/302, 980; 4/17, 18  
 катионные 1/83; 2/699, 700  
 кислотные 1/83; 2/774; 3/381  
 лакс, см. *Азолаки*  
 металлсодержащие 1/83; 2/774-776, 994, 997; 3/705; 4/18, 247, 248  
 образуемые на волокне, см. *Азогены*  
 определение 1/306; 2/1100  
 основные 1/83; 2/699, 700; 3/833  
 перимидиновые 3/953  
 пигменты, см. *Азопигменты*  
 пищевые 3/1089  
 полимерорастворимые 4/17  
 получение 1/88, 91, 154; 2/138, 139, 1005; 3/25, 357; 4/507, 1190, 1198, 1205  
 протравные 1/83; 3/705; 4/18, 247, 248  
 прямые 1/83, 85; 4/247  
 свойства 1/336, 490, 491; 2/71, 73, 75, 972, 978, 995; 3/373, 381-383, 388, 519, 566, 697, 709, 785, 833, 1270; 4/668, 900, 935  
 тропеолины 5/19, 20  
 универсальные 2/302  
 8-Азоксантин 2/1084  
 Азоксбензол, см. *Азоксибензольные Азоксибензола* 1/84, 85, 89, 90, 669, 779; 2/287, 288, 580; 3/527, 536, 540, 547, 553, 559; 5/738  
 Азолаки 1/83; 2/1003; 3/1015, 1016  
 Азолы 1/85, 86; 5/778  
 гуанидозолы 1/712, 713. См. также *Имидазол, Пиразол, Тетразол, Триазол*  
 изоксазол 2/360, 361, 743; 1/85  
 изотиазол 2/381, 179; 1/85  
 конденсированные, см. *Бензимидазол, Бензотиазол, Бензотриазол*  
 нуклеозидные антибиотики 3/594, 595  
 противомикробные средства 4/233  
 тиазол 4/1117, 1118; 1/85  
 Азометан 1/87, 88  
 Азотетиновые красители 1/86, 87; 2/980; 3/1017, 1035, 1036; 4/18; 5/124, 782  
 Азотетиновые соединения, см. *Азотетины, Шиффа основания*  
 Азотетины 1/86, 197, 270, 741, 742; 2/8, 66, 114, 288, 325, 326, 403, 410, 645, 872, 1252; 3/540, 541, 549, 571, 734, 915; 4/1133; 5/263, 783, 784, 794. См. также *Шиффа основания*  
 красители, см. *Азотетиновые красители*  
 N-оксиды, см. *Нитроны*  
 Азоафталины 1/81, 87; 3/547  
 Азопигменты 1/80-84, 515; 2/279, 330, 993, 996, 997, 1003; 3/705, 1013-1015  
 Азопирролы 3/1079  
 Азороданнины 4/530, 531  
 Азосоединения 1/87, 88, 89, 463, 1075; 2/66, 69, 288, 403, 446; 3/536, 540, 553, 559; 4/50; 5/9, 19, 65, 123, 446, 794  
 азосоставляющие 1/90, 91; 2/138, 139; 3/797. См. также *Азотолы*  
 и диазосоединения 1/90  
 как канцерогены 2/605  
 как поророфы 4/133, 134  
 как радикальные инициаторы 2/464, 466; 4/305  
 как светостабилизаторы 4/588  
 красители, см. *Азокрасители*  
 метиново, см. *Азотетины, Шиффа основания*  
 определение 3/797  
 пигменты, см. *Азопигменты*  
 получение, см. *Азосочетания*  
 Азосочетания 1/90, 77, 80, 81, 91, 924; 2/70-73, 75, 95, 151, 314, 359, 887, 976; 3/381, 710, 797, 893, 1013-1015; 4/256, 448, 901, 1199; 5/274, 446, 720. См. также *Азосоединения, Диазосоединения*  
 Азот 1/91, 399, 400, 768, 1170; 2/963; 3/171, 575; 5/54, 55, 84, 494, 937  
 активный 1/93  
 гидраты 1/911  
 гидрид 1/1110  
 дейтерид 1/579  
 жидкий 1/92, 94, 779, 904; 2/300-4/300, 587, 1076  
 нодид 2/495  
 как среда, барное зеркало 1/459  
 - - защитная 1/94, 1146; 2/326, 358, 452-454, 616  
 оксиды 1/94, 93, 95, 101, 276, 399, 400, 608, 889, 890, 892-894, 904, 916, 917, 1093, 1094, 1158, 1216; 2/12, 16, 120, 183, 242, 300, 392, 446, 505, 509, 530, 661, 672, 710, 711, 825, 949, 984, 1137; 3/113, 253, 504, 505, 507, 517, 518, 528, 529, 532, 534, 535, 541, 543-546, 558, 576, 698, 699, 882, 987, 1001; 4/302-304, 342, 399, 627, 628, 640, 661, 731, 786, 814, 1127, 1185, 1190, 1257, 1265; 5/7, 9, 57, 58, 60, 141, 147, 151, 463, 552, 570, 651, 684, 916. См. также *Диазот оксиды*  
 - «весееляющий газ» 1/94-96, 1070, 1094; 2/221, 561, 566, 610; 4/196, 477, 812  
 - вредные выбросы 3/849, 850; 4/223, 1210  
 - и серная кислота, см. *Нитрози. Нитрозные газы*  
 - как «допинг» в детекторах 2/44  
 - как ингибиторы 2/432  
 - как кислоты и основания 2/282, 782  
 - как лиганды 2/793, 1172  
 - как окислитель 3/662  
 - радикалы 3/543-546  
 - коррозионная активность 2/322  
 - молекулярные комплексы 3/751  
 определение 1/94, 121, 887, 889, 894, 895, 916, 917; 2/183, 242, 446, 710-712, 770, 896, 1108, 1148, 1318; 3/168; 4/158, 159, 549, 621, 622, 627, 628, 883, 1056  
 особ чистый 1/72  
 получение 1/93, 94, 106, 275, 794-798, 903, 904, 929, 930, 951, 1191; 2/392; 3/358, 412, 1075; 4/461; 5/114, 443, 602, 605, 978  
 применение 1/94, 798; 2/148, 1124, 1153, 1154; 3/171-173, 648, 649, 658, 885, 903, 905-907, 1099; 4/106, 134, 139, 196, 959, 967, 1079; 5/593, 802. См. также *Азотно-калийные удобрения, Азотно-фосфорные удобрения, Азотные удобрения*  
 роль в метаболизме 1/103, 104, 291, 1151; 3/279, 611, 619, 620, 622, 623, 936, 937  
 свойства 1/6-8, 92, 93, 388, 406, 833, 834, 926, 1015, 1049, 1052; 2/77, 189, 198, 367, 392, 505, 509, 692, 693, 699, 767, 793, 823, 1077, 1172; 3/18, 77, 80, 99, 226, 488, 575, 602, 603, 666, 955, 957, 958; 4/331, 332, 433, 515, 574, 808, 813, 1005, 1039, 1185; 5/16, 43, 463, 552, 630, 648, 936, 1024. См. также *Азотирование, Нитроцементация*  
 связывание, см. *Азотификация*  
 смесь с ацетиленом 1/431  
 - - водородом, см. *Азотоводородная смесь*  
 соединения кислородсодержащие, см. *Азотистая кислота, Азотная кислота, Нитраты неорганические*  
 - органические 2/409, 410, 622, 651, 974, 975, 1016, 1055; 3/27-29, 383, 419, 420, 660, 765, 785, 797, 1164. См. также *Аминокислоты, Амины, Нитраты органические*, другие представители



- с металлами, см. *Азиды металлов*, *Нитриды*
- «сплавы» 5/516
- фториды 1/96, 93, 97, 98, 1114; 2/1127; 5/387-389, 391, 393
- хлориды 1/93, 829; 2/432; 3/662; 5/553
- Азотирование 1/908; 2/201, 259, 1154; 4/808, 1177; 5/451, 452, 913
- Азотистая кислота 1/97, 251, 252, 374, 467, 647, 681, 1073, 1093, 1132; 2/16, 17, 33, 73, 75, 76, 89, 90, 181, 236, 422, 495, 496, 1091, 1274; 3/62, 106, 119, 163, 502, 518, 519, 530, 531, 534, 535, 552, 576, 1024, 1035, 1052; 4/215, 900, 1100, 1138, 1141, 1147, 1155, 1190, 1199, 1251; 5/19, 114, 123, 130, 139, 524, 781, 978
- и сопряженное основание 2/782
- соли, см. *Нитриты неорганические эфиры* 3/932. См. также *Нитриты органические*
- Азотистоводородная кислота 1/97, 93; 2/466; 3/514; 4/592; 5/784, 785
- соли, см. *Азиды металлов*, *Азиды органические*
- Азотистые иприты 1/97, 98; 2/604, 605; 3/846; 5/449, 972
- Азотистые основания 2/639, 877. См. также *Основания*, *Пиримидиновые основания*, *Пуриновые основания*
- Азотная кислота 1/97
- ангидрид 1/299
- и сопряженное основание 2/782
- нон-молекулярные комплексы 2/505
- концентрированная 1/101, 102; 3/521, 523-525, 527-532, 538, 542, 547, 564, 662, 729, 888, 913; 4/128, 342, 343, 572, 632, 876, 943, 987, 1102; 5/6, 132, 141, 142
- коррозионная активность 2/947-949
- кристаллогидраты 1/98
- определение 1/894, 916; 2/293, 896
- получение 1/93, 95, 96, 99-101, 904, 1076; 2/664, 672, 768, 885; 3/412, 1130; 4/160, 200, 300, 384, 519, 523, 608, 659, 722; 5/25, 514
- применение 1/102, 608; 2/773. См. также *Азотно-калийные удобрения*, *Азотно-фосфорные удобрения*, *Азотные удобрения*
- разбавленная 1/99-102; 3/526, 530, 531, 538, 546, 563; 4/591, 632, 633, 987, 1019, 1100, 1127; 5/19, 141, 456, 470
- свойства 1/98-102, 190, 277, 706, 782, 847, 901, 990, 1093, 1100, 1132; 2/12, 26, 41, 132, 133, 199, 210, 253, 271, 279, 371, 392, 452-454, 701, 708, 745, 783, 898-900, 995, 1008; 3/99, 163, 482, 506, 507, 520, 527; 4/731, 746, 898, 1008, 1166, 1201, 1265-1267; 5/507, 827
- смеси, кислота
- серная, см. *Меланж*, *Нитрующая смесь*
- соляная, см. *Царская водка*
- фтористоводородная 3/99
- соли, см. *Нитраты неорганические триглицерид*, см. *Нитроглицерин*
- эфиры 2/17. См. также *Нитраты органические*
- Азотная подушка 1/1146
- Азотная кислота 1/1094
- Азотноватистая кислота 1/102, 1094
- Азотно-водо-ладоновые огнетушащие составы 3/649
- Азотно-калийные удобрения 2/568
- Азотнокислотные процессы
- варка целлюлозы 5/665
- разложение фосфатов 2/809
- Азотнокислотный нитрофос 3/564
- Азотосульфатная нитрофоска 3/564
- Азотно-фосфорно-калийные удобрения 1/467; 2/869, 870; 3/172, 520, 564
- Азотно-фосфорные удобрения 1/284, 286, 467; 2/84, 290, 869, 870; 3/172, 519-521, 564; 5/54, 305. См. также *Аммония фосфаты*, *Аммофос*, *Диаммофос*
- Азотные воды 3/170
- Азотные лазеры 2/1118-1120, 1124
- Азотные удобрения 1/102; 2/348, 591; 3/505, 850, 856, 861, 862; 5/54, 702. См. также *Комплексные удобрения*, *Минеральные удобрения*, *Селитры амидные*, см. *Карбамид*, *Мочевина*
- аммиачные и аммонийные 1/102, 103. См. также *Аммония сульфат аммонийно-нитратно-амидные* 1/103
- аммонийно-нитратные 1/102, 103. См. также *Аммония нитрат жидкие* 1/102, 103; 2/290
- нитратные 1/92, 102, 103. См. также *Калия нитрат*, *Кальция нитрат*, *Натрия нитрат*
- уреформ, см. *Карбамидо-формальдегидное удобрение*
- Азотобактерии 1/451
- Азотоводородная смесь 1/904; 2/25
- Азотолы 1/77-79, 304, 305; 3/562, 704, 705; 5/119, 383
- Азотфиксация 1/103, 44, 92, 553, 1152, 1161; 2/797, 829; 3/79, 80, 503, 1100, 1102
- Азофенетолы 3/561
- Азофенол-хинонгидазная таутомерия 4/992
- Азофиолетовый индикатор 2/449
- Азофлуорантены 2/398, 399
- Азофос 3/564
- Азофосон 2/869; 3/564
- Азохинонгидазная таутомерия 4/751
- Азоцел 4/134
- 4,4'-Азо-бис-(4-циановалериановая) кислота 2/285
- 4,4'-Азо-бис-(4-цианопентанол) 2/284
- Азоциклотин 1/107
- Азулен(ы) 1/104, 105, 375, 684; 2/143, 438, 1136; 3/324, 377, 378; 5/20, 224, 423, 643, 648, 719
- Азур А 1/322, 1023
- Азурит 2/1330
- Азурол 2/139
- Аирное масло 5/800, 1003, 1004
- Аймалин 1/105, 106, 319, 320, 555; 2/460; 5/537
- Айхориа
- метод 1/442
- модификация 5/786
- реакция 1/106, 236
- Айслеба реакция 1/236
- Акантит 4/636, 637
- Акариниды 1/106, 107, 108; 2/186, 468, 469, 471-473, 1080; 3/563, 763, 994; 4/739, 1132; 5/418
- Акарон 4/661
- Акарофунгициды 1/106, 107
- Акартан 1/107
- Акавагели 4/672, 673
- Акавагруппы 1/108
- Аквакаптоны 1/1078; 3/98
- Аквакислоты 1/108, 813; 2/778
- Аквакалин 5/585
- Аквакомплекс 1/108, 1092, 1097, 1099; 2/110, 272, 536, 579, 821, 928, 930, 933, 1172; 3/6, 18, 474; 4/533; 5/609
- Аквамарин 1/535; 2/222, 223; 4/681
- Акваметрия 1/108, 109
- Аканвалы 1/281; 4/731
- Аканваты 1/281; 2/127; 4/731
- Акваоснования 2/778
- Аквапентамины 2/821
- Акварельные краски 2/799
- Акватол(ы) 1/109, 281; 4/731
- Аквацианокорриониды 2/943
- Аккумуляторы 1/109, 972; 2/255; 3/865; 4/266, 591, 638, 640; 5/487-489
- батарей 1/110, 111, 972
- водорода 2/478, 486, 1146
- кадмисевые 2/553
- никель-водородные 1/111
- никель-цинковые 1/111
- с неводными электролитами 1/111
- свинцовые 1/109, 110; 4/594, 600, 602, 648
- серебряно-цинковые 1/110, 111
- серно-натриевые 1/111
- сульфид-железо-литиевые 1/111
- фотохимические солнечной энергии 3/579
- щелочные 1/110, 111; 2/566, 1206
- Акванон 1/356
- Аклациномицины А 1/356
- «Акминтран» и «Акминит», плиты 2/327
- цис-Аконит 4/1259, 1260
- Аконитаза 5/410, 1054
- Аконитат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Аконитат-гидрогеназа 4/1259
- Аконитин 2/171-173; 5/1051, 1052
- Аконитовая кислота 1/1144; 2/1179; 3/613
- Акреск 1/107
- Акридан 1/112
- Акридин 1/112; 2/445, 591, 595, 1217, 1228; 3/295; 4/419; 5/356
- красители, см. *Акридиновые красители*
- Акридиния соли 1/112; 5/248
- Акридиновые красители 1/112, 113, 114, 366, 367; 2/979; 5/649
- Акрилол 1/112
- Акриламид 1/114, 117, 118, 175, 430, 640, 790, 1218; 3/678, 1194-1195; 4/889, 895, 999; 5/53, 203, 668, 773
- Акрилан 3/1198-1200
- Акрилат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Акрилатные соединения. См. также *Акриловые соединения*
- водоземulsionные краски 1/788, 790
- каучуки 1/115, 116, 641, 707, 708; 3/1196; 4/41, 442, 443; 5/960
- клей 2/807; 3/70; 4/716
- латексы 1/788-790
- стекла 4/841
- Акрилаты 1/116, 80, 599, 788-790; 2/215, 807, 1014, 1129, 1266; 3/907, 1196, 1197; 4/40, 41, 503, 589, 696, 700; 5/740, 977, 989. См. также *Акрилатные соединения*, *Акриловая кислота*, *Акриловые соединения*
- аминоалкиловые, см. *Аминоалкилакрилаты*
- бутиловые, см. *Бутилакрилаты*, *Бутилметакрилаты*
- метилловые, см. *Метилакрилат*, *Метилметакрилат*
- полимерные, см. *Полиакрилат*
- этиловые, см. *Этилакрилат*
- Акриловая кислота 1/116, 117, 119, 139, 602, 715; 2/93, 252, 643, 644, 672, 806, 807, 809, 1150, 1272; 3/70, 253, 613, 743-745; 4/206, 499, 642; 5/56, 67, 573, 582, 833, 977. См. также *Акрилат*, *Акрилатные соединения*, *Акриловые соединения*
- амид, см. *Акриламид*
- ангидриды 1/114; 3/110; 4/70
- нитрил, см. *Акрилонитрил*
- определение 1/114
- полимер, см. *Полиакриловая кислота*
- соли и эфиры 1/116, 430, 716; 2/245, 520, 707, 708, 1101; 3/1079;
- 4/872. См. также *Акрилаты*, *Полиакрилаты*
- сополимеры 1/114, 175, 640, 651; 2/516, 520, 701, 808; 3/54, 69, 71, 1195, 1269; 4/700, 840, 841, 889, 1012; 5/204, 447
- Акриловые соединения. См. также *Акрилатные соединения*
- альдегид 1/196. См. также *Акроеин*
- волокна, см. *Полиакрилонитрильные волокна*
- каучуки, см. *Акрилатные каучуки*
- кислоты, см. *Акриловая кислота*
- клеи, см. *Клеи синтетические*
- лаки, см. *Полиакриловые лаки*
- олигомеры 3/744, 745, 746; 2/1080; 4/91, 765
- эластомеры 4/291
- эмульсии 3/997
- трис-(Акрилоилгидроксэтил)фосфат 3/907
- Акрилоилкофермент А 1/434
- Акрилоилхлорид 1/114
- Акрилонитрил 1/117, 118
- как сомономер 3/257
- как условный канцероген 2/606
- органогели 1/1002
- полимер, см. *Полиакрилонитрил*
- получение 1/117-119, 1113, 1116; 2/668, 672; 3/407, 672, 673, 739; 4/208, 265
- свойства 1/48, 80, 114, 139, 270, 358, 429, 438, 599, 628, 903, 1108, 1134; 2/82, 83, 245, 379, 707, 807, 984; 3/10, 55, 105, 450, 512, 515, 707, 708, 1079, 1080; 4/196, 197, 304, 418, 694, 872, 895, 1102, 1108, 1111, 1127; 5/14, 15, 213, 416, 582, 668, 709, 710, 975, 984, 987, 991
- сополимеры 1/14, 114, 115, 118, 175, 629-631, 640, 716, 719, 720, 724, 725, 845; 2/284, 631, 705-708, 921, 1150; 3/54, 123, 192, 646, 1193, 1196-1199, 1234, 1236; 4/40, 306, 589, 734, 765, 869, 870; 5/47, 122, 235, 447, 977
- бис-(Акрилоилнитрил)никель 3/476
- Акрихин 1/112, 304, 440; 4/239, 524
- Акрицид 1/107
- Акроеин 1/118, 71, 116, 117, 119, 139, 180, 193, 196, 198, 422, 423, 522, 628, 1057, 1146; 2/245, 662, 665, 672, 1081; 3/105, 673, 739, 950, 1019; 4/193, 197, 718; 5/222, 428, 726
- Акропол 1/956
- Акселераторы 1/162
- Акснальное и экваториальное положение 1/119, 416, 464; 2/95, 131, 368, 909-913; 3/333, 767; 4/309, 577, 605, 854, 856; 5/292, 308, 312, 383, 385, 543-545, 662, 720
- Акстеллик 2/470
- Активаторы, см. *Активные вещества (соединения)*, *Активные центры*
- Активационный анализ 1/119, 120, 121; 2/387, 503, 712; 3/402, 431; 4/327, 436; 5/554, 1016, 1023. См. также *Нейтронные методы*
- Активация процессов 1/151, 1015, 1053, 1216-1220; 2/48, 49, 875, 876; 3/420, 931, 933, 934, 975. См. также *Активность*, *Активные вещества (соединения)*, *Активные центры*, *Катализ*, *Катализаторы*, *Кинетика химическая*, *Ферменты*, отдельные методы
- анализа, см. *Активационный анализ*
- энергия 5/952, 338, 683, 953; 1/126, 380, 548; 2/125, 130, 200, 388, 662; 3/651, 1062; 4/414, 416, 419-422, 424, 1029. См. также *Гиббса энергия*
- энтропия 2/754; 3/395; 4/415; 5/352
- В, Т-Активные 2/427

- Активированные соединения, см. *Активные вещества (соединения)*
- Активированный комплекс, теория 1/121, 122–125, 375, 546, 547, 1051, 1217; 2/125, 130, 689, 754, 756, 918, 967; 3/258, 259, 468; 4/407–409. См. также *Интермедиаты, Переходное состояние*
- и вторичный кинетический изотопный эффект 2/758
- и поверхность потенциальной энергии 1/121, 122; 3/1175–1178
- и реакции Дильса – Альдера 1/199
- каталитические 2/662, 688
- мономолекулярные 3/257–259
- твердофазные 4/411, 412
- и реакционная способность 4/418–424
- и теория столкновений 4/871
- и трибохимия 4/1256
- «порядок связи – энергия связи», метод 3/1178
- Активность**
- биологическая и структура системы 2/942
- и синергисты 4/695
- иммунная антител 2/1123
- катализаторов 1/125, 126, 1050, 1054, 1055, 1059; 2/666, 667, 680, 685, 689
- центры, см. *Активные центры*
- коррозионная среды 2/321, 322
- окислительно-восстановительная ионов 2/710, 711
- оптическая 3/772, 210, 773, 786; 1/619; 2/128, 810; 4/858; 5/538
- пестицидная 3/992, 994, 995
- поверхностная 3/1159, 1160, 1163, 1171
- растворенных веществ 3/829
- реагентов, кинетический фактор 2/689
- термодинамическая 1/126, 127; 2/901; 3/47; 4/154, 155, 187, 365; 5/101, 422–424, 465, 466, 499
- и электродный потенциал 3/431; 5/840
- коэффициенты 1/1065; 2/7, 8; 3/829; 4/365, 366
- произведение 4/187, 188, 356; 1/1065; 2/1254
- электронов в электролите 5/841
- ферментов 1/549, 578, 1126; 2/661, 1194; 4/430; 5/148, 152, 159
- Активные вещества (соединения)**. См. также *Активация процессов, Активность, Активные центры*, отдельные химические элементы
- аллостерические 1/1152
- белки 4/426, 427; 5/271
- в лазерах 2/1115–1127
- глина 1/1057
- диоксид кремния 2/377
- диэлектрики 2/208, 209
- для дубления 2/234
- для катализаторов, см. *Промоторы, Ферменты*
- для люминофоров 2/1225–1228; 4/598, 1055; 5/24, 446–448
- для отбеливателей 4/699
- для суперсенсibilизации 4/626
- для флотации 5/208
- как органические реагенты 4/397
- красители 1/127; 2/976–978, 982, 991, 992, 995, 996, 1096; 3/382
- азисовые 1/128; 3/998
- азокрасители 1/128; 3/998
- антрахиноновые 1/128, 353
- в цитохимии 5/769, 770
- винилсульфоновые 1/128, 129; 3/998
- дисперсные 2/151, 152
- фталоцианиновые 1/128
- ил 3/861; 5/675
- лигнин 1/1101
- сажа, см. *Технический углерод*
- уголь 1/129, 130, 329, 430, 884, 901, 902, 1072, 1101; 2/13, 19, 231, 323, 325, 504, 766, 1165, 1174; 3/324, 864, 894; 4/132, 134, 221, 222, 1142, 1223; 5/43, 238, 704, 1052, 1053
- эфирны 1/1151; 3/931, 933, 934
- Активные центры**
- деструкции полимеров 2/38
- и метод фотопоследствия 5/356
- катализаторов 4/193. См. также *Катализ, Катализаторы*
- поверхности тел 1/1050, 1051
- ансамбли 1/1059
- Бренстеда 1/1056, 1057
- Люиса 1/1056
- ферментов 5/152, 159
- ферредоксина 5/162
- Активный эксперимент** 3/640, 641, 1106–1113
- Актилен** 5/49
- Актин** 1/130, 131, 470; 3/176–178, 199; 5/1049
- Активидин** 3/1048
- Актиниды**, см. *Актиниоиды*
- Актиний** 1/131, 1002; 3/403, 957, 958; 4/299, 323–325; 5/10, 366, 937
- Актиниоды** 1/131, 106, 132, 133; 2/518, 519, 563, 624, 1107, 1111, 1214, 1226, 1227; 3/26, 57, 76, 413, 414, 423–426, 566; 4/213, 214, 432, 618, 685, 809, 949, 955–961, 1218–1220; 5/73, 81, 160, 164, 694, 936, 1016. См. также отдельные химические элементы
- Актинолиттремолиты** 1/386
- Актинометрия** 1/133, 134; 5/357
- Актиномыцеты** 1/134, 135; 2/187; 5/740
- Актиномицины** 1/134, 321; 2/34, 361; 3/927, 934; 5/132
- Актиноя** 4/323–325
- Актиноуран**, ряска 4/322–325; 5/366
- Актиний** 1/1029
- Актомиозиновый комплекс** 3/176, 177
- Акуаминин** 2/457, 458
- Акулеатизид А** 4/578, 580
- Акустические материалы** 1/136, 137–139; 2/495, 1028, 1072; 3/242, 418; 4/1022, 1024
- Акустические методы**
- газовый анализ 1/915
- дефектоскопия 2/49, 50
- коагуляция аэрозоль 1/448
- спектроскопия 1/135, 136
- эмиссионные 2/49
- Акустические устройства**
- и волны, режим кипения 2/763
- инфразвуковые 2/490, 491, 427; 5/60
- релаксационные 2/495
- оптическая 4/463
- ультразвуковые 2/146; 5/59–62
- форсунки 4/348, 349
- Акутумин** 3/274, 275
- Акцепторно-каталитические реакции**
- поликонденсация 3/1258, 1260
- полимеризация 4/95
- Акцепторы**. См. также *Кислоты и основания*
- и стабилизация полимеров 4/815–817
- ферментов 4/1241, 1242
- Акцизные смолы** 3/447
- Аланаты** 1/220
- лития, см. *Литий, аланит*
- Алангизид** 1/145
- Алангимарин** 1/145
- D-Аланил-D-аланинсинтетазы** 5/740
- $\beta$ -Аланилгистидин** 2/655, 656
- Аланилгистидинамид** 2/414
- $\beta$ -Аланил-N-метилгистидин** 1/303
- Аланин(ы)** 1/138, 139, 249, 250, 254, 304, 415, 471, 951, 1029; 2/364, 414, 655, 736, 813, 905, 1169; 3/198, 472, 570, 594, 619, 620, 622, 810, 877–879; 4/217, 642, 893, 895, 1010, 1075, 1260, 1261; 5/2, 243, 420, 422, 582, 769, 784, 794, 1041
- Аланинрамемаза** 5/740
- Аланозин** 3/927
- Алатон** 4/27
- Алахлор** 1/1029
- Алгогены** 3/846
- Алгоритмизация моделирования** и управления 2/747, 748; 3/195, 196
- Алебастр** 1/870, 1123; 2/589
- Александрит** 2/222, 223
- Александрова – Гуревича уравнение** 4/485
- Ализарин** 1/139, 209, 353, 354, 944, 986; 2/135, 136, 445, 747, 822, 972, 976; 3/686, 689, 690, 785, 786, 1056, 1057
- индикаторная бумага** 2/1148
- комплексон** 3/690
- крапплак** 2/971
- красители**, см. *Ализиариновые красители*
- масло**, см. *Ализиариновое масло*
- Ализиариновое масло** 1/139; 2/660, 971, 996; 3/1163; 4/919
- Ализиариновые красители**
- желтые 3/1054
- коричневый 3/690
- красный С 1/139, 140; 2/449, 1216; 5/762
- сафрор Б** 1/354
- цвлинны** 3/689, 691
- Алисфер** 2/261, 262
- Алит** 2/588
- Алитирование** 2/321, 1154; 5/451
- Алифатические соединения** 1/140, 745, 750, 751, 957–959, 1094–1096, 1129; 2/10, 98, 99, 110, 170, 171, 177, 213, 214, 314, 345, 638, 639, 899, 900, 907, 909, 941, 972, 1147, 1219; 3/81, 552, 553, 603, 765, 784, 1201–1210, 1245–1247, 1260; 4/93, 94, 659, 660, 912, 913; 5/36. См. также индивидуальные представители
- азотсодержащие, см. *Азосоединения, Аммиа, Диазосоединения, Нитрозосоединения, Нитросоединения*
- алкоголи, см. *Аминоспирты, Галогеноспирты, Спирты*
- альдоксимы и кетоксимы, см. *Оксимы*
- ацилзамещенные, см. *Амиды карбоновых кислот, Имиды карбоновых кислот*
- гидразины, см. *Гидрозина замещенные органические*
- диклородные, см. *Пероксидные соединения органические*
- карбонилсодержащие, см. *Альдегиды, Кетоны*
- кислоты, см. *Альдегидо- и кетокислоты, Карбоновые кислоты, Оксикислоты*
- углеводороды галогензамещенные 1/945, 941, 943, 946–949, 955; 2/82, 432; 3/405, 573, 738, 739, 764, 785, 833, 884, 938, 1059, 1117. См. также *Фторорганические соединения*
- непредельные, см. *Ацетилен, Ненасыщенные углеводороды, Олефины*
- предельные, см. *Насыщенные углеводороды*
- фановые, см. *Циклофаны*
- циансодержащие, см. *Изоцианаты, Нитрилы*
- циклические, см. *Алициклические соединения*
- эфирны, см. *Ацетали и кетали, Душистые вещества, Эфирные протисты, Эфирные сложные*
- Алициклические соединения** 1/141, 142, 143, 442, 659; 2/33, 36, 37, 107, 599, 600, 899, 900; 3/784; 5/96, 141, 744, 745. См. также *Душистые вещества, Терпены, Циклические соединения*
- алмазоподобные, см. *Адамантан*
- анулены 1/312, 313
- гексаклоран, см. *Гексаклорциклогексан*
- диены 1/98–102
- каркасные, см. *Полиэдрические соединения*
- красители 2/972
- мостиковые, см. *Мостиковые соединения*
- нафтены** 3/378, 379, 380. См. также *Нафтенческие кислоты*
- оксоуглероды 3/723, 724
- спираны, см. *Спиросоединения*
- стереономеклатура 3/571
- стерины 4/859, 860, 861
- тропилья 5/20, 21
- циклоалкены, см. *Циклоолефины*
- циклопарафины, см. *Циклоалканы, Циклогексан*
- Алиэстеразы** 2/635; 5/1038
- Алкагест** 1/189
- Алкадиены** 2/98, 99; 5/266
- Алкалиметрия** 2/770; 4/467
- Алкалоиды** 1/143, 144; 5/957. См. также индивидуальные представители
- амариллисовые 1/223, 224; 5/1052
- бобоамы, см. *Физостигмин*
- гомоапорфиновые 5/120
- гомоморфинадиеноновые 5/119
- гомопропорфиновые 5/120
- гомоэритриновые 5/120
- дафинифиллума 1/144, 143
- дигтереновые 2/171, 172, 173; 5/1051, 1052
- изохинолиновые 2/398, 399–401; 1/143, 533, 534; 3/275, 1022, 1023; 4/398; 5/23, 524
- индольные 2/457, 458–460; 1/148, 619, 653, 654; 4/873; 5/520, 524, 967, 968, 1051, 1052
- ипекакуаны 1/145, 143
- иридиновые 1/143
- как маточные средства 2/1321
- клавинные 5/967, 968
- колхичиновые 2/861, 862, 863; 5/119, 120
- лнкопидиума 1/146, 143, 147; 3/1047
- лупина 5/524, 525
- морфинановые 3/274, 275, 276
- наркотические 1/296, 297
- нейротоксические 5/1040, 1041
- неэфирные 3/1081, 1082
- номенклатура 3/573
- оксазолы 3/679
- определение 1/672; 2/114; 5/659, 947
- пептидные 3/923, 924, 934; 1/143; 4/651, 652; 5/967, 969
- пиридиновые 3/1047, 1048; 5/1051, 1052
- пирролиндиновые 1/1181
- пирролизидиновые 3/1081, 1082, 1083; 5/591
- плауна 1/143, 146, 147
- получение 2/966; 3/156; 4/279
- противоопухолевые 2/605, 606; 4/236
- пуриновые 4/274, 268, 269, 275, 774, 775; 1/143; 2/966, 967, 1085; 3/786; 5/593, 707
- разделение 2/1171
- реационные 4/397, 398
- секурнеги 1/147

- серосодержащие 4/651, 652, 653  
сесквитерпеноидные 3/1047  
стероидные 4/861, 862, 865; 1/1181;  
2/959  
структура 1/519, 606  
тропановые 5/117, 88, 591; 4/530  
фенантрениолидизидиновые  
5/117, 118  
фенетилзохинолиновые 5/119, 120  
хемостерилизаторы 5/449  
хинололиновые 5/520, 521; 1/143  
хинные, см. *Хинин*  
хинолидизидиновые 2/1321  
хинолиновые 5/527, 537  
хлорсодержащие 3/1082  
элакарпуса 1/147, 148  
эрготиновые, см. *Эргоалкалоиды*  
эритриновые 5/969, 970  
яды растений 5/1051–1053
- Алкаиды 1/1133–1135. См. также  
*Гликоли*  
Алканоламины 1/254, 264–266, 901,  
902, 931, 932; 2/970; 4/700, 1249  
Алканолы 4/313, 803  
Алкансульфокислоты 4/923, 924,  
1150, 1155. См. также *Метансуль-*  
*фокислота*, *Сульфокислоты*  
галогензамещенные 4/934, 935, 1150  
эфирные 3/293. См. также *Сульфона-*  
*ты*  
Алкансульфонаты 1/148, 149; 4/698,  
918, 927; 5/207, 974. См. также *Ал-*  
*килсульфонаты*  
Алкантолы 4/1139, 1160; 5/700  
Алканфосфаты 1/149; 5/276. См.  
также *Алкилфосфаты*  
Алканы. См. также *Насыщенные угле-*  
*водороды*  
как поробразователи 3/911  
молекулярные графы 1/1197, 1198  
нефрей 3/458–465  
получение 1/63; 2/28, 275, 645, 678,  
1148; 3/407, 449, 450, 738, 739,  
765  
свойства 1/142, 195, 307, 869, 910,  
1161, 1163; 2/100, 369, 670–672,  
899, 900, 913, 1276; 3/79, 101, 237,  
533, 546, 671, 738; 4/390, 391;  
5/622, 623  
Алкатыны 4/80–82  
1-О-(1-Алкенил)-2-ацил-*сп*-глицерин  
3/1096  
Алкенилбораны 1/594  
Алкенилгалогениды 4/170, 1134;  
5/549  
1-О-(1-Алкенил)-*сп*-глицерин 3/1096  
Алкенилгалогенирование 1/149  
Алкенилмеркурирование 1/149  
Алкенилрование 1/149, 150; 5/276  
Алкенилкарбены 5/732  
Алкенилмагнийгалогениды 1/1205  
2-Алкенил-2-оксазолины 3/683  
 $\alpha$ -Алкенилфосфоновые кислоты  
5/276  
Алкенилциклоалканы 3/406  
Алкенилэтарная кислота 1/286  
ангидрид 4/173  
эфиры 4/439; 5/792  
Алкеноксины 4/804; 5/368  
Алкеносульфокислоты 4/923  
Алкеносульфонаты 4/927–929  
Алкены. См. также *Олефины*  
активные 3/1079  
молекулярные графы 1/1197, 1198  
органоккомплексы, см. *Олефиновые*  
*комплексы переходных металлов*  
получение 2/29, 645, 717; 3/79, 506;  
4/620, 1152; 5/783  
свойства 1/187, 841, 1163; 2/74, 100,  
139, 313, 639, 646, 647, 874, 1148,  
1236, 1252, 1293, 1294; 3/28, 81,  
486, 507, 531, 533, 549, 571, 685,  
760, 1083; 4/177, 312, 416, 533,  
693, 694, 804, 906, 916, 918, 923,  
928, 934, 1131, 1135, 1137, 1138,  
1150; 5/8–10, 737  
терминальные 2/312  
Алкидные смолы 1/150, 151–154, 157,  
717; 2/660, 808, 1014, 1273; 3/282,  
445, 743, 897, 916, 991, 1139, 1140;  
4/51, 95, 199, 444, 445, 739, 870;  
5/26, 134, 377, 551, 787, 985, 1006,  
1058  
искусственные латексы 1/788, 790  
кислотное число 2/770  
кислотные 2/1092  
лаки и эмали 1/510, 1207; 2/1128,  
1129, 1296, 1297; 3/445  
резиновые 1/151  
силоксановые 1/153  
стирольные 1/153, 154  
уретановые 1/153; 5/72, 73. См. так-  
же *Уралкидные смолы*  
Алкил 1/154, 159  
1-Алкиладамантан 1/34  
Алкилазиды 1/72–74  
Алкилазины 5/778  
N-Алкилазириды 2/909  
Алкил-2H-азирин 1/76  
Алкилазметины 2/288  
Алкилакрилаты 2/544; 3/905  
2-Алкил-2-алкоксисебозин 1/508  
Алкилалкоксиланы 1/171  
Алкилалюмоксаны 4/203  
Алкиламиды 3/830, 831, 1168, 1251  
1-(2-Алкиламиноэтил)-2-алкил-3-ме-  
тилимидазолинийметилсульфаты  
4/699  
Алкиламинирование 5/778  
Алкиламиноалкансульфоаты 3/1167,  
1168  
1-Алкиламиноантрахиноны 2/302  
1-Алкиламино-4-ариламиноантрахи-  
ноны 2/78  
2-Алкиламино-3H-1,4-бензодиазепи-  
ны 1/504  
N-Алкиламинобензолы 1/154, 155.  
См. также *N-Алкиламинны*  
1-Алкиламино-4-бромантрахинон  
2/78  
N-Алкил-4-аминодифениламин  
1/248  
Алкиламинокарбонные кислоты  
3/1166  
N-Алкил-2-аминопиримидины 3/952  
2-Алкиламинопиридин 1/261  
Алкиламиносефарозы 1/418  
Алкиламинофенилкарбонные кисло-  
ты 3/1166  
N-Алкил-*м*-аминофенолы 2/1082  
Алкиламинны 1/270, 337, 424, 545;  
2/85, 1010, 1085; 3/506, 518, 832,  
1168, 1169; 4/536, 1249; 5/978  
вторичные и третичные 3/106  
оксигетилированные 3/715, 716,  
1165, 1169; 4/699  
C<sub>8</sub>–C<sub>10</sub>-производные 1/453  
сульфаты 2/963, 964  
Алкиламинный-катионы 1/158, 160,  
164, 280  
N-Алкиламиназины 1/290  
N-Алкиламинны 1/154, 155, 271, 306,  
952; 2/71, 964  
Алкилантрагидрохиноны 1/779, 780  
Алкилантрахиноны 1/155, 156, 780,  
952, 1090; 2/6, 380; 5/535  
Алкиларилкарбонильные соединения  
1/76, 708, 709; 5/359  
Алкиларилнитроксилы 3/544, 545  
Алкиларилные эфиры 5/142  
Алкиларилсульфиды 4/911, 912  
Алкиларилсульфокислоты 4/1012  
Алкиларилсульфонаты 2/474; 3/1164,  
1168; 4/928, 1150; 5/207  
Алкиларилсульфоны 1/127; 4/933, 934  
 $\beta$ -Алкил(арил)тиопропионитрилы  
5/709  
Алкил(арил)феноксикусные кисло-  
ты 1/164  
Алкил(арил)феноло-формальдегидные  
смолы 1/156, 157, 163, 634, 645, 646,  
847; 3/568; 5/134, 135  
Алкиларилфосфаты 3/1117  
Алкиларилфосфоновые кислоты  
5/207  
Алкиларилы 3/791  
Алкиларилэтилсульфаты 3/1163  
Алкиларсоний-катионы 1/385  
Алкиларсонные кислоты 3/310  
Алкиларсоновые кислоты 1/385;  
3/1168  
Алкалат 1/157, 327, 500, 640; 2/46;  
3/278, 446, 726, 727, 913; 4/197  
1-О-Алкил-2-ацетил-*сп*-глицеро-3-фо-  
сфолин 5/245, 269  
Алкилацетиленгликоли 3/1165, 1166  
Алкилацетилены 1/430; 2/887, 888  
Алкилацетокусные эфиры 1/440  
1-О-Алкил-2-ацил-*сп*-глицерин  
1/165  
Алкилацилсульфониды 3/1096  
Алкилбензальдегиды 1/983  
*бис*-(Алкилбензил)дисульфиды 4/172  
Алкилбензилпиридинийхлориды  
2/693, 694  
1,2-*бис*-(Алкилбензилтио)этан 4/439  
Алкилбензилхлориды 2/694  
Алкилбензимидазолы 1/497, 498  
Алкилбензин, см. *Алкилат*  
Алкилбензилпропионовые кислоты  
5/1059  
Алкилбензоксазолы 1/511  
Алкилбензол(ы) 1/158, 155, 160, 500,  
512, 567, 579, 983, 1110; 2/13, 671,  
880, 1273; 3/450, 463, 726, 936,  
1061; 4/61, 697, 698  
Алкилбензолсульфонаты 1/158, 159,  
1111; 3/185, 740, 992, 1163, 1169,  
1170; 4/698, 700, 927, 929; 5/974  
гидротропы 1/1110, 158, 1111;  
3/284; 4/700  
Алкилбензолсульфоновые кислоты  
1/340  
Алкилбензолы 5/305, 785, 1059  
2-Алкилбензотназолы 1/527  
Алкилбетаины 3/1167  
Алкилбораны 1/176, 594, 595, 599,  
600, 602  
Алкилбораты 1/582, 588; 5/1009  
Алкилборидхлориды 1/594  
Алкилбразаны 3/894  
Алкилбромиды 1/592, 605, 1203; 2/32,  
120, 695, 1204; 3/32  
2-Алкилбутилен-1/155  
Алкил(втор-бутил)кетоны 5/545  
Алкил-*трет*-бутилпероксиды 1/643  
Алкилбутиролактоны 5/56  
Алкилвинилкетоны 4/528, 529  
Алкилвиниловые эфиры 1/118; 3/734,  
1227  
Алкилгалогениды 1/154, 198, 200, 210,  
230, 235, 251, 254, 261, 269, 270, 272,  
280, 360, 361, 385, 434, 527, 592, 593,  
1084, 1205; 2/31, 32, 83, 171, 176,  
186, 310, 311, 371, 379, 416, 456, 511,  
645, 646, 710, 711, 717, 811, 863, 869,  
874, 889, 899, 900, 938, 970, 971;  
3/32, 33, 61, 106, 179, 315, 316, 502,  
506, 516, 530, 549, 554, 557, 722, 738,  
765, 790, 791, 801, 825, 905, 936, 977,  
1019, 1028, 1059, 1090, 1091, 1229,  
1263; 4/872, 916, 925, 932, 1102,  
1126, 1127, 1135, 1138–1140, 1143,  
1150, 1154, 1156, 1157, 1204, 1252;  
5/93, 94, 132, 141, 195, 219, 367, 368,  
450, 794, 939, 986, 1008. См. также  
*Альбраниды*, *Алкилоиды*,  
*Алкилхлориды*, *Галогензамещенные угле-*  
*водороды*, *Гриньяр реактивы*,  
*Фторорганические соединения*  
Алкилгалогенфосфины 5/277  
Алкилгидразины 1/1070, 1072, 1074–  
1076; 3/28; 4/392, 1198  
Алкилгидразон 1/1073  
Алкилгидроксамовые кислоты 5/207  
Алкилгидроксиламыны 1/1095; 3/678,  
702; 4/1197, 1198  
1-Алкил-1-гидрокси-3-имиданоны  
2/439  
2-Алкил-3-гидрокси-1,4-нафтохиноны  
3/707  
Алкилгидроксиинолины 5/825  
Алкилгидрохиноны 1/532  
Алкилглюкофосфиты 5/279  
Алкилглюкохлориты 1/960; 4/931, 932  
О-Алкилгликозиды 5/197  
1-О-Алкил-*сп*-глицерофосфат 1/165  
7-Алкилгуанин 3/294  
Алкилдиазиридины 2/67, 68  
3-Алкил-3H-диазирин 2/69  
Алкилдиазогидроксиды 3/294  
Алкилдиазония соли 3/603  
2-Алкил-4,4-диалкил-2-оксазолины  
3/683  
N-Алкил-1,4-диаминоантрахиноны  
2/77  
Алкилдиарилсульфония соли 4/931  
Алкилдиарилтиофосфаты 3/1091  
Алкилдиацилглицериды 2/1189  
2-Алкил-2,3-дигидроперимидины  
3/952  
2-Алкил-3,4-дигидропиримидин  
3/1050  
1-Алкил-1,2-дигидрофтазазины 5/375  
Алкилдимидины 2/751  
 $\alpha$ -Алкил- $\beta$ -дикетоны 2/814  
Алкилдиметиламинооксид 1/18  
Алкилдиметиламиноэтилохлориды 1/453  
Алкилдиметилбензиламоний 1/338  
2-Алкил-4,4-диметил-2-оксазолин  
3/683  
Алкилдиоксидантарные кислоты  
4/699  
N-Алкилдисульфамиды 4/898  
Алкилдитиокарбаматы 1/271; 4/1147  
Алкилдиэфторфосфаты 1/962  
Алкилдихлорсиланы 1/1108  
Алкилдихлорфосфаты 1/1147; 3/112  
Алкилдихлорфосфины 1/964  
Алкиленамины 3/734; 4/200  
Алкиленгалогениды 4/95  
N-Алкилен-L-гидроксипролин 2/1172  
Алкилендиаминотетракусные кисло-  
ты 5/794  
Алкилендиамины 3/1029; 5/794  
Алкилендигалогениды 4/84, 1127  
N,N'-Алкилен-*бис*-(метакриламиды)  
3/69  
Алкиленоксиды 2/285; 3/730–732,  
833, 911, 1210; 4/93, 94, 699  
Алкиленсульфиды 3/733–735  
Алкиленамины 3/548  
Алкиленарсораны 3/315, 316  
5-Алкилиденгидантоны 1/1067  
Алкилиденгидропиридины 3/1019  
2-Алкилиден-1,3-диоксолы 1/811  
Алкилидениминоксильные радикалы  
2/419; 4/303  
 $\beta$ -Алкилиден- $\beta$ -лактоны 2/740  
Алкилиденвая группа 2/325  
4-Алкилиден-5-оксазолины 2/22  
Алкилиденфосфораны 1/198, 752,  
753; 2/404, 647, 746; 3/739, 740;  
5/241, 242, 258, 259, 277, 292  
Алкилиденитарные кислоты 5/792,  
793, 1058  
Алкилидины 2/625–627  
N-Алкилизопропаноламины 2/379  
Алкилизотионат 5/1059  
S-Алкилизотиониевые соли 4/1140  
Алкилизотионаты 2/345, 401, 403  
Алкилимидазолины 3/1167, 1168;  
5/949

- Алкилиодиды 1/428, 592, 1162, 1203; 2/120; 3/29, 32, 541, 796, 951, 952, 981; 4/158, 159, 528, 912; 5/277, 659
- Алкилирование 1/159, 168, 598, 710, 711, 1070, 1074, 1075, 1095, 1160, 1222; 2/83, 90, 95, 244, 360, 373, 374, 380, 411, 416, 419, 420, 456, 678, 1137, 1138; 3/123, 444, 449, 450, 462, 515, 552, 554, 721, 738, 740, 791, 980, 1025; 4/66, 648, 757, 905, 908, 913, 916, 933, 938, 1135, 1157, 1204; 5/131, 141, 449, 629, 733, 982, 1011, 1012
- аренов, см. *Фриделл* – *Крафтса реакция*
- в звуковых полях 5/60
- восстановительное 2/117
- заместительное 2/314, 409, 745, 889; 5/907
- и нодирование 5/311
- и кватернизация 1/279; 3/1029
- и конденсация 2/889
- и пералкилирование 3/936
- каталитическое 2/117, 380, 665, 667, 678, 679, 682; 3/25, 122, 252, 516; 4/193, 1111; 5/34, 142
- мутагенное 3/294, 295
- по Абрамову 1/2, 3
- по Арбузову 5/312
- по Габриелю 1/874
- по Клею – Киннеру – Перрену 5/312
- по Курциусу 2/1106
- по Меншуткину 3/61
- по Михаэлсу – Беккеру 3/179, 180
- по Мшудубу 3/187
- по Сёрсену 1/874
- по Сторку 3/1080; 4/872, 873
- по Хеку 5/438, 439
- по Циглеру 5/710, 711
- С-присоединение 1/159, 160, 711; 2/244, 245; 3/556, 1080; 4/872, 873
- О-присоединение 1/159, 711; 3/294, 295, 552, 554, 556
- N-присоединение 1/159; 2/116; 4/872
- S-присоединение 1/159; 2/179; 4/1161
- радикальное 3/557; 4/312
- селективное 2/667, 1093
- ферментативное 3/294, 295, 598; 4/860
- Алкилкарбонаты 5/239, 990
- S-Алкилксантогенаты 5/779
- Алкилксантоны 2/88
- Алкиллитий 1/210, 374, 658; 2/1203; 3/79; 4/621; 5/1008
- Алкилмагнийгалогениды 1/969, 1203, 1205; 2/651; 4/1145; 5/263
- Алкилмаленнаты 1/788
- Алкилмалоновые кислоты 2/813
- эфирьы 2/1275; 3/180
- Алкилмеркаптаны 4/1135
- Алкилметакрилаты 3/905
- Алкилметалкетоны 1/970, 971; 4/737, 738
- Алкилметилловые эфиры 5/1008
- Алкилмоноглицериды 5/207
- Алкиломонооксигеназа 1/165
- Алкилмочевяны 1/1075; 3/1125
- Алкилнатрий 5/1008
- Алкилнфталлины 1/286, 517, 1089; 3/277, 372, 445, 463; 4/173
- Алкилнафтены 2/678
- Алкилнафтнридиний-ноны 3/383
- N-Алкил- $\alpha$ -нафтиридинны 3/383, 384
- Алкилнафтотлы 3/1165
- N-Алкилнафтостирол 3/131
- Алкилнитраты 2/938; 3/505–507, 558; 4/174, 279, 527
- Алкилнитраты 1/464, 465; 2/75; 3/506, 507, 518, 519, 534, 535, 979
- N-Алкил-N-нитрозо-N'-нитрогуанидины 3/293, 294
- 3-Алкилоксазиридинны 3/677, 678
- 4-Алкил-5-оксазолинон 2/22
- Алкилодеаты 4/919
- Алкилоловотригалогениды 3/762
- Алкилпергалогениды 5/295
- N-Алкилпиримидины 3/952
- Алкилпероксиды 3/975, 976, 978
- Алкилпероксикарбаты 3/975
- Алкилпиперидины 2/858
- Алкилпирразины 3/1033
- N-Алкил(N-аралкил)пиридинны соли 2/963, 1113; 3/1019, 1045–1047; 4/267
- Алкилпирриды 1/424, 824; 5/778
- N-Алкил-2-пиридоны 3/709; 4/267
- Алкилпирогаллолы, диметилловые эфиры 2/226
- N-Алкилпирролидинны 1/644
- Алкилпирролы 2/814
- Алкилполиокснэтиленсульфаты 1/161
- Алкилпифторалкилгалогенфосфонны 1/965
- Алкилпириннолеат 4/918
- Алкилмеркургалогениды 4/551
- Алкилсерые кислоты 4/905, 908
- соли, см. *Алкилсульфаты*
- Алкилсиланы 2/1032; 3/989
- Алкилсилатраны 4/672
- Алкилсилкаты 1/170–172. См. также *Алкилсиланы и ирилсиланы*
- N-Алкилсульфамиды 1/438
- Алкилсульфонаты 1/160, 161, 261; 2/619; 3/530, 1163, 1164, 1169, 1170, 1233; 4/698, 700, 904–908, 919, 1145, 1204; 5/780, 1009
- авриоль 1/16, 17, 1012
- Алкилсульфенгалогениды 1/597; 3/733
- Алкилсульфиды 1/952; 4/515, 543
- Алкилсульфиты 4/921, 922; 5/1009
- Алкилсульфокислоты 2/91, 294
- эфирьы 1/711; 4/929, 931; 5/794, 949. См. также *Алкилсульфонаты*
- Алкилсульфонаты 1/148, 149; 2/311; 3/740, 791, 825, 1163, 1164, 1169, 1170; 4/912, 922, 1204; 5/571
- Алкилтетракарбонилкобальт 2/830
- Алкилтиольные радикалы 4/1123
- Алкилтираны 3/734
- Алкилтиоенамины 1/420
- Алкилтионмидаты 3/1028
- Алкилтиокарбены 4/913
- Алкилтиосерые кислоты 2/171, 178; 4/1150
- S-Алкилтиосульфаты 4/1134, 1139, 1149
- Алкилтиофены 1/824
- Алкилтиоцианаты 4/1165–1169
- Алкилтиурамсульфиды 1/162, 163
- Алкилтиурамы 1/162, 163
- Алкилтозилаты 2/938; 3/765
- N-Алкилтолуолсульфамиды 4/1204
- Алкил-1,3,5-триазны 4/1248
- Алкилтриацетоксисиланы 1/1044
- Алкилтриметиламмонийхлорид 1/18; 5/780
- N-Алкил-N,N'-триметилендиаммоний-ацетаты 2/83
- N-Алкил-N,N',N'-трн(полноокснэтилен)-триметилендиамныны 2/84
- Алкилтрихлорсиланы 3/801
- Алкилтиоугольные кислоты 2/639
- Алкилуксусные кислоты 5/710
- Алкилфенантрены 3/463; 4/740, 741
- Алкилфенилполнгликолевые эфиры, алкилфосфаты 1/164, 165
- Алкилфенилэтиловые спирты, сульфоксиды 3/1164
- Алкилфенилсульфоксаны 5/128
- Алкилфенолы 1/163, 164; 2/1, 15, 1044, 1150; 3/563, 708, 911; 4/171, 173, 340, 557; 5/132, 133, 135, 141, 142, 825, 949
- окснэтилирование 3/715, 716, 1165, 1168, 1169; 2/152; 4/699, 1012; 5/950
- сульфаты 1/286; 4/172. См. также 2,2-Ди(4-гидроксифенил)пропан
- N-Алкилформазаны 5/219
- N-Алкилформамиды 2/1155
- 2-Алкил-1-формилциклопентены 2/743
- Алкилфосфаты 1/164, 165, 339; 2/436; 3/1164; 4/699, 1162, 1168; 5/255
- Алкилфосфонны 2/626
- Алкилфосфиты 4/1264; 5/268
- Алкилфосфониды 1/165
- Алкилфосфонаты 1/149. См. также *Алкилфосфонаты*
- Алкилфосфонистые кислоты 1/253
- Алкилфосфоные кислоты 3/1168; 5/276, 606
- Алкилфосфорные кислоты 1/149, 164; 2/519; 5/949
- Алкилфталимиды 1/874
- Алкилфториды 5/294
- Алкилфторфосфонны 1/964
- Алкилфураны 1/824
- 1-Алкилхнлнлний 3/317; 5/526
- Алкилхлорамныны 3/678
- Алкилхлориды 1/592, 1203; 2/32, 1204; 3/32, 801; 4/757, 922, 1134, 1139; 5/195, 239
- Алкилхлоркарбонаты 3/507
- Алкилхлорсиланы 2/297; 5/128
- Алкилхлорсульфаты 4/907
- Алкилхлорсульфонаты 4/922
- Алкилхлорформаты 4/1153
- Алкилциклогексаны 3/1061
- Алкилциклогексилэтилсульфаты 3/1163
- Алкилциклопентаны 3/1061
- Алкилциклопропаны 5/739
- Алкильная группа 1/154, 159
- Алкильные комплексы переходных металлов 3/736; 4/467
- Алкильные радикалы 4/300, 304, 316
- Алкилэкогалогенбензолы 1/528
- Алкилэтоксисиланы 1/172; 2/297
- Алкилэтоксисульфаты 4/698
- Алкилэтоксифосфаты 4/699
- Алкилэфирсульфаты, см. *Авириоль*
- Алкильные соединения, см. *Алкины*
- $\beta$ -Алкинолы 5/1000
- Алжны 1/165, 76, 150, 1084; 2/246, 360, 361, 646, 647, 1107, 1108, 1148, 1236, 1293; 3/477, 486, 760; 4/500, 501, 533, 641, 918, 923, 924, 1135, 1137, 1155; 5/738. См. также *Ацетилен*
- бораны 1/596
- комплексы переходных металлов 3/81, 82, 475, 476
- магнийгалогениды 1/1205; 2/532, 533; 5/999
- молекулярные графы 1/1197, 1198
- сульфокислоты 4/923
- терминальные 2/312, 622
- циклоалканы 3/406
- Алкт 5/670
- Алкогелы 4/672
- Алкоголи 4/800–806. См. также *Алкоголиз, Алкоголяты, Спирты*
- Алкоголиз 1/165, 151, 152, 1128; 2/115, 121, 304, 305, 415, 416, 1143; 3/11, 506, 1256; 4/753, 1163, 1256; 5/223, 255, 256, 266, 502, 701, 702, 1011, 1012. См. также *Спирты*
- Алкогольдегидрогеназа 1/165, 166, 609; 2/968; 3/471; 5/151
- Алкоголят-ноны 2/986
- Алкоголяты 1/166, 494, 495, 520, 658, 710, 711, 1204; 2/9, 533; 3/355, 733, 767, 768, 817, 830, 831, 1166; 4/622, 801, 867, 905, 916, 925, 1145, 1146, 1153, 1191, 1267; 5/8, 95, 96, 200, 255, 556, 641, 779, 1008
- гликоляты 1/170; 4/199
- глицераты 1/170, 1145
- комплексы Джексона – Майзенхаймера 2/132
- спирты многоатомных 1/170
- одноатомных 1/166–169
- полифторированных 4/804
- циклические 3/916
- Алкозоли 2/331
- Алкокс 4/84
- Алкокснэтидиноны 2/420
- Алкокснэтометныны 2/288
- Алкокснэлиакирилаты 1/115
- Алкокснэлиаитроксилы 3/544; 4/795
- $\alpha$ -Алкокснэмины 2/418
- Алкокснэрены 1/508, 533, 709; 3/544, 654, 674
- Алкокснэцетилены 1/597, 992, 1040
- Алкокснэбензон 1/508
- Алкокснэбензолсульфокислоты 5/139
- Алкокснэбензохиноны 1/533
- Алкокснэгирматы 1/1039
- Алкокснэгрппа(ы) 1/170; 2/6, 326; 3/573, 796; 5/265, 659
- Алкокснэидалкилово 3/761
- Алкокснэидгидрофураны 4/530
- Алкокснэиды 1/647; 4/595, 839, 840
- $\alpha$ -Алкокснэиамныны 1/420
- 5-Алкокснэидол 4/654
- 5-Алкокснэидолацетонитрил 4/654
- Алкокснэиамныны соли 2/697; 3/720
- Алкокснэкарбонилрование 2/638, 640; 5/438, 439, 536
- Алкокснэкарбонилпирролы 2/814
- Алкокснэкарбонильные группы 2/326
- Алкокснэкарбонильные кислоты 2/638
- Алкокснэкетоны 1/811; 3/285
- Алкокснэкислоты 1/432; 2/1143
- Алкокснэильные группы, см. *Алкокснэгрппа(ы)*
- Алкокснэильные радикалы 4/313
- трис-[3-Алкокснэметилен-(+)-камфорато]лантанонды 4/605
- Алкокснэфторхиноны 3/705, 706
- Алкокснэпероксиды 3/659, 804, 977, 978
- Алкокснэпиримидины 5/450
- $\beta$ -Алкокснэпропонат 5/977
- Алкокснэсиланы и арокснэсиланы 1/170, 171, 172; 2/804, 1013, 1019–1023, 1027; 3/800, 807; 4/671, 1111, 1162; 5/256, 279. См. также *Кремнийорганические соединения*
- Алкокснэсилатраны 4/672
- Алкокснэсилосиланы 1/151–153
- Алкокснэсульфония соли 4/925
- Алкокснэтиоалкилкарбаты 1/115
- Алкокснэфенолы 4/340
- Алкокснэфосфониды 1/165
- Алкокснэфосфораны 5/293
- Алкокснэфумаровая кислота 1/432
- Алкофены 2/91
- Алланта 4/434
- Аллантаот, метаболизм 3/613, 619, 620
- Аллантаон 1/1068; 2/412; 3/279, 619, 620
- Аллантаонная кислота 3/613
- Аллен, форма гена 1/1009
- Аллен(ы) 1/173, 174, 176, 178, 318, 601; 2/36, 37, 96, 544, 626, 984, 1103, 1110, 1234; 3/9, 102, 108, 786, 876, 1041, 1065; 4/916, 923, 5/97, 607, 740
- Аллена реакция 1/172, 173
- Алленсиланы 5/20
- Аллергены 1/324
- Аллидохлор 1/1029
- Аллины 4/925
- Аллил 3/569. См. также *Аллильная группа*
- хлористый, см. *Аллилхлорид*

- 2-Аллиламино-2-оксазолин 3/681  
Аллиламины 1/175, 176, 311; 4/196, 234  
Аллилацетат 1/644; 4/308  
Аллил-ацетиленовая конденсация 1/178  
Аллилацетилены 1/177  
Аллилбензол 1/176  
Аллилбораны 1/176, 177, 178, 594, 596  
Аллилбромид 1/176, 179, 181  
Аллилбутилфталат 3/905  
Аллилгалогениды 1/176, 179, 181–184, 186, 187, 823, 990, 1146; 3/251, 477, 733, 874, 876, 1078; 4/565, 925, 1121. См. также *Аллилхлорид*  
Аллилгидразины 1/1074  
Аллилгорчичное масло 1/179  
Аллил(диалкил)бораны 1/176  
Аллил(диалкокси)бораны 1/176  
N-Аллилдитиокарбаминавая кислота 1/179  
Аллилеи 3/108  
N-Аллиленамины 2/787  
Аллилизотиоцианат 1/179, 415; 4/495  
S-Аллилизотиуронийбромид 1/179  
Аллилизотианурат 4/1249  
Аллилиодид 1/187, 1146  
Аллилкарбонилметаллы 1/183–185  
Аллиллитий 1/187  
Аллилмагнийгалогениды 3/477; 5/634  
Аллилмеркаптан 1/179, 180  
Аллилмеркаптометилпенициллин 1/179, 180  
3-Аллил-7-метилен-3-борабицикло-[3.3.1]нонан 1/178  
1-Аллил-4-метоксибензол 5/1005  
4-Аллил-2-метоксифеол 5/800  
Аллилиатрий 1/631  
*бис-(η-Аллил)никель* 1/183, 185; 3/478  
1-Аллил-4-л-нитрофенилтиосемикарбазид 4/1147  
Аллиловые эфиры 1/180; 4/91; 5/85, 86, 238  
виниловые 1/185, 199  
глицидилловый 1/179, 1148; 2/707, 708; 4/31, 94, 202, 203  
капроиловый 2/616  
тиофосфорные 3/1090  
фениловый 1/176  
феококсусные 3/1089, 1090  
Аллиловый спирт 1/180, 119, 176, 177, 179, 184, 187, 711, 1146, 1148; 2/91, 1109; 3/59, 103, 732, 839; 4/195, 196, 199, 202, 205, 801, 802, 1097; 5/800  
Аллилоксигруппа 2/786  
Аллилпалладийгалогениды 1/183, 184; 4/1121  
2-Аллилпиридины 4/641, 642  
Аллилсахара 1/180  
Аллилсиланы 1/186  
Аллилстиранины 1/186  
N-Аллилсукцинимид 5/1059  
Аллилсульфиды 4/912  
Аллилсульфинаты 4/934  
Аллилсульфонат 3/1197, 1199  
3-Аллилтиетан 4/1123  
N-Аллилтиомочевина 1/179  
O-Аллилтиокарбаматы 4/1131  
N-Аллилтиосемикарбазид 1/179  
(η-Аллил)(трикарбонил)железо 1/183  
Аллилтрифеилолово 1/186  
Аллилтрихлорсилан 2/1032  
Аллилфениловые эфиры 5/1008  
Аллилфенолы 5/1008  
Аллилфосфиты 2/787  
Аллилхлорид 1/180, 175, 179, 181, 187, 949, 1146; 3/103, 739; 4/197; 5/708, 800, 959  
Аллицианид 1/181, 179; 3/512  
Аллицианурат 4/1249  
Аллилциклопентадиенилметаллы 1/184  
S-Аллил-L-цистеинсульфоксид 4/925
- Аллильная группа 1/185; 2/325, 786, 787, 872, 965. См. также *Аллил*  
Аллильная перегруппировка 1/181, 177, 825; 3/1090; 4/169, 170, 867  
и замещение, см. *Аллильное замещение*  
Клайзена 2/786, 787  
Коупа 2/965, 966  
перманентная 1/178, 182, 185  
прототронная 5/97  
Аллильное замещение 1/182, 149, 183, 185; 3/739  
бромирование, см. *Воля – Циглера реакция*  
и изомеризация, см. *Аллильная перегруппировка*  
Аллильное положение 1/181, 182  
Аллильные соединения 1/185, 186, 187; 2/786, 787  
бораны, см. *Аллилбораны*  
галогениды, см. *Аллилгалогениды*, *Аллилхлорид*  
замещение, см. *Аллильное замещение*  
комплексы переходных металлов 1/183, 184, 186, 823, 987, 1053, 1055; 2/274–276, 646, 674, 1147, 1288, 1289; 3/82, 83, 251, 252, 476–478, 826, 874–876, 1131; 4/300, 301, 447, 467, 468, 551, 552, 565, 641, 642, 986; 5/634, 636, 763  
перегруппировка, см. *Аллильная перегруппировка*  
2-пропениламины, см. *Аллиламины*  
2-пропен-1-тиол, см. *Аллилмеркаптан*  
спирт, см. *Аллиловый спирт*  
3-фенилпропиен, см. *Аллиларены*  
цианосодержащие, см. *Аллилтиоизоцианат*, *Аллицианид*  
эфиры, см. *Аллиловые эфиры*  
Аллобергаптан 1/534, 535  
D-Аллоза 2/1211; 3/263, 615, 616  
D-Аллозойлейцин 1/134, 135  
Аллокоричная кислота 2/935  
Аллоксазин 1/525  
Аллокаси 1/196, 525; 2/1084; 3/279  
Аллоксантии 3/279  
Аллоксидим-натрий 1/1026, 1027  
Алломеламины 3/36  
Аллооцимен 1/187; 3/869, 1027; 4/1089, 1092; 5/938  
Аллопалладий 3/871  
Аллопуринол 1/188  
Аллостерические регуляторы ферментов 1/43, 1152; 3/625, 1083; 4/430; 5/155  
Аллотропия 1/1189; 2/765, 1153; 3/656; 4/23; 5/936  
Аллофан 3/164  
Аллофаниаты 1/566; 5/704  
Аллохол 2/277  
D-Аллулоза 3/615, 616  
Алмаз(ы) 1/188, 34, 574, 703, 1021, 1190, 1192, 1215, 1220; 2/47, 48, 208, 222, 223, 767, 832, 833, 1055, 1056, 1064, 1072; 3/147, 164, 257, 418, 419, 635, 636, 774, 1194; 4/23, 24, 33, 102, 104, 105, 107, 108, 561, 782, 892; 5/42, 43, 52, 53, 103, 208, 281, 387, 413, 510, 936  
Алии, см. *Альни сплавы*  
Алпрудру 4/28  
Алсиферы 2/1241  
Алтант 4/603, 1018, 1024  
Алунд 5/387  
Алуит 1/207, 213, 217; 2/560, 570, 731; 4/657, 904, 934  
Алупент 3/817  
Алфенолы 2/1241  
Алферы 2/1241, 1243  
Алфиновые катализаторы 1/631, 632  
Алхимия 1/189, 190, 191; 3/412, 785; 5/507
- Альцианы 5/700  
Альые соединения  
кислота 1/256  
красители 2/78, 149, 150; 3/376, 953; 4/74  
Альба, сплав 1/459  
Альбамицин 3/566, 567  
Альбандин 2/1286  
«Альбани», сплав 1/1063  
Альбедо 3/402  
Альбеидазол 4/225  
Альбит 1/221; 3/165. 1192; 4/678  
Альбуми(ы) 1/191, 192, 484, 1126, 1218; 2/227, 799, 802, 819; 3/159, 199, 1167, 1229; 4/194, 381, 935; 5/321, 333, 971  
Альвар 3/1222  
Альгиат-лиаза 2/1169  
Альгинаты 1/192, 193; 4/36, 38, 39; 5/39, 93  
Альгинат 4/579  
Альгиновые кислоты 1/192, 193; 2/1145, 1169; 4/35, 36; 5/38, 93  
Альгиниды 1/193, 1025; 3/994; 5/418  
Альгофлой 5/403  
Альдегидамины 1/846; 5/799  
Альдегидамины 1/193, 194  
Альдегидгидроксилазы 1/194, 317; 3/697; 4/654, 1111  
Альдегид-лиаза 2/1169  
Альдегидная группа 1/196  
Альдегидогенные липиды 3/1095, 1096  
Альдегидо- и кетокислоты 1/194, 195, 196, 253, 390, 422, 510, 519, 980, 1138, 1150, 1152; 2/108, 305, 643, 968, 969, 1109, 1169; 3/470, 700, 936–938; 4/68, 69, 513, 538, 623, 873, 1119, 1157, 1250; 5/84, 784. См. также *Оксокарбоновые кислоты*, *Оксокислоты*, отдельные представители  
Альдегидосиды 4/524; 5/149  
Альдегидосифты 2/972  
Альдегидоэфиры 2/785  
Альдегидтиаминпирофосфат 3/617  
Альдегиды 1/196, 197–199; 5/784. См. также *Акролеин*, *Ацетальдегид*, *Бензальдегид*, *Формальдегид*, другие *Карбонильные соединения*  
аддукты 4/947  
алифатические 1/1163; 2/9, 237, 344, 345, 697, 938, 972, 1270, 1279, 1297; 3/708, 787, 887, 965, 966, 1058, 1059; 4/207, 208, 536, 759, 923, 1191; 5/8, 114, 149, 219, 279, 783, 784, 792, 793  
алициклические 2/972, 1270; 3/887, 891; 4/536; 5/793  
ароматические 1/509, 680, 943, 983; 2/9, 108, 177, 344, 345, 603, 604, 787, 936, 1032, 1033, 1183, 1270, 1279; 3/682, 683, 708, 887, 891, 965, 966; 4/536, 759, 760, 1148, 1191, 1255; 5/8, 57, 114, 197, 202, 213, 433, 586, 790, 792, 793  
бифункциональные, см. *Диальдегиды*  
гетероциклические 2/226, 1032, 1033, 1270; 3/131, 813; 4/537, 759, 1191  
ениновые 5/1000  
жирно-ароматические 2/237, 787  
«земляники» 1/1077  
и програнкиение жиров 2/305  
как дезинфицирующие средства 2/18  
как красители 2/972  
конденсация, см. *Альдолная конденсация*, *Бензойная конденсация*, *Кротонная конденсация*  
α-меркурирование 5/267  
метаболизм 3/617–620  
мечеемы 3/254
- α,β-ненасыщенные 1/197, 602, 656, 1074; 2/93, 750, 787, 936, 1032, 1033, 1156; 3/180, 181, 476, 735, 874; 4/562, 623; 5/266, 279, 792, 1000  
номенклатура 1/196; 2/742; 3/573, 574  
определение 1/112, 199, 896; 2/293, 1271; 3/7, 433; 4/622, 623, 1197; 5/114, 122, 196, 413, 782, 784, 819  
получение 1/18, 183, 951, 983, 990, 1032, 1033, 1069, 1089, 1099, 1112, 1113, 1161, 1179, 1203; 2/120, 629, 639, 645, 677, 858, 970, 1089, 1108, 1270, 1271; 3/78, 346, 438, 439, 502, 515, 552, 659, 660, 667, 680, 732, 738, 792, 833, 875, 918, 1018, 1058; 4/194, 277, 341, 342, 538, 539, 759, 760, 803, 865, 866; 5/45, 46, 199, 224, 794, 943, 1011  
производные, см. *Альдегидамины*, *Альдегидо- и кетокислоты*, *Альдимины* и *кетимины*, *Альдоксимы*, *Ацетали* и *кетали*, *Гидроксиальдегиды* и *гидроксикетоны*  
пространственно-затрудненные 4/1191  
«С 14» 5/67  
свойства 1/2, 3, 31, 76, 193, 94, 252, 253, 255, 265, 266, 268, 272, 316, 422, 423, 430, 440, 450, 487, 511, 518, 566, 602, 641, 655, 656, 658, 708–710, 752, 753, 846, 863, 864, 941–943, 947, 953, 964, 980, 1075, 1082, 1092, 1094, 1095, 1134, 1148, 1203, 1221, 1222; 2/8, 83, 106, 173, 178, 180, 237, 244, 398, 409, 410, 421, 456, 542, 581, 603, 604, 646, 647, 701, 742, 745, 746, 751, 809, 810, 858, 900, 1004, 1080, 1106, 1155, 1203, 1215, 1252; 3/10, 11, 268, 276, 285, 319, 516, 555, 665, 678, 680, 700, 708, 732, 739, 767, 785, 816, 817, 825, 887, 916, 952, 977, 979, 1018, 1021, 1023–1025, 1035, 1036, 1049; 4/148, 201, 313, 396, 448, 500, 501, 512, 513, 525, 802, 872, 873, 898, 916, 918, 938, 1127, 1135, 1137, 1138, 1146, 1148, 1155, 1157, 1203; 5/1, 20, 36, 60, 96, 129, 133, 134, 144, 197, 220, 260, 261, 263, 265, 278, 280, 293, 305, 311, 369, 405, 606, 607, 692, 738, 778, 825, 975, 986, 995, 999, 1000, 1011  
толуиловые 4/1200, 1201  
Финшера 3/131  
«16» 1/1077  
Альдера правило 1/199, 200  
Альдикарб 1/106; 2/473; 3/115, 405  
Альдимины и кетимины 1/200, 76, 193, 199, 201, 420, 421, 423, 647; 2/420, 421, 857; 3/298, 513, 514; 4/536, 865, 866, 897, 1249; 5/159, 449, 962  
Альдиты 5/37  
Альдобиуроновые кислоты 5/93  
Альдогексозы 1/1154; 3/265, 266  
Альдоза-1-эпимераза 2/364  
Альдозо-1-фосфаты 3/615, 616  
Альдозы 1/221, 222, 652; 2/364, 732, 752, 1211; 3/263–265, 267, 268, 614–616, 621, 656; 4/1228; 5/37, 92, 93, 114, 375, 957  
Альдокетены 2/740  
Альдоксимы 1/469, 534, 1094; 2/419; 3/515, 701–703  
Альдолазы 1/202, 130; 2/1169; 4/1247  
Альдоли 1/202–204; 2/1080. См. также *Гидроксиальдегиды* и *гидроксикетоны*  
Альдолная конденсация 1/202, 197, 203, 204, 390, 424, 652; 2/105, 421, 436, 603, 621, 642, 745, 785, 857, 889,

- 1080, 1155, 1169, 1211, 1296; 3/688, 689, 728, 767; 4/68, 512, 804, 1155, 1169, 1191, 1211, 1248, 1255; 5/60, 430, 783, 784, 792, 980
- Альдолио-кратоновая конденсация 1/204, 1204; 2/889, 1109
- Альдомет 3/112
- Альдонитриллы 3/268
- Альдонитроны 3/547–550
- Альдоновые кислоты 2/752; 3/267, 615, 616, 621
- Альдонолактоназа 1/746
- Альдонолактоны 2/752; 3/267
- Альдопептидозы 3/265
- Альдостерон 1/484, 1173; 2/181, 958–960, 1200; 4/468
- Альдотетрозы 3/265
- Альдотриоза 1/1146, 1147; 3/263
- Альдрин 1/998; 2/470; 3/579; 5/733, 734
- Альдулозоновые кислоты 2/1197
- Алькопар 4/225, 226
- Альни (ални), сплав 2/261, 262, 1242
- Альнико, сплав 2/261, 262
- Альтакс 1/306; 3/62, 1115
- Альтернативные сополимеры 1/204, 630, 1200; 2/921
- Альтернативные углеводороды 1/204; 4/419; 5/644, 648. См. также *1,3-Бутиадиен*, *Нафталин*
- Альтернативные топлива 1/204, 205; 2/682, 1165; 3/120, 278, 451, 465; 4/194, 701, 804, 1120, 1210; 5/517
- Альтернативный запрет квантовых переходов 2/854, 865
- Альтерирование длин связей 1/378
- D-Альтрит 3/615, 616
- D-Альтротат 3/615, 616
- Альфа-распад, см. *Ионизирующие излучения*, *Радиоактивность*
- Алюмель 3/484; 4/809, 1081
- Алюминаты 1/205, 206, 207, 458, 773, 935, 936; 2/1206, 1225, 1226; 3/433
- кальция 2/582; 1/206
- натрия 3/350, 351; 1/206, 208
- Алюминиды 1/208; 4/575
- Алюминиевые квасцы 1/537; 2/233, 235, 370, 729–731; 4/556
- Алюминий 1/207, 768, 769; 2/224, 578, 789; 3/5, 170, 849; 5/936, 937
- амальгамы 1/223; 3/553, 1026; 5/219
- антимонид 1/332; 2/1124
- арсенид 1/384, 385; 2/1124
- бораты 2/222
- бориды 1/208; 2/481
- борогидриды 1/591, 1080
- бромид 1/207, 504, 949, 1084; 2/109, 887; 3/224, 351, 478; 4/671; 5/367, 776
- ванадаты 1/672
- германий 1/1037
- гидриды, см. *Алюмогидриды*
- гидроксил(ы) 1/211, 209, 213, 289, 335, 675, 770, 935, 1001, 1092, 1093; 2/625, 675, 784, 800, 868, 971, 1079; 3/351, 584, 907; 4/188, 265, 673, 711, 745, 838, 904, 952, 1126; 5/150, 615, 680
- гидроксокомплексы 1/1097, 1099
- гранаты 1/1035, 1184, 1185; 2/222
- интерметаллиды 1/208, 813; 2/481, 483, 485, 486, 715, 1201, 1331
- иодиды 1/207, 949; 2/1023
- карбид 2/624, 625; 3/101
- карбонат 4/673
- метеоритный 2/963
- нитрат 1/212
- нитрид 1/212, 207; 2/734, 879; 3/417, 499, 500, 508–510; 4/33, 112; 5/52
- оксидированный, крашение 2/999, 1000; 5/913
- оксиды 1/212, 207, 208, 211, 213, 214, 897, 1035, 1054, 1056, 1057, 1077, 1087, 1089, 1107, 1110, 1141; 2/11, 173, 204, 209, 239, 297, 485, 570, 582, 615, 664–667, 670, 672, 675–678, 734, 736, 737, 800, 801, 833, 868, 879, 949, 1000, 1001, 1072, 1117, 1207; 3/3, 11, 24, 26, 88, 89, 99, 103, 123, 288, 324, 325, 334, 346, 372, 390, 394, 417, 433, 439, 459, 483, 498, 500, 516, 649, 650, 698, 699, 724, 727, 739, 768, 774–776, 817, 823, 913, 984, 990, 996, 1011, 1012, 1026, 1045, 1056, 1079; 4/33, 131, 141, 193, 257, 265, 333, 393, 627, 680, 706–708, 724, 731, 802, 814, 835, 837, 838, 846, 1057, 1096, 1097, 1106, 1122, 1126, 1136, 1137, 1138, 1139, 1157, 1174, 1223; 5/126, 127, 132, 142, 199, 298, 371, 552, 733, 739, 865, 896, 915, 958, 983. См. также *Алюминаты*, *Алюмогели*, *Глинозем*, *Корунд*
- восстановление, см. *Алюминотермия*
- определение 1/121, 139, 209, 380, 381, 990; 2/451, 705, 710, 714, 731, 1318; 3/272, 1044, 1081, 1104; 4/395, 397, 512, 615, 935, 936; 5/431, 619
- перхлорат 3/360, 990
- получение 1/208, 209, 977; 2/87, 840; 3/89, 90, 93, 356, 368, 413, 1069, 1070, 1193; 4/593, 681, 712, 820, 1100, 1104, 1165, 1175, 1258; 5/497, 503, 561, 749, 833, 854, 855, 895, 923, 926
- применение 1/209, 212, 216, 339, 563, 617, 618, 832, 936, 1192; 2/177, 320, 321, 327, 736, 800, 801, 878–880, 901, 949, 1015, 1130, 1192, 1226, 1227, 1320; 3/71, 73, 74, 87, 94, 301, 303, 304, 334, 777, 834, 907, 911, 991, 1011, 1125, 1126, 1221; 4/103, 106, 135, 139, 142, 343, 468, 594, 601, 673, 835, 846–848, 875, 1013, 1111; 5/15, 134, 470, 734, 796, 908, 912, 920. См. также *Алигирование*
- свойства 1/459, 833, 869, 944, 999, 1015; 2/113, 142, 210, 240, 275, 282, 320, 384, 445, 477, 574, 675–677, 812, 962, 1154, 1201, 1331; 3/74, 88–90, 97, 98, 111, 126, 161, 255, 257, 527, 822, 955, 957, 958, 1075, 1087, 1088, 1093, 1179, 1180; 4/152, 300, 349, 550, 481, 512, 550, 566, 573, 574, 584, 614, 615, 671, 710, 730, 731, 746, 801, 813, 916, 983, 1006, 1020, 1022, 1039, 1057, 1097, 1098, 1102, 1109, 1258, 1267; 5/12, 14, 141, 142, 651, 704, 724, 749, 1020
- селенид 2/618, 784
- силикаты, см. *Алюмосиликаты*
- силицид 4/685
- соединения 1/207, 208
- взрывчатые, см. *Алюмотол*
- катализаторы 1/903, 1089–1091, 1107, 1113; 2/684, 685. См. также *Катализаторы*, *Каталистические реакции*, *Циглера – Натты катализаторы*
- органические 1/209, 166–169, 199, 210, 211, 262, 336, 436, 865, 866, 964, 1080, 1194, 1204; 2/87, 93, 481, 483, 602, 603, 632, 642, 669, 731, 745, 799, 872, 921, 937, 1022, 1081, 1104, 1109, 1110; 3/10, 11, 80–82, 285, 314, 326, 377, 419, 475, 476, 478, 649, 713, 728, 736, 767, 825, 874, 975, 1016; 4/172, 173, 539, 573, 801, 839, 945, 1185, 1191, 1257, 1258; 5/14, 15, 222, 265, 556, 711–713, 730, 774, 934, 992
- полиэфирные 4/96
- сплавы 1/214, 208, 209, 215–218, 343, 459, 989, 1039, 1063; 2/249, 250, 257, 261, 265, 320, 321, 332, 548, 561, 580, 715, 801, 827, 828, 878, 880, 946, 948–950, 957, 1000, 1008, 1146, 1153, 1154, 1202, 1241–1243, 1249, 1288, 1331–1333; 3/15, 71, 75, 86, 92, 100, 145, 249, 273, 274, 410, 482–484, 518, 695, 696, 753, 802, 822, 1075; 4/114, 115, 142, 668, 712, 715, 806, 808, 809, 876, 1057, 1174, 1175, 1180, 1181; 5/80, 81, 371, 400, 451, 696, 752, 753, 947
- сульфат 1/217, 79, 218, 770, 773, 974; 2/227, 235, 330, 606, 729–731; 3/518, 575, 859, 1060, 1227; 4/494, 657, 904; 5/802
- кристаллогидраты, см. *Алюминиевые квасцы*
- сульфид 1/207, 1098; 4/910, 911
- теллурид 4/1019, 1023
- титанаты 2/222; 3/1012; 4/1184
- феррит 5/163
- фосфаты 1/217, 218, 1110; 2/13, 801; 3/366, 698; 4/199, 836, 941, 1013; 5/248–251, 281. См. также *Алюмофосфаты*
- фосфид 1/207; 2/342, 1124; 4/107; 5/257, 416
- фторид(ы) 1/218, 207, 208, 219, 285, 589, 949, 1006; 3/90, 392; 4/388, 835, 876; 5/393, 396, 503, 854, 954
- халькогениды 2/618, 784; 4/547, 1019, 1023
- хлорид(ы) 1/219, 35, 207, 220, 487, 582, 592, 597, 645, 654, 697, 715, 824, 945–950, 953, 965, 982, 983, 997, 1078, 1084, 1099, 1160, 1193; 2/87, 26, 71, 122, 202, 204, 210, 282, 300, 380, 525, 606, 665, 673, 677, 697, 764, 770, 779, 889, 1298; 3/12, 88–90, 107, 111, 112, 124, 282, 285, 309, 346, 372, 407, 408, 516, 528, 545, 558, 691, 722, 751, 760, 761, 800, 801, 826, 859, 936, 984, 1017, 1057, 1073, 1227, 1244; 4/61, 197, 468, 566, 671, 745, 746, 804, 869, 892, 934, 938, 1020, 1027, 1095, 1100, 1122, 1130, 1134, 1142, 1191, 1203, 1258; 5/6, 8, 13, 16, 57, 116, 127, 130, 141, 142, 145, 212, 224, 277, 367–369, 372, 377, 378, 380, 382, 521, 722, 739, 982, 1047. См. также *Кислоты и основания*, *Льюиса кислоты*, *Фриделя – Крафтса реакция*
- цианиды 5/702
- Алюминой 1/209; 2/445, 451
- Алюминотермия 1/209; 2/579, 580, 1287; 3/88–90, 244, 492, 1069; 4/875, 981, 1173, 1174; 5/407, 632
- Алюмогели 1/62, 213, 214, 1001; 2/339
- Алюмогидриды 1/220, 207, 1079–1081; 2/282, 1138, 1205; 3/82; 4/342, 392
- Алюмокалиевые квасцы 5/182, 453, 655
- Алюмокомпозицы 2/878–880
- Алюмокремневые кислоты 4/680
- Алюмоксан 2/674
- Алюмоорганосилоксаны 3/807, 808
- Алюморубидиевые квасцы 5/655
- Алюмосиликагели 1/52; 3/967
- Алюмосиликаты 1/221, 213, 749, 1057, 1090, 1091, 1107, 1141; 2/96, 118, 349, 370, 504, 578, 606, 664, 665, 669, 670, 677–680, 733, 735, 770, 1233; 3/127, 164–166, 288, 324, 325, 328, 361, 775, 838, 868, 1065, 1078, 1126, 1191–1993; 4/555, 674–681, 723, 724, 836, 838, 1090; 5/122, 132, 298, 654, 680, 681. См. также *Цеоциты*
- Алюмотермия, см. *Алюминотермия*
- Алюмотол 1/221, 109; 4/731
- Алюмофосфаты 1/871; 2/800, 801
- Алюмоцементные квасцы 5/655
- Алюмошпинели 5/788
- Алюнит 3/74
- Амадори
- перегруппировка 1/221, 1129
- ретроперегруппировка 1/222
- соединения 1/221, 222
- Амазонит 1/1018; 4/555
- Амальгамы 1/222, 223, 810, 936; 2/334, 553, 560, 809, 810, 873; 3/164, 245, 348–350, 412, 582, 583, 636, 637, 1026; 4/127, 128, 548; 5/60, 553, 669, 840, 841, 854. См. также *Интерметаллиды*
- Амания 5/1050
- Аманитины 3/711, 934; 4/652; 5/1049, 1050
- Амауллины 5/1050
- Аманталин 1/35
- Амариллисовые алкалоиды 1/223, 224; 5/1052
- Аматоксинны 5/1049, 1050
- АМБ, см. *Бактериальные удобрения*
- Амбидентные соединения 1/224, 225, 420
- гидрофосфорильные 1/1113, 1114; 3/179, 180, 592, 593; 4/682, 683
- енолят-анионы 2/248
- как нуклеофилы 2/248
- силилирование 4/682
- Амбиплярная диффузия 2/531
- Амбифункциональные соединения, см. *Амбидентные соединения*
- Амбидентные соединения
- Амблентин 5/281, 386
- Амбра 1/225, 226; 2/237, 974, 1148, 1280, 1285; 3/291, 292
- Амбреин 1/225, 226
- Амбреттголд 3/291, 292
- Амбриаль 4/715
- Амброксид 1/226; 4/725
- Амедин 4/237
- Амелизол 5/23
- Амений-катионы 1/226
- Америпол 1/631, 635; 2/375
- Америций 1/226; 2/1111
- арсенат 1/227
- ваиадат 1/227
- галогениды 1/227; 2/1038
- гидриды 1/226
- гидроксид 1/227
- ниобат 1/227
- оксиды 1/226, 227, 541; 2/1112
- определение 4/396
- перекладат 1/227
- получение 1/228; 2/564
- применение 1/228
- свойства 1/131, 132, 226–228, 978; 2/1152; 3/403, 425, 488, 957, 959; 4/751
- сульфид 1/227
- фосфат 1/227
- Америцилаты 1/227
- Америцилацетат 1/227
- Америцил-ионы 1/227
- Аметист 1/1018; 2/222, 223, 1027
- Аметоптерин 5/216
- Аметрин 2/38
- Амбией 1/1028, 1029
- Амидалин 1/487; 4/696; 5/1053, 1054
- Амидгидролиз 2/695
- Амидиловые радикалы 4/313
- Амидин-лизы 2/1169
- Амидиновая перегруппировка 2/123
- Амидиоэпициллиды 2/1135
- 5-(4-Амидино-1-тетразено)тетразол 4/1098, 1099
- 4-Амидинофенилпировиноградная кислота 1/330, 331



- Амидины 1/228, 107, 421; 2/69, 123, 374, 402, 420, 742; 3/513, 683, 830, 1028, 1029, 1050, 1167; 4/1248, 1249; 5/420
- Амидирование 2/395; 3/199; 4/899; 5/305
- «Амидная модификация» реакции Лоссеа 2/1213, 1214
- Амидоамины 2/82
- Амидоацетали 1/420–422; 2/244; 3/721
- Амидогруппа 1/106, 230, 231, 278, 289. См. также *Амиды*
- Амидодихлорфосфаты 5/261
- Амидоимидотрифосфаты 5/253
- Амидокарбоксилаты 3/1164
- Амидокислоты 2/415
- Амидоксимы 1/228; 3/513, 553, 674; 5/785
- Амидол 1/268, 833; 4/253
- Амидолиз 3/1256
- Амидомеркаптаны 1/420–422
- Амидопирин 1/85, 297, 440; 3/1035; 4/219; 5/123
- Амидореакция, см. *Амины*
- Амидосерная кислота 4/900
- Амидосульфаты 3/1164
- Амидосульфокислоты 3/280
- Амидосульфаты 3/1164
- N-Амидосульфонилгидроксиламины 1/1094
- Амидосульфоновая кислота 4/657
- Амидофосфатный синтез нуклеино- вых кислот 3/591, 592
- Амидофосфаты 2/472; 3/591, 592; 5/790
- Амидоэфир 5/279, 296, 297
- Амидразоны 1/228; 3/513; 4/1250; 5/219
- Амидсинтетазы 2/1169
- Амиды**  
кислот(ы) акриловой, см. *Акриламид*  
– карбоновых 1/229, 114, 183, 228, 229, 231, 233, 270, 275, 424, 425, 429, 430, 469, 682, 708, 709, 784, 840, 865, 1028, 1029, 1073, 1075, 1077, 1091, 1092, 1179, 1184, 1203, 1218; 2/17, 115, 119, 121, 378, 402, 403, 416, 417, 419–421, 436, 629, 645, 648, 697, 752, 764, 771, 773, 908, 909, 1091, 1100, 1137, 1139, 1141, 1143, 1252; 3/68, 102, 114, 282, 293, 357, 513–515, 534, 548, 576, 619, 620, 677, 680, 685, 686, 700, 702, 704, 764, 795, 1028, 1164; 4/71, 287, 288, 359, 372, 525, 526, 539, 866, 900, 917, 1126, 1135, 1136, 1167; 5/10, 57, 65, 88, 95, 96, 123, 223, 224, 239, 241, 266, 423, 585, 710, 784–786, 860, 1013  
– ацетали 1/420, 421, 422; 3/721  
– N-карбамоилзамещенные, см. *Уреиды*  
– серной, см. *Сульфаминовая кислота*  
– сульфанилловой 4/901, 902  
– сульфоновых 1/1069; 3/386; 4/938, 1202–1204; 5/129. См. также *Сульфамиды*  
– тиауольных 2/175–177; 4/1130  
– угольной, см. *Карбаминовая кислота*, *Мочевина*  
– фосфонистых 5/279  
– фосфористой 5/296, 297  
металлов 1/231, 72, 232; 3/763; 5/305, 732. См. также *Натрия амид*  
номенклатура 3/573, 576  
определение 1/681; 3/795  
расщепление по Гофману 3/1179, 1180  
циклические 5/709. См. также *Лактамы*
- Амизол 4/1254; 5/592
- Амикзол 4/229, 230
- Амикшан 1/247
- Амиксин 2/1078
- Амилазы 1/232, 554, 558, 1097, 1126–1128; 2/31, 798, 988; 3/614, 749; 4/430, 700; 5/158
- Амиламины 1/232, 233
- Амилан 3/1201, 1250, 1251
- Амиллацетаты 2/800; 3/567, 917; 4/495 «Амиленгидрат» 1/233
- Амилены 3/917, 918. См. также *Пентены*
- Амилнитрат 1/234; 3/517; 5/219
- Амилнитрит 1/328; 4/774
- Амиловые спирты 1/223, 234, 667; 3/912, 913, 917, 918, 950; 4/396, 804; 5/117, 382, 527. См. также *Изоамиловый спирт*, *Пентанолы*
- Амилоза 1/232; 2/987, 988; 3/1238
- Амилолектины 1/232; 2/987, 988
- Амило-1,4→1,6-трансглюкозилаза 1/1132
- n-Амилфенол 1/156, 164; 3/913
- Амилформат 3/289
- Амилхлориды 1/233
- Амиазин 1/234; 3/398, 399; 4/269; 5/146
- Амиали 2/82, 418, 419; 3/982
- Аминалон 1/254; 3/578
- Аминилоксидные радикалы 3/543–546
- Аминильные радикалы 4/302, 311, 313
- Аминирование 1/641, 1095; 2/361; 3/384, 523, 1033; 4/85, 642; 5/526, 976. См. также *Аминолиз*, *Амины*, *Аммонолиз*  
восстановительное 2/82, 83, 116, 121, 271, 272, 1138, 1155; 3/107, 289, 470, 622; 4/196; 5/979  
каталитическое 1/271, 272; 2/1155; 3/107  
окислительное 2/415, 417; 3/672; 5/778  
парофазное 5/978  
по Чичибабину 5/777, 778  
ферментативное 2/1169
- Аминоное число 3/741
- Аминоадамантаны 1/34, 35; 4/237
- 2-Аминоадилат 3/619, 620
- 2-Аминоадирилполуальдегид 3/619, 620
- α-Аминоадириновая кислота 1/250; 2/1176
- 2-Амино-3H-азепин 1/70
- 3-Амино-2H-азирин 1/77
- Аминоазосоединения 1/529; 2/70, 71, 74, 149, 302, 462
- Аминоакридин 1/112, 248
- Аминоакрилаты 2/123
- Аминоакролеин 1/238; 3/1051
- Аминоалкилакрилаты 1/234, 235; 3/744
- Аминоалкиламиды 5/395
- Аминоалкилгалогениды 1/236, 874; 5/395
- 1-Амино-4-алкиламиноантрахиноны 2/77
- 3-(Аминоалкил)индолы 4/327
- Аминоалкилирование 1/236; 2/418, 549. См. также *Манниха реакция*
- Аминоалкильные эфиры 5/204, 591
- Аминоалкоголи 1/264–266
- 1-Амино-5-алкоксиантрахионин 1/238
- 1-Амино-2-алкокси(арилокси)-4-гидроксиантрахионин 1/259
- Аминоальдегидные смолы 1/261, 262, 1209; 2/1014; 3/646
- Аминоальдегиды и аминокетоны 1/236, 76, 105, 114, 200, 237, 238, 534, 874; 2/751, 814, 815; 3/68, 1033; 4/528, 529, 621, 1227, 1228; 5/537
- 4-Аминоаипирин 5/142
- 4-Амино-5-аминометил-2-метилпиримидин 4/1120
- Аминоанизоли, см. *Анизидины*
- Аминоантрахинонкарбоновые кислоты 1/155, 351; 3/523
- Аминоантрахиноновые красители 1/573; 4/668
- Аминоантрахионисульфокислоты 1/238, 239, 240; 2/78
- Аминоантрахиноны 1/239, 240, 245, 350, 351, 354, 943, 944; 2/78, 440; 3/523–525, 1270; 4/72, 73, 1204
- 1-Амино-4-арил(алкил)аминоантрахион-2-сульфокислоты 1/238; 2/78
- Аминоариленаминовые красители 3/129
- Аминоарилрование 2/549
- Аминоврсинювые кислоты 1/248
- Аминоацетали 2/398, 419
- Аминоацетонитрилы 2/378; 4/274
- Аминоацетофеноны 1/238, 521
- Аминоацилазы 2/464; 3/926
- Аминоацилаты 2/419
- Аминоациламиноксозилцитозины 3/596
- Аминоациламинонуклеозиды 3/595
- бис-Аминоациламины 2/414
- Аминоацил-тРНК 4/521
- Аминоацил-тРНК-синтетазы 1/240, 241; 2/1152, 1169; 3/595; 4/1239, 1241, 1242\*
- Аминобарбитуровая кислота 3/279
- 4-Аминобензальдегид-2-сульфокислота 2/80
- Аминобензальдегиды 1/248; 5/561
- 2-Аминобензамиды 4/1251
- 4-Аминобензамиды 1/489
- 2-Аминобензгидразиды 4/1247
- 2-Аминобензиламины 4/1251
- Аминобензизотиазолы 1/492, 493
- 5-Аминобензимидазолон 3/1015
- 2-Аминобензимидазолы 1/87, 498
- o-Аминобензилитол 1/493
- 1-Амино-2-безоилантрахионин 1/351
- n-Аминобензоилглутаминовая кислота 5/214
- n-Аминобензоилхлорид 3/1217
- Аминобензойные кислоты 1/241, 250, 348, 349, 750, 751; 2/331, 632; 3/525, 526, 559, 1210; 4/71, 901; 5/214
- амиды 3/567, 568  
определение 1/348  
хлорагидриды 4/60  
эфиры 3/567, 568; 4/581
- 2-Аминобензоксазол 1/87, 511
- 3-Аминобензолсульфамид 3/528
- Аминобензолсульфокислоты 1/241, 242, 251; 3/35, 527, 528; 4/394; 5/139
- N-(n-Аминобензолсульфонил)-N'-бутил- мочевины 1/620
- n-Аминобензоморфолины 3/276
- Аминобензонитрилы 5/381
- Аминобензо-2,1,3-гиадазол 1/56
- 2-Аминобензофеноны 1/492
- 4-Аминобензил 1/273; 2/606
- (1R)-3-эндо-Аминоборнеол 3/879
- 1-Амино-2-бромантрахионин 1/244, 245
- 1-Амино-4-бромантрахион-2-карбо- ниевые кислоты 1/350, 351
- 1-Аминобромантрахионисульфокисло- ты 1/128, 238, 240, 259, 353; 3/525
- 1-Амино-2-бром-4-гидроксиантрахи- онин 1/259
- 8-Амино-5-бром-1,7-нафтиридин 4/1018
- 1-Амино-2-бром-4-л-толуидиноантра- хионин 1/244
- 2-Амино-1-бром-3-хлорантрахионин 1/244, 245
- (S)-2-Амино-1-бутанол 5/973
- 1-Амино-2-(n-трет-бутилфенокси)- 4-мезидиантрахионин 1/353
- Аминобутиновый синтез 4/500
- Аминобутираты 3/619, 620; 4/1262
- 5-Амино-2-бутоксипиридин 1/261
- 5-Аминовалерат 3/619, 620
- Аминовалериановые кислоты 1/250; 3/582
- Аминовинилкетоны 3/298, 299, 408
- Аминогалогеназосоединения 2/1253
- Аминогалогенантрахиноны 1/244, 239, 353
- 1-Амино-4-галогенбутаны 3/1080
- 4-Амино-5-галоген-2-метилпирими- дин 4/1120
- Аминоксановые кислоты 1/248, 352
- бис-(6-Аминоксил)амины 1/989
- N-(6-Аминоксил)карбаминовая кис- лота 1/989
- 1-Аминогидантонин 5/426
- Аминогидрокси-D-аланин 2/1136
- 2-Амино-3-гидрокси-1-(2-амино-3-кар- бокси-1-оксопропил)бензол 2/606
- 1-Амино-2-гидроксиантрахион-4- сульфокислота 1/259
- Аминогидроксиантрахиноны 1/238, 259, 260, 353; 2/150; 4/74
- Аминогидроксибензойные кислоты 1/263; 2/606
- 2-Амино-3-гидроксиацетофенон 5/970
- Аминогидроксибензолсульфокислоты 1/267; 3/527
- Аминогидроксибензолы 1/267
- 2-Амино-4-гидроксибутановая кис- лота 3/133
- 4-Амино-2-гидроксибутират 3/619, 620
- 2-Амино-3[(4-(4-гидроксинодфенокси)- 3,5-динодфенил)пропионовые кис- лоты 4/1171, 1258
- Аминогидроксимасляные кислоты 4/1247
- 2-Амино-2-гидроксиметил-1-бутанол 1/268
- 2-Амино-2-гидроксиметил-1,3-пропан- диол 3/701
- Аминогидроксиафталинсульфокисло- ты 1/91; 3/538; 5/636
- Аминогидроксиафталины 2/138
- 2-Амино-3-гидроксипропионовая кис- лота 4/642
- 2-Амино-3-(4-гидроксибензил)пропи- оновая кислота 4/1170
- 5-Амино-4-[(2-гидрокси-5-хлорфенил)- азо]-2-(2-гидроксибензил)-2H-бензо- триазол 4/396
- Аминогидроксиэтиленовая группа 1/566
- 4-(2-Амино-1-гидроксиэтил)пирока- тетин 3/578, 579
- Аминогликозидные антибиотики 1/245, 246, 247, 320; 3/1058
- Аминогликозиды 1/245–247, 320, 321; 3/1058
- α-Аминопутаровая кислота 1/1151
- Аминогруппа 1/251, 269; 2/325, 326, 643, 770; 3/569, 573, 936–938; 4/394, 1192, 1198; 5/424, 648, 786
- 1-Амино-4-гуанидиновалериановая кислота 1/362, 363
- Аминогуанидины 4/622, 1099, 1250
- 7-Аминодезактоксицефалоспоровая кислота 5/697
- 3'-Амино-3'-дезоксидеозин 3/595
- 5'-Амино-5'-дезоксифлуранозуро- вая кислота 3/596
- Аминодезоксинальды 1/222
- Аминодезоксиксозы 1/264
- Аминодезоксигексуровые кислоты 1/264
- 2-Амино-2-дезоксид-D-глюкоза 5/37
- 2-Амино-2-дезоксид-D-глюкопираноза 1/263
- 2'-Амино-2'-дезоксигуанозин 3/595
- 1-Амино-1-дезоксикетозы 1/221, 1129

- 3-Амино-3-дезоксид-D-рибоза 1/264  
 2-Амино-2-дезоксахара 1/263, 264  
 л-Аминодиглициланилины 2/455  
 Аминодиглициды 4/530  
 Аминодиарилметановые красители 1/366  
 Аминодибромаитрахиноны 1/238, 244, 245, 259, 353  
 1-Амино-2,4-дигалогенантрахиноны 1/239  
 1-Амино-2,4-дигидроксиантрахинон 1/260  
 4-Амино-2,6-дигидрокси-1,3,5-триазин 5/708  
 4-Амино-3,5-динодбензойная кислота 1/241  
 2-Амино-4,6-диметил-3-оксофеоиксазин-1,9-дикарбоновая кислота 1/134  
 2-Амино-4,6-динитрофенол 3/519; 4/1267  
 Аминодифениламинины 1/247, 248, 490, 491; 2/618; 3/536  
 4-Аминодифениламин-2-сульфокислота 1/75; 3/543  
 о-Аминодифениловый эфир 2/90  
 о-Аминодифенилсульфиды 4/728; 5/145  
 Амино-е-аминовая таутомерия 4/992  
 Аминозол 2/1078  
 3-Аминоизобутират 3/622  
 α-Аминоизобутиронитрил 1/439  
 α-Аминоизовалериановая кислота 1/668  
 D-4-Амино-3-изоксазолидин 5/740  
 1-Аминоизохинолин 2/398  
 2-Амино-3-(4-имидазолил)пропионовая кислота 1/1123, 1124  
 5-Амино-4-имидазолкарбоксамидрибонуклеотид 3/619, 620  
 1-Амино-3-иминоизоиндолин 5/385  
 N-Аминоимидазолы 4/1251  
 2-Амино-3-(3-индолил)пропионовая кислота 5/1  
 Аминоимидазолы 2/636; 5/197  
 ε-Аминокпропнитрил 1/258  
 ε-Амиокапроновая кислота 1/248, 250, 252, 322, 341; 2/615, 616, 635; 3/582  
 3-Амино-4-карбамидопирозол 1/188  
 6-Амино-1-карбоксо-10-метил-3-сульфофеназин 4/923  
 Аминокарбоцильные соединения 1/198; 5/369, 370  
 Аминокарбоновые соединения 1/134, 322, 350, 351; 2/1294; 3/619, 620, 704  
 кислоты 1/248, 252, 254, 1005; 4/73; 5/308. См. также *Аминокислоты*  
 нитрилы, см. *Амионитрилы*  
 смолы 4/613  
 3-Амино-1,2-карбораны 2/651  
 Аминокетоны, см. *Аминоальдегиды и аминокетоны*  
 Аминокислоты 1/248; 3/871. См. также *Ациламинокислоты*, индивидуальные представители  
 внутренние соли, см. *Бетацины*  
 и мутагены 5/158  
 кодируемые 1/1124, 1149, 1150, 1152; 4/191, 192, 642, 1170, 1247; 5/768. См. также *Генетический код*  
 метаболизм 1/483, 484; 2/606; 3/619, 620, 622, 623, 810–812  
 незаменимые 1/254; 2/361; 3/619, 620, 622, 623. См. также индивидуальные представители  
 нескодируемые 3/711  
 номенклатура 3/569, 570  
 определение 1/472, 476, 670, 681; 2/292, 293, 743; 3/488, 519, 893; 4/397, 1268; 5/150, 151, 217, 800, 801, 916  
 оптически активные 1/249, 251, 254, 555; 2/905, 1169, 1172; 3/924; 4/391, 524, 535  
 получение 1/194, 201, 252, 253, 393, 1116, 1180, 1181; 2/330, 331, 423, 475, 476, 519, 539, 577, 581, 736, 813, 1171, 1172, 1274, 1275; 3/156, 270, 788, 810–812, 937, 1208; 4/536, 1157; 5/53, 380, 783, 790, 793, 794, 1060  
 последовательность в белках и полинуклеотидах 1/472, 473, 476, 483, 551, 552, 1009, 1098, 1111; 3/211, 212. См. также *Трансляция*  
 применение 1/254, 1029, 1171–1173; 2/232, 436, 1078  
 свойства 1/74, 198, 240, 241, 249–254, 265, 289, 391, 392, 522, 543, 544, 655, 660, 850, 874, 950, 994, 1097, 1123, 1149, 1151, 1156; 2/17, 22, 241, 330, 331, 347, 363, 364, 408, 423–425, 427, 486, 487, 643, 696, 856, 969, 1106, 1138, 1139, 1143, 1158, 1159, 1172, 1219; 3/132, 133, 226, 257, 382, 582, 614–616, 621, 623, 697, 700, 929–931, 936–938, 1261; 4/190, 191, 516, 517, 536, 634, 922, 1026, 1168, 1170; 5/36, 121, 127, 197, 239, 243, 244, 546, 794, 939, 987  
 β-Аминокротоновая кислота 1/980; 3/408  
 Амиоксантоновые красители 2/1082, 1083; 4/530  
 8-Аминоксаинтин 2/1084  
 Аминоксидибутилборан 2/144  
 Аминоксиды 1/597; 2/129  
 Аминоксильные радикалы 3/543–546  
 5-Аминолевулинат 3/619, 620; 4/1261  
 δ-Аминолевулиновая кислота 3/623; 5/575  
 Амиолиз 1/254, 230, 231, 271; 2/115, 415, 1021; 3/804, 931–933, 1256; 4/899, 1152; 5/255, 1010  
 Аминомалоновый эфир 1/253; 2/815, 1275  
 Аминомасляные кислоты 1/50, 249, 250, 254, 328, 546, 1151, 1152; 3/358, 472, 578, 1080; 4/241, 742, 743, 894, 895, 1193, 1225; 5/1038, 1042, 1049, 1055  
 1-Амино-4-мезидиноантрахинон-2-сульфокислота 1/353  
 Аминометилглицерин 3/25  
 2-Амино-4-меркаптобутановая кислота 3/133  
 (+)-2-Амино-3-меркапто-3-метилмасляная кислота 3/897  
 2-Амино-3-меркаптопропионовая кислота 5/768  
 1-Амино-2-метилантрахинон 1/155, 239, 240  
 4-Аминометилбензойная кислота 1/322  
 бис-(Аминометил)бизолы 2/1091, 1092  
 1-Амино-2-метил-4-бромантрахинон 1/239  
 2-Аминометилвалериановые кислоты 2/359, 1158, 1159  
 3-Амино-2-метил-7-(диметиламино)фенназин 5/116  
 4-Аминометилпенцефамовая кислота 5/697  
 Аминометилиндолы 1/503  
 Аминометилирование 2/82, 91, 346, 456, 1090, 1279, 1280; 3/124, 709, 710; 5/21. См. также *Аминоалкилирование*, *Манниха реакция*  
 2-Аминометилпентаановые кислоты 2/361, 1158, 1159  
 N-Амино-N-метилпиперазин 1/303  
 2-Амино-2-метил-1-пропанол 1/254, 255  
 4-Амино-10-метилтертоилглутаминовая кислота 5/216  
 2-Амино-5-метилсульфокислота 3/1015  
 2-Амино-4-метилтиобутановая кислота 3/132, 133  
 1-Аминометил-1-циклоалканола 2/33; 4/1190  
 4-Аминометилциклоксакарбионовая кислота 1/322  
 1-Амино-2-метоксидантрахинон 1/353  
 2-Амино-6-метоксидибензотриазол 1/87  
 1-Амино-2-метокси-4-гидроксиантрахинон 1/259, 260  
 4-Амино-4'-метоксидифениламинины 1/78  
 Аминометокситолуолы 2/1005; 3/109  
 Аминомочевина 4/621, 622  
 2-Аминомуконат, метаболизм 3/619, 620  
 2-Аминомуконат-6-полуальдегид 3/619, 620  
 Амионоафталиндиолы 3/707  
 3-Амино-2-нафталинкарбоновая кислота 3/704  
 Амионоафталисульфокислоты 1/91; 3/380–383, 387, 388, 538. См. также *Нафтламинсульфокислоты*  
 Амино-1,7-нафтиридин 4/1017  
 Амионоафтоновые кислоты 2/132; 3/547  
 Амионоафтосулфокислоты 1/255, 256–258; 3/381  
 Амионоафтолы 1/257, 258; 2/74; 3/390, 538, 694, 719  
 Амионоитреины 1/1069, 1073; 3/507, 508  
 Амионитрилы 1/258, 655, 871; 2/82, 330, 331; 3/112; 5/793, 794  
 Амионоитроаизолы 1/258, 259  
 Амионоитробензолсульфокислоты 3/522; 5/569  
 2-Амино-5-нитробензофенол 3/501  
 4-Амино-5-нитропириимидины 4/270  
 Амионоитроокрасители 3/542, 543  
 2-Амино-5-нитротолуол 4/1199  
 4-Амино-2-нитрофенол 5/118  
 Амионоитрофенолы 3/519, 563, 694  
 Амионоксазолины 3/681, 683  
 Амионоксидантрахиноны 1/259, 260  
 Амионоксидазы 5/151  
 2-Амино-3-оксоадипат 3/619, 620; 4/1261  
 5-Амино-2-оксвалерат 3/619, 620  
 6-Амино-2-оксогексаноат 3/619, 620  
 2-Амино-ω-оксидикарбоновые кислоты 3/619, 620  
 4-(3-Амино-4-оксо-2-тиоксо-5-тиазолидинилазо)фенол 4/531  
 7-Амионоксоцефамовая кислота 5/697  
 Амионоорганотоксисиланы 1/172; 2/1022  
 Амионопалладирование 1/391  
 ω-Амионопаргеновая кислота 1/250, 254  
 6-Амиопенициллановая кислота 1/555; 2/423, 463, 464, 1134  
 3-Аминопентаин 1/270  
 2-Аминопентаановая кислота 3/582  
 Амионопентафторбензол 3/914, 915  
 Амионопептид 2/1078  
 Амионопептидазы 1/260, 1097; 2/760; 4/194, 216  
 Амионоперегруппировка Клайзена 2/787  
 2-Амиооперимидин 3/953  
 2-Амиоопиразин 3/1033  
 Амиоопиридазины 3/1043, 1044  
 N-Амиоопиридиния соли 3/1045  
 Амиоопиридинкарбоновые кислоты 5/758  
 Амиоопиридины 1/260, 63, 231, 261, 443; 2/65, 343, 964; 3/385, 709, 710, 1045; 4/494  
 Амиоопириимидины 2/123  
 4-Амино-2-пиримидо 3/1051, 1052  
 Амиоопласты 1/261, 262, 263, 501–502; 2/1001, 1002; 3/35, 282, 1001–1002; 4/165, 922  
 Амиооплюмбаны 4/596  
 Амиоопликарибоновые кислоты 5/452, 453  
 2-Амино-ω-полуальдегиды 3/619, 620  
 Амиоопропанола 1/71; 3/619, 620; 5/745  
 (3-Амиопропил)триэтоксисилан 2/1019, 1020, 1024  
 2-(3-Амиопропил)фуран 3/1081  
 Амиопропиловый синтез 4/500, 501  
 Амиопропионовые кислоты 1/138, 139, 250, 951, 1113; 2/366  
 л-Амиопропиофенол 4/326  
 Амионопропиониды 2/181  
 Амионоптерины 1/751; 5/216  
 4-Амионотертоилглутаминовая кислота 5/216  
 Амионоурилы 3/295; 5/768  
 5-Амиоорезорин 4/1269  
 Амиосалициловые кислоты 1/263, 268, 864; 4/234, 241, 242, 509  
 Амиосахары 1/263, 245–247; 3/267, 268, 286; 4/1010  
 Амиосиланы 3/124, 800, 804; 4/445  
 Амиоспирты 1/264, 105, 193, 194, 251, 268, 269, 534, 716, 874, 1137; 2/82, 83, 123, 171, 215, 1150, 1172, 1271; 3/106, 619, 620, 680, 681, 683, 701, 707, 715, 732, 762, 1024, 1082; 4/85, 607, 621, 800, 1132, 1157, 1190; 5/17, 37, 253, 382, 383, 709, 975, 982. См. также *Алконоламинины*, *Изопроноламинамины*, *Тетаноламинины*  
 Амиостанианы 3/762  
 Амиостиролы 1/521; 4/613  
 Амиосульфаматы 4/900  
 Амиосульфиты 4/634, 921, 922  
 4-Амино-2-сульфодифениламинины 3/676  
 Амиосульфокислоты 1/75, 248, 252, 253; 3/1167  
 Амиосульфониаты 3/1167, 1168  
 4,4'-бис-(1-Амино-4-сульфо-2-нафталазо)бифенил 2/887  
 Амиосульфониевые соединения 4/930, 931  
 Амиосульфониовые кислоты 1/75, 248, 252, 253; 3/1167  
 5-Амино-1,2,3,4-тетрагидро-1,4-фтализионин 2/1224  
 5-Амиотетразол 5/701  
 o-Амиотиобезамиды 1/493  
 Амиотиолы 1/741, 874; 4/326, 327, 1131  
 Амиотиомочевина 4/1146, 1147  
 бис-(o-Амиотиофенолы) 3/1219; 4/71  
 2-Амиоуроноовая кислота 5/93  
 α-Амиотиофосфорильные соединения 2/549  
 Амиотолуолсульфокислоты 1/266, 267, 268; 4/1198  
 Амиотолуолы 1/494; 4/1198  
 Амиотрансферазы 2/1176; 3/936, 937; 4/430, 1242  
 4-Амино-1, 3, 5-триазин-2-он, рибофуранозид 4/1249  
 Амиотриазолы 2/69; 4/1254  
 Амиотриарилметановые красители 1/367  
 3-Амино-2,3,6-тридезокс-α-L-ликопираноза 1/357  
 3-Амино-2,4,6-тринодбензойная кислота 1/241  
 2-(3-Амино-2,4,6-тринодфенилметил)масляная кислота 4/478, 479  
 Амиотриметилсилан 2/1021  
 2-Амино-1,1,3-трицианопропен 2/1276

- Аминокислотная кислота 1/251, 253, 1132, 1149; 4/397  
ω-Аминоупдекановая кислота 1/250, 254  
Аминофенотолы 5/118, 119  
o-Аминофениларсоновая кислота 4/1221  
n-Аминофенилдиселенид 4/620  
n-Аминофенилкетоны 1/260  
γ-Амино-β-фенилмасляная кислота 4/1226  
n-Аминофенилсульфат 4/907  
бис-(2-Аминофенилэтиловый) эфир 5/720  
2-Амино-3-фенилпропионовая кислота 5/121  
3,3-бис-(4-Аминофенил)фталид 3/1247  
4-Аминофенилхинондиамин 2/462  
1-Амино-2-фенокси-4-гидроксипентраин 1/259, 353  
Аминофенолы 1/267, 228, 242, 259, 268, 297, 303, 304, 501, 511, 527, 1095; 2/432, 455, 460, 978, 998, 1082; 3/62, 471, 519, 527, 543, 563, 565, 694, 696, 697, 714, 1218; 4/71, 175, 253, 397, 448, 649, 814, 1105, 1197; 5/132, 135, 530–532, 903  
Амино-формальдегидные смолы 1/807; 3/1139, 1140; 4/661  
2-Амино-4-формилмасляная кислота 3/809  
Аминофосфаты 3/1167  
Аминофосфонаты 3/1167  
Аминофосфоновые соединения 3/1167  
кислоты 1/248, 252–254  
смолы 4/613  
α-Аминофосфорильные соединения 2/549, 550  
3-Аминофталевая кислота, гидразид 1/1073; 2/1224  
Аминофузин 2/1078  
N-Амино-2-хиназолины 4/1251  
8-Аминохинолиды 5/536  
2-Аминокхинизарины 5/521  
Аминокхинол 4/232, 238; 5/527  
Аминокхинолины 3/63; 4/238, 239  
2-Амино-3-хлорантрагидрохинон 2/1096  
Аминокхлорантрахиноны 1/244, 245, 259; 4/74  
6-Амино-4-хлорбензол-1,3-дисульфамид 2/204  
6-Амино-4-хлорбензол-1,3-дисульфохлорид 2/204  
Аминокхлорбензолы 5/558, 559  
3-Амино-4-хлорбензофенон-2'-карбоновая кислота 1/245  
1-Амино-2-хлор-4-бромантрахион 1/244  
2-Аминокхлорметилсульфокислоты 3/1015  
1-Амино-4-хлоринтрахион 3/524  
7-Аминоцефалоспорованная кислота 5/697  
4-Аминоксиклогексакарбоновая кислота 1/241  
бис-(n-Аминоксиклогексил)метан 3/1202  
ω-Аминоэнантовая кислота 1/250, 254  
Аминоксиды 4/54  
2-Аминоэтанол 3/619, 620; 5/590, 973  
2-Аминоэтансульфиновая кислота 4/917  
β-Аминоэтансульфокислота 1/251; 3/63  
2-Аминоэтантол 3/63, 64  
N-(2-Аминоэтил)азациклооктаи 3/725  
бис-(2-Аминоэтил)амин 2/212  
(R), (S)-α-Аминоэтилбензолы 3/735  
бис-(β-Аминоэтил)дисульфид 3/63, 64  
3-(2-Аминоэтил)-5-гидроксинидол 1/322; 4/653, 654  
2-Аминоэтилизотиомочевина 4/326  
S-β-Аминоэтилизотиуронийгидрохлорид 3/63  
3-(2-Аминоэтил)нидол 1/476  
Аминоэтилизирование 5/989  
3-Амино-N-этилкарбазол 3/677, 1017  
2-Аминоэтилмеркаптан 3/63, 64  
Аминоэтилпиперазин 4/86  
2-Амино-2-этил-1,3-пропадиол 1/268, 269  
2-Аминоэтилсерная кислота 1/265  
2-Аминоэтилсульфат 5/989  
2-Аминоэтилсульфоновая кислота 5/274, 275  
2-Аминоэтилфосфорная кислота 2/1196  
1-(2-Аминоэтил)циклогексен 3/1022  
Аминоэтилэтаноламин 1/269  
N-(2-Аминоэтил)этилендиамин 1/269  
5-Амино-2-этоксипензолсульфокислота 5/118  
Аминоксифурилы 1/253, 716; 2/74, 815, 1275; 3/686; 4/536, 1151; 5/207, 964, 1010  
Аминокситарная кислота 1/394  
Амины 1/269; 5/493  
алифатические 1/175, 177, 222, 270–273, 605, 641, 681, 865, 874, 988, 1180; 2/16, 17, 70, 176, 216, 244, 407, 536, 563, 632, 638, 764, 804, 1143, 1273; 3/106, 107, 254, 289, 555, 715, 724, 767, 870, 1029, 1059, 1080; 4/172, 196–198, 200, 217, 218, 803, 1145; 5/85, 207, 709, 979, 1013. См. также индивидуальные представители  
ароматические 1/78, 80, 222, 270–273, 367, 464, 487, 501, 545, 1142, 1147, 1179, 1180; 2/1, 8, 9, 69, 70, 74, 75, 80, 81, 114, 176, 179, 331, 416, 432, 455, 524, 804, 964, 976, 978, 1100, 1143; 3/110, 119, 131, 181, 268, 380, 384, 522, 524, 534, 542, 543, 676, 677, 696, 697, 797, 867, 870, 970, 983, 1017, 1028; 4/48, 172, 718–720, 815, 817, 907, 1145, 1155, 1159, 1198, 1199; 5/59, 85, 123, 124, 126, 142, 200, 238, 450, 526, 530, 709, 781, 1010, 1013. См. также индивидуальные представители  
биогенные, см. Катехоламины  
вторичные 1/79, 80, 197, 222, 269, 423, 605, 641, 642, 682, 947, 968, 979; 2/6, 32, 70, 119, 176, 212, 244, 245, 373, 421, 549, 550, 606, 746, 813, 1044, 1143, 1155, 1279; 3/102, 289, 508, 513, 532–534, 545, 549, 696, 767, 785, 797, 1029, 1049, 1080, 1130, 1195; 4/106–198, 392, 515, 872, 873, 897, 900, 1100, 1131, 1192, 1204, 1205, 1255; 5/14, 200, 207, 222, 239, 261, 709, 784, 793, 825, 977–979, 1012  
галогензамещенные 2/75, 405, 764, 1106; 3/125, 1080, 1237, 1238; 4/71  
– перфторированные 1/273  
жиро-ароматические 1/874, 1180; 3/254  
комплексные соединения 2/264, 374, 642; 3/19, 333, 876; 4/907  
метаболизм 3/619, 620  
меченые 3/254  
номенклатура 1/270; 3/573  
N-оксиды 1/242, 243, 244, 271, 1095; 2/1251, 1252; 3/1043, 1045; 4/100, 867  
определение 1/273, 894, 895, 1181; 2/449, 507; 3/526, 795, 797; 5/152, 693, 819, 947, 1057  
оптические активные 3/298  
первичные 1/78, 80, 197, 222, 269, 423, 641, 681, 682, 873, 947, 968, 990; 2/31–33, 66, 70, 74, 75, 83, 114, 119, 176, 179, 186, 212, 325, 330, 373, 416, 549, 550, 746, 764, 815, 1044, 1095, 1106, 1143, 1147, 1155, 1179, 1272; 3/102, 289, 357, 515, 530, 534, 541, 676–678, 701, 702, 715, 724, 785, 797, 839, 870, 1017, 1028, 1073; 4/196–198, 392, 515, 529, 555, 718–720, 760, 897, 900, 938, 1148, 1159, 1168, 1169, 1204, 1205; 5/8, 88, 129, 207, 217, 222, 239, 380, 557, 709, 713, 783, 784, 793, 825, 977–979, 1012  
полимерные 1/269, 273. См. также Полиаммины  
поучение 1/74, 271, 272; 2/1155, 1171, 1203, 1213, 1214; 3/507, 508, 515, 553, 833; 5/11, 784, 785. См. также Амнирование, Амниолиз, Амниолиз  
применение 1/273; 2/294, 300, 436, 1164; 5/420  
пространственно-затрудненные 4/588, 589  
свойства 1/198, 270, 271, 280, 429, 442, 520, 598, 960, 961, 971, 1073, 1074, 1092, 1095, 1129; 2/6, 16, 17, 55, 213, 313, 326, 402, 405, 419, 641, 697, 741, 908, 1155; 3/319, 516, 528, 619, 620, 738; 4/515; 5/10, 57, 208, 567, 786, 859, 860  
соли, см. Аммониевые соединения, Аммоний  
третичные 1/269, 273, 543, 605, 606; 641, 642, 867, 943, 947, 968, 979, 992, 1180, 1181; 2/6, 14, 32, 55, 119, 244, 245, 403, 406, 550, 804, 806, 1106, 1143, 1251, 1252; 3/61, 102, 111, 124, 125, 289, 530, 534, 545, 740, 745, 785, 797, 830, 831, 838, 839, 909, 932, 965, 1197, 1246, 1260; 4/51, 54, 95, 196–199, 390, 500, 515, 699, 806, 866, 867, 897, 900, 906, 917, 922, 1136, 1145, 1192, 1205, 1267; 5/85, 132, 238, 239, 256, 266, 405, 406, 423, 523, 700, 733, 786, 825, 947, 962, 977–979, 995  
хлорированные, см. Хлораммины  
циклические 1/605, 1181; 2/17, 33, 421, 1138; 3/254, 676, 677, 1246. См. также Гетероциклические соединения, Пиперидин, Хинуклидин  
Амидонор 1/273, 274, 320  
Амипак 4/478  
Амиприн-ДТ-18 3/716  
Амипрофос-метил 1/1033  
Амираны 4/579, 580  
Амнитал-натрий 1/455  
Амнитол 4/1163  
Амитраз 1/107  
Амитриптилин 1/274, 325, 326  
Амицитин 3/1051  
Амметолы 1/280  
Амметилд 2/205; 3/34, 38; 5/708  
Аммелия 3/34, 38  
Аммиак 1/274; 3/575  
водный раствор, см. Аммиачная вода  
диссоциированный 2/326  
жидкий 1/102, 103, 274, 275, 277, 542, 591, 677, 711, 1120; 2/290, 456, 574, 779, 782; 3/91, 110, 172; 4/342, 355, 358, 359, 631, 632, 913, 930, 1138, 1143, 1155, 1157, 1166, 1192, 1251; 5/87, 145, 165, 265, 409, 778, 947, 971, 987, 999  
и круговорот азота 5/84  
комплексные соединения 2/265, 267, 272, 1031, 1032, 1043, 1147; 3/205, 236; 4/752, 779, 877, 1220. См. также Аммины  
коррозийная активность 2/322, 948, 1332, 1333  
межзвездных облаков 2/962  
метаболизм 3/619, 620, 622–624, 697; 4/1261  
несожженный и сожженный 2/326  
определение 1/889, 890, 892, 894, 915; 2/522, 1108; 3/254, 433, 488; 4/628, 668, 786  
пирамидальная инверсия 2/908; 3/1036  
получение 1/103, 104, 275–277, 467, 1049, 1050, 1052, 1087, 1093, 1106, 1107, 1220; 2/17, 25, 82, 566, 569, 620, 664, 668, 692, 693, 842, 845, 846, 885; 3/402, 56, 505, 518, 666, 1254; 4/101, 193, 697, 705, 989, 1140, 1141, 1164; 5/46, 467, 470, 514, 531, 605, 701, 808, 978  
применение 2/17, 799, 802, 995  
1449, 1294, 1310; 3/8, 154, 201, 734, 788, 911; 4/134, 223, 686; 5/54, 150, 593  
свойства 1/6, 92, 193, 194, 206, 230–233, 236–238, 240, 252, 253, 258, 265–268, 271, 274–276, 281, 348, 430, 432, 487, 488, 579, 595, 641, 642, 644, 648, 654, 674, 675, 682, 683, 718, 755, 767, 777, 778, 833, 900, 904, 929, 948, 951, 968, 980, 981, 990, 1053, 1056, 1066, 1071, 1093, 1117, 1123, 1149, 1151, 1152, 1210, 1216; 2/66, 76, 78, 82, 106, 119, 154, 179, 186, 198, 205, 216, 282, 314, 331, 378, 379, 381, 402, 411, 549, 561, 620, 638, 640, 651, 661, 672, 782, 815, 851, 858, 869, 870, 957, 983, 1081, 1155, 1171, 1172, 1215, 1272; 3/119, 169, 170, 191, 227, 279–281, 283, 356, 505, 509–511, 513, 516, 521, 564, 576, 667, 672, 683, 707, 710, 724, 732, 785, 870, 1019, 1028, 1045, 1055, 1073, 1079; 4/200, 205, 208, 392, 482, 507, 536, 657, 670, 686, 690, 691, 696, 750, 803, 899, 900, 938, 1100, 1137, 1141, 1151, 1152, 1165, 1173, 1174, 1192, 1204, 1205, 1256, 1267, 1269; 5/8, 16, 27, 33, 36, 45, 125, 137, 141, 222, 223, 238, 377, 429, 462, 503, 522, 556, 598, 599, 709, 710, 713, 755, 793, 859, 976  
твердый 1/274  
Аммиакаты 1/103, 138. См. также Аммины  
Аммиак-лазы 2/1169  
Аммиачные продукты 3/356  
анализ 2/710  
взрывчатые 2/127  
вода 1/277, 102, 103, 278; 2/9, 212, 233, 290, 845; 3/244, 847, 867; 4/85, 626; 5/599, 796  
очистка 1/900, 901  
плазма 3/169, 170  
селитра 1/102, 103, 282; 2/290, 498, 870, 1233; 3/172, 173, 505, 564; 4/621, 731, 1267. См. также Аммония нитрат  
Аммиокомплекслы, см. Аммины  
Аммины 1/278, 231, 275, 335, 677, 981; 2/264, 265, 267, 272, 290, 335, 552, 555, 556, 579, 710, 821, 920, 926, 928–931, 934, 1043, 1162, 1173, 1248, 1329–1331, 1334; 3/2, 3, 307, 308, 353, 356, 364, 370, 474, 481, 485, 510, 658, 751, 872, 1109, 1130, 1133; 4/394, 437, 534, 544, 563, 564, 775, 877; 5/400, 610, 748. См. также Толленса реактив, Швейцера реактив  
Амифури 2/1087; 5/341  
Аммоксициклирование 3/672, 673  
Аммональ 1/280, 706; 4/731  
Аммониевые соединения 1/278, 235, 279, 280, 675; 3/1164. См. также Общие соединения, индивидуальные представители

- антидоты 1/328, 329  
 ионы, см. *Алкилдимоний-катионы*, *Аммоний-катионы*, *Аммоний-катионы*  
 соли и четвертичные, см. *Аммоний*  
 Аммонизация 2/870  
 кормов 1/278  
 фосфорных кислот 2/290  
 Аммоний. См. также *Аммониевые соединения*  
 азид 2/560  
 алюмосиликат 3/1192  
 бораты 1/576, 581; 3/979; 5/400  
 бромид 2/1112; 3/805; 4/437, 1056  
 ванадаты 1/670–672, 674, 679; 2/1092; 5/142  
 вольфраматы 1/814, 818, 822; 5/656  
 галогенометаллаты 1/219, 285, 540, 985; 2/536, 537, 558; 3/495, 751, 1129, 1133; 4/99, 436, 564, 565, 1176  
 гексафтороцерат 5/695  
 гексафторосиликат 1/281; 2/1027  
 гексацианофераты 2/580; 3/1055  
 германат 1/1042  
 гидроксид 1/278, 678; 2/123; 4/446, 1168, 1198; 5/116  
 дигидроарсенат 1/383  
 иодид 2/1112; 4/1056  
 ионы, см. *Аммоний-катионы*  
 карбонат(ы) 1/281, 277, 282, 283, 335, 459, 537, 655, 1067; 2/9, 290, 620, 636, 710, 824; 3/26, 480, 863, 870, 905, 906, 908, 911, 1055, 1079, 1088; 4/133, 544, 877, 1204  
 кремнефторид 1/281; 2/1027  
 молибдаты 2/711, 1079; 3/241, 244, 250; 4/594; 5/142, 284, 385  
 нитрат 1/282, 102, 109, 277, 280, 281, 467, 608, 705, 706, 780, 849, 901, 990, 1000; 2/17, 126, 131, 194, 551, 869, 870, 1290; 3/280, 504, 505, 520, 564; 4/23, 24, 161, 621, 731, 803, 838, 1168; 5/385. См. также *Аммиачная селитра*  
 нитрит 2/551, 561; 3/517  
 нитрометаллаты 2/821; 4/533  
 определение 4/396  
 органические соединения 1/16, 275, 425, 510, 517, 675, 726, 1034, 1093; 2/152, 272, 282, 445, 545, 620, 669, 775, 813, 1013, 1155, 1288, 1329; 3/6, 114, 290, 492, 896, 985, 1020; 4/133, 536, 900, 1126, 1162, 1248, 1249; 5/130, 223, 278, 394  
 перксанат 2/1088  
 перманганат 2/1277  
 пероксиды 3/971, 973  
 пероксодисульфат 1/282, 283, 541; 3/439; 4/1267; 5/453  
 персульфат 5/397, 455, 523, 610, 942  
 перхлорат 1/283, 705, 706; 2/240; 3/360, 986, 990; 4/135, 227, 342, 668  
 применение 1/280–284; 3/301, 304; 4/495; 5/150  
 ренат 4/465, 466, 469  
 селенид 4/619  
 сульфат(ы) 1/283, 102, 103, 277, 282, 286, 335, 400, 459, 475, 537, 900, 901, 985; 2/17, 152, 235, 272, 356, 498, 566, 569, 592, 616, 731, 775, 776, 835, 846, 869, 990, 1097, 1155, 1187, 1233; 3/69, 172, 362, 492, 564, 863, 969, 1055, 1089; 4/248, 650, 838, 900, 904, 907, 981, 1149, 1151, 1165, 1254; 5/159, 862  
 сульфид(ы) 1/674, 708, 901, 1037; 2/76, 174, 176, 331, 562, 592, 709, 710, 820, 1001, 1287, 1290; 3/8, 474, 492, 519, 561, 758, 1055; 4/651, 949, 950, 974, 1141, 1174; 5/219, 610, 750, 755  
 сульфит(ы) 1/900; 2/138, 1174; 3/383, 387, 1055; 4/119, 657, 920, 921  
 теллурид 4/1024  
 технетат 4/1112  
 тиосульфат 5/453, 989  
 тиоцианат 1/284, 362, 1210; 2/175, 273, 592, 822, 847; 3/244, 250, 280, 365, 1055; 4/626, 1140, 1141, 1147, 1164, 1165; 5/46, 160, 750  
 ураниаты 5/82, 83  
 фосфаты 1/284, 282, 286, 335, 901, 974; 2/84, 290, 869, 870; 3/520, 564, 646, 648; 4/284, 941; 5/248, 250–252, 408, 749  
 фторид(ы) 1/284, 96, 281, 285, 540, 1114; 2/572, 590, 1006, 1027, 1208, 1209, 1229, 1245; 3/368, 489, 490, 492, 495; 4/437, 442, 1056, 1224; 5/388, 392, 394, 760  
 хлорат 5/559  
 хлорид 1/285, 261, 283, 342, 674, 714, 894, 944, 972, 1116; 2/17, 41, 154, 239, 240, 254, 330, 331, 381, 592, 620, 752, 944, 1147, 1162; 3/107, 165, 181, 367, 479, 511, 520, 683, 696, 751, 825, 847, 1055, 1129, 1133, 1239; 4/544, 558, 875, 985, 1056, 1100, 1168; 5/104, 124, 182, 222, 238, 588, 701, 750, 755  
 хроматы 2/669; 4/248; 5/615, 631, 632  
 цианаты 1/558, 683; 3/281, 785; 5/45, 701, 702, 704  
 цианид 2/331, 752; 3/1055; 5/45  
 цианкаты 5/761, 763, 764  
 четвертичные основания 1/279, 280, 435, 436, 534, 720, 1180; 2/116, 119, 294; 3/124, 125, 276, 739, 745, 796, 1081, 1164; 4/694, 926, 931; 5/207, 733, 734, 825, 828, 939. См. также *Гофмана реакция*, *Деаминирование*  
 – соли 1/193, 235, 237, 270, 278–280, 337, 453, 605, 606, 642, 947, 979, 1074, 1148; 2/31, 32, 116, 379, 418, 419, 436, 636, 1106, 1319; 3/21, 24, 25, 106, 107, 124, 1258; 4/19, 20, 199, 866, 867; 5/204, 395, 397, 947, 949, 978, 991. См. также *Имидиевые соли*  
 Аммоний-катионы 1/280, 771; 2/6, 521, 782, 919, 1181; 3/569. См. также *Аммониевые соединения*, *Аммоний*  
 Аммоний-катионы 3/569  
 Аммониты 1/280, 281, 282, 607, 608, 706, 1000; 2/127; 4/161, 162, 731  
 Аммонизация 1/285, 117, 230, 231, 271; 2/82, 415, 420, 1021; 3/107, 115, 804, 951; 4/65, 753, 1152; 5/132, 450, 451, 975, 976, 979, 1010  
 каталитический 2/667; 3/516, 1079  
 окислительный 3/671, 116, 241, 449, 516, 522, 672, 708; 2/665, 667, 672, 1091–1093; 4/265, 696; 5/381  
 селективность 2/667  
 сложнэфирный 2/785  
 Аммотолы 1/608; 4/1267  
 Аммофос 1/286, 277, 284; 2/869, 870, 1293; 3/4, 172; 5/305, 756  
 Аммошенил 2/1233  
 Амоко А1 полимер 3/1210  
 Амоксициллин 2/1134  
 Амортизаторные жидкости 1/286; 4/113, 1114  
 Аморфизация 4/660  
 α-Аморфен 4/659, 660  
 Аморфное состояние 1/286, 287, 288; 2/1060, 1069; 3/415; 4/994, 995  
 и отверждение 3/840  
 соединения, см. *Аморфные вещества (материалы)*  
 стеклообразные 4/842, 843, 844  
 Аморфные вещества (материалы) 5/515  
 алюмосиликаты 2/664, 665, 679, 680  
 и зональная теория 4/995  
 и фононы 4/997  
 инсулин 2/476  
 кремнезем 2/1026, 1027. См. также *Силикагель*  
 кристаллизация 2/1053  
 лигнин 2/1173  
 магнитные 2/1240, 1241  
 металлы и сплавы 2/827, 923, 1240, 1241; 3/421, 484; 4/346, 614, 615, 807, 843; 5/503  
 неорганическое стекло 4/835  
 оптические 3/777  
 полимеры 2/1060; 3/1119–1121  
 сера 4/631  
 твердые, реакции 4/411–414  
 углерод 2/767  
 фазы в интерметаллидах 2/485  
 фосфат алюминия 1/218  
 химическое газофазное осаждение 5/516  
 электролиты 2/408; 5/863  
 Амперометрическое титрование 1/288, 289, 445, 810; 2/1099; 3/8, 425, 713, 969; 4/397, 555, 594, 945, 975, 1186, 1187; 5/150, 151, 196, 610, 723, 750, 924  
 Ампликлин 2/1134, 1135  
 Амплиактил 1/234  
 Ампул хранения метод 5/53  
 Ампульные источники нейтронов 5/1022  
 АМФ, αАМФ, см. *Аденозинмонофосфат*  
 Амфетамин 4/267, 268; 5/116  
 Амфибиол-Б 3/923  
 Амфибол-асбесты 1/385, 386  
 Амфиболические пути обмена веществ 3/612, 614, 617, 618, 621  
 Амфиболы 1/385, 386; 4/677–681  
 Амфииндикаторы 2/449  
 Амфифильные липиды 2/1188  
 Амфолиты 1/289; 2/408; 3/165, 181, 1163, 1165, 1166; 5/263, 866, 867  
 Амфоморонал 4/228  
 Амфотерици 2/1262; 4/227, 228, 238  
 Амфотерици 1/289; 2/778, 781, 782  
 Амфотерные соединения 1/289; 2/436; 5/207, 208, 384, 447, 616  
 гидроксиды 1/1076, 1092  
 гидроксокомплексы 1/1097  
 диазопроизводные 2/72  
 новообразные смолы 1/289, 290; 2/504, 520  
 кислоты и основания 2/779–782  
 оксиды 3/698  
 пиразол 3/1033  
 поверхностно-активные 1/544, 1137; 2/818; 3/181, 1163, 1165, 1166; 5/780  
 смолы 2/520  
 спирты 4/801  
 1-фенил-3-метил-5-пиразолон 3/1035  
 Анабазин 1/290, 291, 292; 2/142, 468; 3/487, 1030, 1047; 5/593  
 Анабазин-сульфат 1/290  
 Анабенатокин 5/1055  
 Анаболанизм 3/611, 612, 621, 623–625. См. также *Ассимиляция*  
 Анаболики, см. *Анаболические вещества*  
 Анаболические вещества 1/290, 291; 3/174, 598; 4/511, 1239; 5/971  
 Анагриин 5/525  
 Аналептики, см. *Аналептические средства*  
 Аналептические средства 1/291, 292, 1118, 1172; 2/601, 655, 1156; 3/578; 5/593  
 Анализ  
 абсолютный 1/119, 120  
 автоматизированный 1/300, 121, 294–296  
 активационный 1/119, 121, 294–296  
 2/387, 503, 712; 3/422, 432, 437, 436; 5/554, 1016, 1017  
 арбитражный 1/359, 360, 1102  
 атомно-абсорбционный 1/408, 410; 2/291, 562, 712, 916, 1235; 3/8, 475, 1133, 1134, 1135, 436, 550, 640, 775, 779, 945, 1244  
 атомно-флуоресцентный 1/410 – 2/292; 4/1209  
 атомно-эмиссионный 2/916, 3/1134  
 бесстружковый 1/542, 543; 3/437  
 биолюминесцентный 5/153  
 бромит-броматный 3/69  
 весовой, см. *Гравиметрия*  
 вещественный 5/104, 105  
 высокочастотный 2/897  
 газовый 1/914, 915–918; 2/709, 1315, 1317; 3/460, 645, 795, 797, 1054  
 гамма-абсорбционный 1/978  
 дисперсионный, см. *Дисперсионный анализ*  
 дистанционный 1/292  
 дробный 2/710, 711  
 избирательность 2/347; 1/550  
 изотопный 2/386, 382, 383, 387, 709, 855, 1308, 1315, 1317, 1318; 1/292; 3/794, 795; 5/497  
 иммуноферментный 2/423, 426, 1291; 3/970; 5/151, 153  
 иммунохимический 2/395, 1219; 3/929  
 инструментальный 1/120; 5/172, 490, 498, 819, 932, 933  
 капельный 2/606, 607, 711; 1/542; 3/161, 431; 5/114, 284  
 каталитический 4/640  
 качественный, см. *Качественный анализ*  
 кислотно-основной 2/896  
 количественный, см. *Количественный анализ*  
 колориметрический 2/861; 3/470, 487, 488, 492, 527, 536, 561, 645, 758; 4/594, 633, 640, 648, 975, 982, 1056, 1174, 1198, 1268; 5/334  
 композиционный 5/104  
 коифорационный 2/906, 127, 907–915; 1/119, 552; 3/786; 4/857, 859  
 кулонометрический 4/648  
 лаповый 3/447  
 локальный, см. *Локальный анализ*  
 люминесцентный, см. *Люминесцентный анализ*  
 методы, см. *Аналитическая химия*, *Методы анализа и исследования*  
 микрохимический 3/161, 787, 795, 797; 1/292, 293  
 мокрый 2/709  
 молекулярный 3/230, 231, 794, 797; 1/292; 2/709, 712, 855; 4/775; 5/497  
 неdestructивный 3/430, 431  
 нейтроно-абсорбционный 3/402, 403  
 нейтроно-активационный 1/120, 121; 2/347, 916, 1010; 3/306, 403, 1133; 4/467, 550, 557, 982, 1062, 1113; 5/77  
 непрерывный 1/292  
 неразрушающий 3/430, 431; 1/292  
 нефти и нефтепродуктов 3/446, 458–465  
 объемный 3/645, 8; 4/1174; 5/114, 388, 489, 490. См. также *Титриметрия*  
 органических веществ 3/794, 795–799; 2/709, 711, 855; 5/425

- парофазный 3/884, 885  
 ларинальная чувствительность 2/347  
 пирокхимический 2/709  
 полухимический 2/712  
 послонный 2/1212  
 проб, см. *Пробы аналитические*  
 пробирный 4/183, 178, 184; 2/709; 3/412, 1133  
 проточно-инжекционный 4/245, 246; 2/1100; 5/151  
 радиоактивный 1/119–121; 3/8; 5/284, 610  
 радиомунный 2/426, 1158; 4/328  
 радионидиаторный 4/327, 328  
 радиолигандный 4/517  
 радиометрический 4/479–481, 1209  
 радиосубстехиометрический 4/328  
 радиохимический 1/120, 121  
 рациональный 5/104, 105  
 реагенты, см. *Реагенты органические*  
 регрессионный 3/642, 1106–1109  
 рентгеновский, см. *Рентгеновский анализ*  
 ретроцитетический 4/511, 512; 1/1199; 2/886; 3/791–793  
 рутинный 2/610  
 седиментационный 2/148, 792; 4/180, 951  
 селективность 1/550; 2/347  
 системный, см. *Кибернетика*  
 ситовой (ситовой) 4/709, 179, 180, 182, 951; 1/1187, 1205; 2/148  
 сортовой 2/1218  
 средства, см. *Анализаторы, Аналитические веса*  
 стандартные образцы 4/819  
 стереоспецифический 3/794, 797  
 структурный, см. *Структурный анализ*  
 термический 4/1057, 357, 880, 1058, 1062, 1085; 2/35, 36, 57; 5/100  
 термодеполяризионный 4/1062; 5/836  
 термомеханический 2/35  
 ультрамикрхимический 3/161  
 физико-химический 5/174, 175, 177, 515  
 фазовый, см. *Фазовый анализ*  
 флуоресцентный 2/1083, 1218, 1219; 3/272; 4/467, 470–472, 475, 982  
 формы, см. *Аналитические формы*  
 флуоресцентный 2/1218  
 фотометрический 5/334, 173, 335, 498; 2/859; 3/220, 1036, 1044, 1058; 4/396, 397, 1187, 1202  
 фотоионизационный 5/335, 336; 1/121  
 функциональный 1/292, 296; 3/794–797  
 хемилюминесцентный 2/1219; 4/397  
 химический, см. *Химический анализ*  
 экскретический 5/804, 805–811; 3/865  
 экспрессный, см. *Экспресс-тесты*  
 экстракционный, см. *Экстракционный анализ*  
 электротермический 4/1062  
 элементный, см. *Элементный анализ*  
 эмиссионный 2/1235; 3/8, 475; 4/640  
 Анализаторы. См. также *Анализ, Методы анализа*  
 автоматические синтезаторы 3/934  
 аминокислотные 1/472; 3/929  
 газов, см. *Газоанализаторы*  
 жидкостей 2/290, 291–293, 712  
 масс-спектрометрические 2/1309, 1312–1314  
 Аналитическая химия 1/292, 293–296; 5/480, 491, 492, 497, 498, 509. См. также *Анализ, Анализаторы, Методы анализа*  
 и жидкостная экстракция 5/833  
 и разделение смесей, см. *Хроматография*  
 концентрирование 2/915, 916; 1/295. См. также отдельные *Элементы химические*  
 маскирование 2/1294, 1295  
 реагенты органические 4/393, 394–397. См. также индивидуальные представители  
 Аналитические веса 1/686–688, 691, 757  
 Аналитические формы 3/168, 169  
 Аналогия(и)  
 гипотеза, см. *Реагенты органические*  
 изобальная, принцип 2/362, 363, 793, 795; 3/82  
 между кипящим слоем и жидкостью 4/259  
 процессов переноса 2/543, 1302  
 Рейнольдса 2/1303; 5/30, 31  
 Чилтона–Колборна 3/1142  
 Аналукс 1/441  
 Аналигетика, см. *Анальгетические средства*  
 Анальгетические средства 1/296, 297, 298; 2/110, 344; 3/274, 400, 675, 1030, 1031, 1035; 4/219, 268, 813; 5/119, 523  
 Анальгин 1/85, 297; 3/1035; 4/219  
 Анальзины 5/681  
 Анаперотические реакции 3/1083  
 Анаприлин 1/298, 50, 1120  
 Аниатз 3/1011, 1012; 4/567, 1172, 1178  
 Аниатерм 2/807  
 Аниатобин 2/142  
 Аниатоксин (aS) 5/1055, 1056  
 Аниатруксоин 2/1105  
 Аниафилатоксин 2/875, 876  
 Аниафорезные лакокрасочные материалы 1/774, 775  
 Аниазробные процессы  
 биоочистка стоков 3/861  
 брожение 1/608–611; 3/101, 861; 5/995  
 гликолиз 5/296  
 дыхание 2/240  
 обмен веществ 1/1135, 1136; 3/611, 614, 625  
 расщепление углеводов, см. *Гликолиз*  
 склеивание 2/806  
 фотосинтез 5/296  
 Ангели соль 3/508  
 Ангелиция 1/298  
 Ангидриды, кислоты  
 карбоновые 1/298, 114, 150, 270, 442, 450, 476, 943, 1075, 1133, 1203; 2/22, 108, 211, 402, 417, 554, 645, 677; 3/513, 541, 554, 671, 796, 838, 932, 965, 966, 982, 1067, 1212; 4/272, 802, 872, 898, 925, 969, 1136, 1140; 5/10, 57, 123, 368, 369, 585, 962, 978, 1059. См. также *Полиангидриды, Уксусный ангидрид, Фталевый ангидрид*  
 неорганические 1/299, 300, 442; 2/784; 3/698. См. также *Азота оксиды, Оксиды, Серы оксиды, Фосфора оксиды*  
 сульфеновые 4/908  
 сульфоновые 2/630; 3/980; 4/43, 899, 923  
 угольная 5/44, 45  
 фосфиновые 5/260  
 фосфоновые 5/280  
 – силата 2/1092  
 Ангидрид 1/870, 871, 956, 1123; 2/588; 4/630; 5/302, 303  
 Ангидроаспартиллицинимид 1/477  
 3,6-Ангидрогалактоза 1/32; 2/659, 660  
 3,6-Ангидро- $\alpha$ -L-галактопираноза 1/31, 32  
 3,6-Ангидро- $\alpha$ -D-галактопиранозил-(1 $\rightarrow$ 3)-D-галактоза 2/660  
 1,6-Ангидроглюкоза 1/1128  
 Ангидрохлориды 2/778  
 2,5-Ангидро-D-манноза 1/264  
 Ангидрон 2/960, 1249; 4/158  
 Ангидрооксиды 3/599  
 Ангидроулавания 1/522, 524; 2/458, 459, 636, 778, 963, 964; 3/830, 1019; 5/202  
 1,4-Ангидро-D-сорбит 4/769  
 Ангидросульфиды 2/1085  
 2,5-Ангидро-D-галактоза 1/264  
 1,6-Ангидро-2,3,4-три-O-бензил- $\alpha$ -D-глюкопираноза 2/31  
 Ангидроформальдегиданилин 1/307  
 Ангинин 3/884  
 Ангиокопей 4/478  
 Ангиотензиноген 4/468  
 Ангиотензины 1/1120; 4/216, 468  
 Англезит 4/591, 602  
 Анголд 2/34, 35  
 Ангулярное сочленение циклов 1/372  
 Анидаксин 3/61  
 Анидализит 3/165; 4/680  
 Анидесин 3/1192  
 Анидзит(ы) 2/776, 1319; 3/1264; 5/134  
 Аниджели–Рымини реакция 1/1092  
 Анидрал метод 3/257  
 Андрогенные гормоны, см. *Андрогены*  
 Андрогены 1/300, 291, 301; 2/1156; 4/236, 862, 863, 865; 5/218, 971  
 Андростан 1/1171; 4/862, 865  
 5 $\alpha$ -Андростан-3,17-дион 1/300  
 4-Андростен-3,17-дион 1/300  
 Андростерон 1/300  
 Андростероин 2/862; 3/274, 276; 5/119  
 Андурсова реакция 3/672  
 Анергия 5/804, 805  
 Анестезирующие средства 2/113, 1175; 3/68, 276, 380, 567, 568, 685, 1030; 4/806, 812, 1263; 5/23, 406, 525  
 Анетол(ы) 1/301, 302, 311; 2/238; 4/1091; 5/736, 737, 1004  
 Анизамидины 1/302, 303, 320  
 Анизерин 1/303, 138, 304; 2/655, 656; 3/934  
 Анид 3/1201, 1238, 1239; 4/1015  
 Анизидины 1/304, 258, 270, 545, 988; 3/522, 565  
 Анизидин 1/416  
 Анизол 1/304, 301, 305; 2/391; 3/108, 134; 4/419, 1135; 5/132, 141, 368, 693, 1008  
 Анизотропия 1/305, 622, 1158, 1190; 2/112, 190, 193, 286, 289, 299, 300, 330, 485, 739, 1059, 1071, 1223, 1224, 1231; 3/68, 75, 100, 144, 404, 1162; 4/124, 125, 471, 472, 575, 585; 5/790, 820, 889, 890  
 Аниластины 5/421, 422  
 Анилизин 3/1198–1200  
 Анилиды 1/305, 231, 1029; 2/648; 3/704, 771, 773; 5/369. См. также *Азолены*  
 Анилин 1/305, 306, 366  
 и точка растворения углеводородов 1/307  
 определение 1/306, 615, 671, 895  
 получение 1/306, 513; 2/331, 665, 976; 3/526, 527, 531, 665, 785; 5/126  
 свойства 1/77, 154, 155, 254, 256, 270, 271, 306, 348, 373, 425, 488, 489, 494, 532, 533, 545, 672, 779, 846, 952, 999, 1071; 2/71, 80, 114, 118, 171, 181, 183, 184, 186, 199, 202, 302, 347, 441, 497, 980, 1081, 1091, 1143; 3/62, 191, 280, 470, 523, 531, 543, 690, 694, 696, 697, 796, 915, 1161; 4/73, 223, 288, 342, 568, 1111, 1192, 1198, 1254; 5/6, 122, 123, 125, 132, 133, 137, 200, 222, 238, 412, 417, 526, 562, 569, 584, 647  
 соединения, см. *Анилиновые соединения*  
 Анилиновая точка 1/307; 5/696  
 Анилиновые соединения 3/1014; 4/719  
 алкиламещенные, см. *N-Алкиланилины, Диалкиланилины*  
 антрахионовые 3/523, 690  
 N-ациламещенные, см. *Анилиды*  
 бензойная кислота 1/112  
 гидрохлорид 1/306, 307, 488; 2/181, 183, 462; 3/471, 696  
 иодат 2/1108  
 комплексные 2/264, 1032; 4/752  
 красители. См. также *Азокрасители*  
 – азотетинные, см. *Анилиновый черный*  
 – желтый 5/19  
 – фиолетовые, см. *Мовени*  
 покрывные краски 2/996, 997  
 сульфат 1/242, 254, 306, 1115  
 сульфосилоты 1/128, 241, 242; 5/19, 569  
 тиазолинон 5/800, 801  
 тиурен 4/71  
 формальдегидные смолы 1/307, 308, 807; 2/1298, 3/327  
 фтален 3/1247  
 хлорат 2/1108  
 6-Анилинохинолин 1/248  
 Анилиновый черный 1/307, 248; 2/980; 3/694, 1018  
 Анилит 3/1  
 Анилы 2/441; 5/782, 791, 792  
 Анимерт 1/108  
 Аниониты 1/772, 1093; 2/200, 504, 506, 507, 1181; 3/54, 341  
 окислительно-восстановительные 3/663  
 смоляные, см. *Анионообменные смолы*  
 Анионные реакции 3/552, 555  
 межфазный катализ 3/24, 25  
 олигомеризация 5/394  
 перегруппировки, см. *Аниотропные перегруппировки*  
 полимеризация 1/308, 309, 310; 2/285, 621, 673; 3/218, 350, 732, 734, 739, 742, 1195, 1208, 1209, 1224, 1229, 1251, 1269; 4/21, 64, 94, 764–766, 1087, 1088  
 сополимеризация 4/764–766, 1087  
 теломеризация 4/1027  
 Анионные соединения  
 галогенаты 3/1237, 1238  
 гетерополипроизводные 1/1060, 1061  
 гидрокосолы 1/1097  
 избыточные фазы 4/107  
 ингибиторы коррозии 2/435  
 катализаторы 1/308; 2/670, 673  
 комплексные 2/534, 641, 752, 798, 919, 1107; 4/301  
 красители 2/995, 996; 3/128; 4/247, 248, 255, 256  
 поверхностно-активные 1/16, 139, 148, 149, 158–161, 164, 165, 866; 2/151, 1149, 1150, 1174, 1175; 3/181, 184, 375, 376, 992, 1163–1166, 1169; 4/580, 698–700, 833, 918, 923, 927–930, 990, 1012  
 полимерные, см. *Анионообменные смолы*  
 флюолянты 5/204  
 флоторагенты 5/207  
 Анионогенные воды 1/768, 769  
 Анионообменные смолы 1/310, 311; 2/520; 3/992; 4/86; 5/49. См. также *Аниониты*

- Аинонотропные перегруппировки 1/597, 602; 4/896, 912  
 аиллия 1/182  
 Бекмана 1/469, 231, 253, 254; 2/615, 1138, 1213; 3/515, 702; 4/855  
 Гбфмана 1/230, 469, 1179; 2/83, 405, 416, 1213; 3/1029, 1030  
 Демьянова 2/33, 17; 1/142, 143, 270, 659; 3/939; 4/610, 1190  
 Курциуса 2/1106, 1213  
 Лоссена 2/1213, 1214  
 молекулярные 3/938, 939  
 нуклеофильные, см. *Вагнера-Меервейна перегруппировки*  
 Смайла 4/728, 729  
 таутомерные 4/991  
 Шмидта 2/1213
- Анион-радикалы, см. *Ион-радикалы*  
**Анионы**  
 в соединениях, см. *Анионные соединения, Ионы*  
 «толые», см. *Межфазный катализ зарядовое число* 2/320  
 кислотные 2/579. См. также *Кислоты неорганические номенклатура* 3/575, 576  
 определение 2/710, 711, 871  
 органические 2/526, 527, 579, 986.  
 См. также *Карбаноионные реакции*, см. *Анионные реакции*
- Аниновые соединения  
 альдегид 1/311, 302, 304, 312; 3/134, 691, 692; 5/1004  
 масло 1/301, 545; 3/847; 5/147, 746, 1003, 1004, 1006
- Аноксидитики 4/1224–1226  
 Аниабергит 3/472
- Аниелирование 1/312; 4/73; 5/713  
 по Пшорру 4/278, 279  
 по Робисону 1/312; 2/886; 3/792; 4/528, 529  
 по Чичибабину 5/778  
 по Эльбсу 5/943  
 фотохромное 5/360
- Анигиляция 5/475, 931  
 позитрон-электрон 4/316; 5/868  
 позитрон 3/31  
 триплетно возбужденных молекул 2/1239
- Аниоподии 1/146  
 Аниотии 1/146  
 Аниотинии 1/146  
 Аниулени 1/312, 313, 377, 378; 3/390, 1243, 1250; 4/767
- Аниулярные липиды 3/52
- Анодирование, см. *Анодное окислование*
- Анодная защита 2/323, 435, 950; 3/890; 5/909, 910
- Анодное окислование 2/1000; 3/695, 696; 5/451, 913
- Анодное растворение 1/313, 314–316; 2/435, 953–957, 1098; 3/15, 76, 888–890, 1086, 1087; 4/123, 543, 549; 5/104, 753, 846, 853, 854, 902, 907, 908–914, 920, 923, 924, 925
- Анодный эффект 5/388. См. также *Электроды*
- Аноксомер 3/1088
- Аномалии  
 в ряду твердых растворов 4/1006  
 геохимические 1/1016, 1020  
 изоморфизм 2/371  
 критические, см. *Критические явления*  
 реакция Раймера-Тимана 4/340  
 – Хеша 5/450
- Аномерные эффекты 2/21, 368, 908, 910–912; 3/265–267, 269; 5/957
- Анортит 1/221; 2/578; 3/1192; 4/678
- Анортитоклаз 3/1192
- Анофоретическое электроосаждение 2/1130
- Аири реакции 1/316, 198; 3/555, 556, 701
- Аисамбли  
 катализаторов, эффект 1/1059; 2/667  
 молекулярные 4/858. См. также *Катенаны, Ротаксаны*  
 статистические Гиббса 4/823–827, 830, 1073  
 циклов 1/141  
 частиц(пор) 2/148
- Аиса-соединения 1/317
- Аисерии 1/138, 303, 304; 2/655, 656; 3/934
- Антабуз 4/1111
- Антагонисты 1/324, 325, 329, 330; 2/111, 433; 4/695, 773; 5/126, 1055
- Антантрон 2/982; 4/72, 75, 76
- Антараповерхностные реакции 1/841–843; 2/127–129; 5/442
- Антарктицит 2/584
- Антегит 5/143, 144
- Анти..., сив 1/317
- Антиалкогольные средства 1/317  
 антидепрессанты 1/325, 274, 317, 326, 341; 2/371, 417, 418, 636; 3/28, 254, 675, 1032; 4/268, 269, 742  
 нейрореплетические 1/317; 3/398  
 транквилизаторы 1/317; 4/1224–1226
- Антиаллергические средства 1/317, 318, 319, 324, 325; 2/30, 585, 959; 5/131
- Антиамебные средства 5/118
- Антиангинальные средства 3/1026; 4/774
- Антианемические средства 2/264, 267, 273
- Антиаритмические средства 1/319, 50, 105, 320, 1130; 2/460; 3/568, 1026; 4/695, 1263; 5/522
- Антиароматические системы 1/376–378
- Антибиотики 1/320, 321, 603, 1101; 2/503, 526, 1180, 1181; 3/156, 566, 567; 4/231  
 актиномицины 1/134, 135  
 аминогликозидные 1/245, 246, 247, 320; 3/1058  
 азидины 1/302, 303, 320  
 антрациклины 1/356, 320, 357  
 блеомицины 1/570, 321, 571; 3/926, 927, 1051; 4/236  
 гризеофульвины 1/1202, 321; 4/227, 800  
 депсипептиды 2/34, 35  
 дыхательные яды 2/242  
 инофоры 2/522–524  
 как красители 2/972  
 как пищевые консерванты 3/1088  
 как фунгициды 5/417  
 β-лактамы 2/1133, 1134, 1135, 1140; 1/320; 3/924; 4/634; 5/697–699  
 левомицетин 2/1152; 1/320  
 линкомицины 2/1180, 1181; 1/321  
 макролиды 1/264, 320, 321; 2/1152, 1262, 1263; 3/499; 4/1097, 1136; 5/738  
 миномицины 3/178, 179  
 номиоцины 3/566, 567  
 нуклеозидные 3/594, 595–597; 1/264  
 оливомицины 3/740, 741  
 определение 2/293, 1219  
 пенициллиновые 1/320, 555; 2/1134, 1135  
 пептиды 3/924, 472, 809, 925–927, 934; 1/320; 2/34; 5/523  
 полиеновые 1/320, 321; 2/1152, 1262, 1263; 3/499; 4/1097, 1136  
 полииновые 3/1249
- противопоукоревые 1/321, 570, 571; 3/179; 4/235, 236
- тетрациклины 4/1109, 1110; 1/320
- ульводные 5/38, 39
- фузидиевая кислота 5/411, 412
- хемостерилизаторы 5/449
- цефалоспориновые 5/697, 698, 699
- циклосерин 5/740; 1/320, 321
- Антиверы 4/225, 226
- Антивитамины 1/751; 3/487
- Антиводокристаллизующие присадки 3/278; 4/175
- Антивспениватели 3/683, 711; 4/1257; 5/723
- Антивуализующие вещества, см. *Противовуализующие вещества*
- Антигель-3 1/347
- Антигельминтики, см. *Противоглистные средства*
- Антигеоморфические средства 1/321, 322, 330; 557, 749, 750; 4/248–250
- Антигены 1/323, 324; 2/423–429, 477, 478, 875, 877, 1158, 1198, 1200, 1219; 3/50, 749, 929; 4/80, 628; 5/770, 917
- Антигипертензивные средства 3/1026
- Антигипоксические средства 4/653
- Антигистаминные средства 1/324, 318, 325; 2/112, 1176; 4/393, 743; 5/131, 426
- Антигигиридные взрывчатые вещества 1/706
- Антидейтерий 1/347
- Антидепрессанты 1/325, 70, 274, 326, 341; 2/371, 417, 418, 636; 3/28, 254, 675, 1032; 4/268, 269, 742
- Антидетонаторы моторных топлив 1/326, 47, 157, 327, 500; 2/46, 110, 642, 1288; 3/109, 278, 344, 913; 4/174; 5/994
- тетразилсульфид 4/1110, 1111
- Антидиабетические средства 1/327, 328, 620; 4/901, 932. См. также *Инсулин*
- Антидиазотат 1/91
- Антидиуретический гормон 1/660, 661
- Антидопы 1/328, 415; 2/104, 175, 341, 1161; 3/64, 113, 365, 847; 4/972, 1156; 5/501  
 для растений 1/329, 330, 994, 1030
- Антидымные присадки 3/278
- Антикандини 3/499
- Антикварки 5/931
- Антиклинальные конформеры 3/571, 572
- Антикоагулянты 1/330, 331, 1022–1024; 2/111, 343, 439, 1082, 1145, 1180; 3/203; 5/126, 547, 988, 1040
- Антикоовальсенты 2/1275; 3/685; 4/240, 241
- Антикопаловая кислота 4/740
- Антикоррозионные материалы, см. *Коррозионностойкие материалы и присадки* 1/286, 922; 2/103, 900, 901, 961, 964; 3/1126; 4/172–174, 1114–1116, 1163, 1237
- Антилейкемические средства 5/118
- Антимарийные средства 3/707; 4/220
- Антиметаболиты 3/927; 5/449
- Антимикотики, см. *Противогрибковые средства*
- Антимикробные средства, см. *Противомикробные средства*
- Антимютики 4/233
- Антимиотики 2/863; 5/22
- Антимишан 2/242, 343
- Антимольные препараты 5/278
- «Антимон» 3/575
- Антимонаты 4/943, 944, 948
- Антимониды 1/331, 332, 333; 2/452; 3/166, 575; 4/102, 111, 112, 118, 943, 981
- Антимонил(ы)-катионы 4/943  
 сульфат 4/943  
 тарtrato 4/225, 943
- Антимонит 4/630, 942, 949, 951
- Антимонокалькогениды 1/332
- Антинакипины 1/333, 657; 3/719  
 4/900; 5/441, 777. См. также *Высокотемпературная Жесткость воды*
- Антинейтрино 3/401; 4/244, 315  
 5/930
- Антинейтрон 5/932
- Антиносители, см. *Носители в радиохимии*
- Антиобледенители 2/381, 585; 3/275–753; 4/1113; 5/660. См. также *Противообледенители*
- Антиозонаты 1/333, 402; 2/1140  
 3/661, 996; 4/814, 816, 1088; 5/86–124
- Антиокислители, см. *Антиокислительные присадки, Антиоксиданты*
- Антиокислительные присадки 1/286–501, 1065; 2/103, 310, 961; 3/277, 278, 1126, 1168; 4/167, 172, 174, 175, 400, 438, 439, 1114–1116, 1237
- Антиоксиданты 1/333, 31, 80, 199, 334, 335, 402, 640; 2/91, 95, 97, 658, 109; 1194; 3/128, 519, 562, 679, 697, 712, 808, 1234; 4/620, 621, 814, 1125, 1139; 5/124, 142, 146, 571, 992  
 древесно-смоляной 1/628  
 жиров и масел 1/741, 941  
 и радиационная стойкость материалов 4/291  
 и синергисты 4/695  
 каучуков 1/334, 628, 629, 633, 635  
 2/376, 706; 3/383; 5/126
- коферменты Q, см. *Убихиноны*
- мембранопротекторы 3/710  
 пищевые 3/1088  
 полимеров 3/728, 1119  
 противоотумлители 4/243  
 светостабилизаторы 4/588  
 скипидара 3/388  
 флокулянтов 5/204  
 химических волокон 3/1204
- Антиоснования 2/782
- Антилимфные присадки 1/286; 4/171, 173, 439, 1114, 1237
- Антиперилланарность, правило 2/129; 5/939
- Антиперспиранты 2/19
- Антиперены 1/335, 949; 2/84, 95, 100, 202, 324, 1246; 3/646, 907–909, 911  
 1060, 1119, 1221, 1228; 4/93, 948, 1013, 1083, 1102, 1105, 1264; 5: 7, 22, 47, 263, 265, 278, 400, 581, 708.  
 См. также *Горючесть*
- Антипирин(ы) 1/335, 297, 336, 440  
 2/84, 449, 731; 3/1035, 1036; 5/123, 128
- Антипиттинговые присадки 4/173
- Антипланарные конформеры 3/572
- Антипластификация полимеров 3/1118, 1119
- Антиподы оптические, см. *Изомерия*
- Антипронарные покрытия 3/894
- Антипротоны 3/31; 5/932
- Антипсихотические средства 3/398, 399
- Антирады 1/336; 4/291, 814
- Антирастворители 4/611
- Антиреватомидные средства 3/595
- Антиржавейные присадки 4/173
- Антирии 2/457, 458
- Антисегнетоэлектрики 3/777; 4/985
- Антисептики, см. *Антисептические средства*
- Антисептические средства 1/336, 337–339; 2/17, 226, 594–596, 802, 908  
 3/34, 113, 278, 304, 305, 377, 388, 503, 563, 834, 995, 1124, 1239, 1240, 231, 448, 543, 544, 569, 623, 715, 568, 935, 1126, 1204, 1223, 1249, 1250



- 5/127, 133, 147, 223, 416, 418, 419, 421, 585, 588, 746, 749, 752, 756, 774, 955, 979
- Антисимметрия кристаллов 2/1069, 1070
- Антислеживатели 3/724
- Антисмысловые РНК 3/588
- Антистатики 1/339, 340, 657; 3/683, 716–718, 724, 1119, 1196; 4/175, 189, 400, 580, 699, 700, 1013; 5/268, 318, 974
- Антистоксово рассеяние света 2/865, 866, 1062, 1120
- Антитела 1/471; 2/423–429, 477, 478, 875–877, 1123, 1200, 1219; 3/51, 212, 628, 1194; 5/153, 547, 770, 917
- Антигиреонные средства 1/340, 341; 2/496, 1156; 4/653
- Антигиресорбенты 4/700
- $\alpha_1$ -Антигиперинсин 4/217
- Антигитриний 1/347
- Антигитромбин 1/1022; 5/17
- Антигифебрины 1/425
- Антиферментные средства 1/341
- е-аминокапроновая кислота 1/248, 250, 252, 322, 341; 2/615, 616, 635; 3/582
- ингибиторы холинэстеразы, см. *Антихолинэстеразные средства*
- карбоангидразы, см. *Диуретические средства*
- моноаминоксидазы, см. *Антидепрессанты*
- плазмиды 4/1097, 1098
- трипсин 4/1270
- Антиферромагнетики 5/102, 164
- Антиферромагнетики 1/341, 677–679; 2/265, 1111, 1238, 1286, 1289, 1290, 1292; 3/68, 98, 167, 409, 881, 882; 4/586, 684, 789, 911, 997, 1039; 5/23, 104, 162, 164, 609, 613, 617, 869. См. также *Магнитные материалы*
- Антифибрины 1/341, 342; 3/994; 4/494; 5/421, 529
- Антифлюорит 4/909, 1022
- Антифризы 1/342, 109, 140, 343, 1133, 1135; 2/212, 381, 436, 571, 585, 627, 700, 1153, 1246; 3/648, 833, 1013; 4/199, 1114; 5/984, 985, 994, 997
- Антифрикционные материалы 1/343, 344; 2/601; 3/243, 250, 418; 4/141, 1247; 5/39, 390, 896
- древесные слоистые пластики 2/230
- полимерные 1/343, 344; 3/1220, 1221
- присадки 3/277; 4/172
- смазочные, см. *Антифрикционные смазки*
- сплавы 2/1202, 1333; 3/753, 754; 4/601, 806, 809; 5/753
- твердые покрытия 2/961; 5/760, 896
- Антифрикционные смазки 1/344, 345, 1194; 3/472, 1127; 4/619
- вазелины 1/660, 19; 2/901, 934, 1011; 3/636, 1144
- литол 2/1209
- металлоплакующие 3/84, 86, 1125–1127
- рабоче-консервационные 2/901
- содилы 4/746, 747; 1/345
- уплотнительные 5/69
- Антихлорозин 2/269
- Антихолинэстеразные средства 1/345, 105, 328, 340, 346; 2/104; 3/710; 5/242, 260, 520, 593, 1036, 1037, 1052
- Античастицы 1/346, 347; 3/401; 4/244, 315; 5/868, 930, 931
- Античный пурпур 2/441
- Антишоферические средства 3/398, 399
- Антор 1/1029
- Антофиллит-асбесты 1/386; 2/776
- Антоцианидины 1/347; 2/973; 5/201–203
- Антоцианы 1/347, 348, 519, 524; 2/973; 3/1089; 4/1269; 5/140, 202
- Антрагаллол 1/940; 3/689, 690
- Антрагидрохинон 1/349
- 9,10-Антрагидрохинонкарбоновые кислоты 1/350
- Антрагликозиды 4/720
- 1,4,9,10-Антрадиоксинон 5/521
- Антразо 4/1021
- Антразолы 2/1097
- Антра[1,2-с]изоксазол-6,11-дион 1/351
- Антракоз 5/43
- Антрацил 1/492
- Антрацилат, метаболизм 3/613
- Антраиловая кислота 1/348, 144, 241, 250, 254, 297, 349, 492; 2/121, 171, 347, 416; 3/559, 613, 1089; 4/219, 381, 1128, 1146, 1180, 1198; 5/1, 380, 381, 520, 529, 551
- 1-Антраиол 5/141
- Антраириолы 1/240, 354; 2/149, 981
- Антраирурилин 3/689, 690
- Антраируфин 2/135, 136; 3/689–691
- Антрафлавин 2/136; 3/689, 690
- Антрафлавиновая кислота 2/136
- Антрафуксон 1/358
- Антрахинон 1/349, 350, 351, 355, 356, 358, 490, 532, 573, 944; 2/78, 79, 331, 972, 979, 980, 1045; 3/389, 390, 524, 525, 689, 706; 4/72, 76, 247, 494, 892; 5/378, 521, 532, 533, 535
- Антрахиноназолы 1/354; 4/74
- Антрахиониламиноаитрахиноны 4/72, 73
- 3-(1-Антрахиониламино)бензантрон 4/18
- Антрахионкарбоновые кислоты 1/350, 155, 351, 489; 3/524
- Антрахионные красители 1/351, 352–354, 417; 2/976, 977, 995, 1000, 1156; 3/786; 4/18, 908; 5/522, 535
- азоловые 2/980
- активные 1/128
- ацетионарастворимые 1/438
- водорастворимые 4/907, 908
- гидроксиформы, см. *Оксидантрахиноны*
- дисперсные 2/149–152; 3/998
- жирорастворимые 2/302
- катионные 3/690, 699, 979
- кислотные 1/352, 353; 2/775, 979, 1000; 3/25
- кубовые 1/352; 2/1093; 3/524, 690, 950
- основные 2/699
- перилеиновые 3/950
- пигментированные 2/440, 996, 1003
- пищевые 3/1089
- полимерные 3/1270
- протравные 1/353; 3/690, 691; 4/247, 248
- прямые 4/247
- Антрахиоипиразины 1/354; 2/440; 4/74
- Антрахиоисульфиевые кислоты 4/908
- Антрахиоисульфокислоты 1/354, 139, 239, 240, 349, 355, 901, 944, 945; 2/78, 976; 3/525, 690
- Антрахиоитазол 1/245
- Антрацен 1/355, 112, 139, 336, 349, 350, 356, 358, 372, 373, 377, 532, 983, 1087; 2/52, 221, 239, 366, 591–595, 618, 846, 847, 1228; 3/27, 1058; 4/108, 329, 419, 719, 1107; 5/647, 719, 738, 812
- Антраценкарбоновые кислоты 1/350
- Антраценовое масло 1/356; 2/594, 595, 618, 846; 3/895; 5/212
- Антраценовые красители 3/689–691
- 9-Антраценоисульфокислота 1/356
- Антрациклинон 1/356
- Антрациклины 1/356, 320, 321, 357; 3/690; 4/236
- Антрацит 1/357, 358, 1192; 2/341, 596; 5/42, 43
- Антримиды 1/240, 245, 944; 4/18, 72–75
- Антропы 1/358; 5/140
- бис-Антропиденэтилен 4/75
- Антрон(ы) 1/358, 350; 2/79, 86, 132, 634, 972, 978, 980, 982; 3/127, 333; 4/76
- Антрои-4-карбоновая кислота 1/350
- Антропогенез 1/1020; 3/848–851
- Анфлераж 4/1092; 5/1005, 1006
- Ахимерное соедствие 2/130
- Ахимерный эффект 2/130
- Андимидол 4/429
- Апальцилин 3/385
- Апамин 5/1039
- Апатит(ы) 1/358, 359, 467, 875, 1022, 1156; 2/156, 243, 349, 546, 578, 589, 590, 869, 937, 1031, 1145; 3/167, 564, 633, 863, 1193; 4/156, 350, 434, 561, 707, 708, 939; 5/205, 250, 281, 284, 297, 298, 301–303, 306, 386, 694, 756
- Апельсиновое масло 2/251; 3/432, 725, 1179; 5/1003, 1004, 1006
- Апигенон 5/200
- Апизон L 1/918
- Апиейл 4/1082–1084
- Апикальное положение 1/359, 119; 2/127, 128; 5/292
- Аплизатоксин 5/1045
- Аплизма 3/896; 4/578; 5/37
- Аплизомин 1/582
- Апоатропин 1/414
- Апоксантоксилетин 1/535
- Аполипопротеины 2/1198
- Апоморфин 1/359, 317; 3/399, 848; 4/393
- Апорфины 2/398, 399
- Апоферменты 1/555; 2/967, 968, 970; 3/471; 4/430; 5/151, 159
- Апохолевая кислота 2/278
- Апоцианиновые красители 3/129, 130
- Аппараты. См. также аппараты отдельных типов
- БГС 1/1188
- ВЭТС 2/391
- для создания высоких давлений 1/1219, 1220
- искусственной погоды 1/402
- концентрационный клд 3/422
- масштабирование 2/1320, 1321
- мембранные 3/43–45
- объемного вскипания 2/761
- производительность 3/340; 4/716
- с повышенной однородностью газожидкостного слоя 4/990
- с псевдооживленным слоем 1/62, 1188; 2/1307; 3/263–266; 4/401, 736, 961–963
- секционированные 4/263, 264, 989
- структура потоков 4/881, 882; 2/1320, 1321
- Аппретирующие средства 2/94; 3/282, 284, 730, 1119, 1228, 1239; 4/738, 1013; 5/143, 669
- Апрессины 1/522, 1119, 1120; 3/1044; 4/774
- Апридин 1/319, 320
- Апротинные соединения
- кислоты 1/953, 1160; 2/642, 664, 666, 697, 770, 774, 784; 4/1157
- растворители 1/752; 2/115, 121, 620; 3/815; 4/244, 359, 372; 5/304, 392, 444, 778, 860
- Апрофен 5/592
- АП-сайты 4/492, 493
- АП-эндонуклеазы 4/492
- Ара-А 3/594–596; 4/218
- Арабианы 3/615, 616, 896; 4/34
- Л-Арабианат 3/615, 616
- Арабиогалактаны 4/34
- Арабиноосвязывающий белок 1/484
- Арабинозы 1/484, 1006, 1138; 2/232; 3/263, 269, 615, 616, 896; 4/578; 5/37, 201, 957
- Арабиноксиланы 4/34
- 1- $\beta$ -D-Арабинофуранозилцитозин 3/599
- Арабиты 3/615, 616
- Арагонит 2/586, 636, 637; 3/164, 276; 4/24
- Аралкильная группа 1/159
- Аралкильные соединения
- амины 5/1013
- галогениды 1/964; 2/379; 3/516; 4/1134
- гидразидгидрохлориды 1/1072
- пероксиды 3/975, 976
- пиридиния соли 2/1113
- Арамидные волокна 1/1013; 2/878; 3/802–804, 1202, 1210; 4/1013, 1082–1084
- Арамирование 1/366
- Арахиды 3/397
- Арахидоновая кислота 1/165, 296, 318, 863–865; 2/307, 1177, 1188; 3/395–397; 4/211, 219, 382; 5/271
- Арахиновая кислота 1/863, 864; 2/15; 3/1186; 4/377, 378, 744; 5/551
- Арахисовое масло 3/730; 4/377–381, 383
- Арбитражный анализ 1/359, 360, 1182
- Арболит 2/229
- Арборициды 1/1025, 1028, 1033
- Арбузова реакция 1/360, 172, 173, 361, 362, 966; 2/94, 95; 3/316, 765, 967; 4/1264; 5/7, 260, 266, 276, 279, 297, 310, 312, 313
- Аргемонии 2/398, 399
- «Аргент» 3/575
- Аргентит 4/630, 636, 637
- Аргентометрия 1/362; 2/450, 496, 1083, 1217, 1218, 1230; 3/64; 4/159, 636, 1189; 5/19, 523, 957
- Аргентиорит 4/637
- Аргиназа 3/810
- Аргинин 1/362, 250, 253, 254, 363, 475, 476, 1013, 1210; 2/634, 635, 743, 1144, 1169; 3/175, 176, 199, 619, 620, 809–812, 881, 926, 931; 4/217, 568, 894, 1229, 1241, 1260, 1262, 1270; 5/16, 17, 954
- Аргинин-богатые гистоны 1/1124
- Аргинин-вазопрессин 1/660
- Аргинин-вазотонин 1/660
- Аргининосукцинат 3/810–812
- Аргининосукцинат-лиаза 2/1169; 3/810
- Аргининосукцинат-синтетаза 3/810; 4/812
- Аргининофосфат 2/1004
- Аргиродит 1/1036
- Аргиропей 1/189
- Аргон 1/363, 399; 2/963; 3/164; 5/937. См. также *Благородные газы*
- жидкий 4/300
- гидраты 1/911
- клатраты 1/569; 2/1043
- определение 1/363, 885
- получение 1/363, 796, 904, 929, 930; 2/393, 580; 5/602
- применение 1/363, 364, 410; 2/148, 326, 452–454, 493, 562, 625, 1034, 1119, 1120, 1124, 1317, 1318; 3/93, 648, 658, 1099; 4/139, 554, 1079, 1244; 5/61, 656, 750, 755
- свойства 1/6–8, 363, 568, 569, 926, 949, 1015; 2/198, 243, 767, 1077; 3/957, 958, 1093; 4/152, 639, 813, 1039, 1173; 5/16, 71, 387
- фторид 2/1124; 5/812
- Ардел 3/1213
- Ареколин 3/1047, 1048
- Арен 1/364
- Аренда метод 5/655

- Ареиневые ионы 1/365; 5/905  
 Ареиновые комплексы переходных металлов 1/364, 365, 823; 2/274, 275, 795, 1288; 3/82, 84, 251, 252, 478, 787, 826; 4/468, 566, 986; 5/538, 633–636, 763  
 Ареиноидные ионы 1/365  
 Ареиноид-катионы 1/365; 2/777  
 Ареиса – Ван Дорпа реакция 5/1000  
 Ареитиолы, см. *Тиофенолы*  
 Ареисы 1/365, 149, 150, 372, 676, 958, 987; 2/275, 638, 647; 3/673, 735, 833; 4/1140. См. также *Ароматические углеводороды*  
 Ареометры 3/1146–1148  
 Арзамиты 1/1046; 2/1319  
 Арал 1/365  
 1-Арилдамантаны 1/34  
 Арилизиды 1/70, 72–74, 515; 5/791  
 Арал-2*H*-азирины 1/77  
 Арилизоксикислоты 3/432  
 β-Арилкарбиловые кислоты 5/57  
 Арилизоксикислоты 1/1027, 1028  
 Арилалканы 4/32  
 Арилалкенилидоиновые соединения 1/959  
 Арилалкены 3/82, 444  
 N-Арил-N'-алкилгидразины 1/87  
 Арилалкиленовая группа 2/325  
 Арилалкильные эфиры 1/118; 2/629  
 N-Арилалкилпиримидины соли 2/1113  
 Арилалкилсульфамиды 1/127  
 Арилалкильные группы 2/325  
 Арилалкилсульфонаты 2/1273  
 Арилалкоксисиланы 1/171  
 Арилаллиловые эфиры 2/786  
 Ариламиды 1/78, 305; 2/419; 3/704, 830, 1015. См. также *Азолы*  
 1-Ариламиноаитрахионы 2/302  
 Ариламиновые красители 2/977  
 3-Ариламино-1,2-дитиолы 2/179  
 α-Ариламинокетоны 1/567  
 6-Ариламино-3-метилаитрапиридоны 4/18  
 Ариламиносulfаматы 4/900  
 Ариламины 1/567; 2/70, 455, 487, 815; 3/541, 674, 953, 1168; 4/73; 5/200, 241, 434, 530  
 3-Арил-6-ариламиноаитрапиридоны 2/78  
 Арилароксисиланы 1/172  
 Ариларионовые кислоты 1/463, 464, 545; 2/17  
 2-Арилбензимидазолы 1/498  
 Арилбензоаты 4/589; 5/372  
 N-Арилборазолы 1/579  
 Арилбораны 1/594–596, 602  
 Арилбордихлориды 1/594  
 Арилборные кислоты 4/976  
 1-Арил-1,3-бутадиены 3/10  
 Арилвиниловые эфиры 1/118  
 Арилалогениды 1/149, 150, 243, 254, 272, 366, 592, 593, 596, 947, 959, 964, 1075; 2/17, 315, 646; 3/61, 179, 516, 801; 4/872, 916, 924, 1139, 1145, 1154, 1166, 1204; 5/58, 59, 197, 1042.  
 См. также индивидуальные представители  
 Арилалогенитион, борофториды 3/765  
 Арилалогенитионфосфаты 1/961  
 2-Арил(гетерил)этиламины 3/1021  
 Арилгидразины 1/74, 491, 506, 507, 1070, 1072, 1074, 1075; 2/73, 338; 4/1198  
 Арилгидразоны 1/506, 507; 2/457; 5/197, 1059, 1060  
 Арилгидридлитий 2/1204  
 Арилгидроксиламины 1/680, 1095; 4/1197, 1198  
 Арилгликозиды 2/733  
 Арилглиоксали 2/938  
 Арилдиазония соли 1/374, 463, 965; 2/17, 279; 3/82, 389, 432, 706, 722, 765, 797; 4/553, 914, 926, 1140, 1269; 5/197, 781, 1059  
 Арилдиалкиламины 1/605  
 N-Арил-1,4-диаминоаитрахионы 2/77  
 4-Арил-3,4-дигидропиримидины 3/1050  
 1-Арил-1,2-дигидрофталазины 5/375  
 Арилдиметиламины 4/99, 100  
 Арил-4,4-диметил-2-оксазолины 3/683  
 Арилдитиофосфорные кислоты, изобутиловые эфиры 4/172  
 Арилдихлорфосфины 1/964  
 Ариледиамины 2/455; 5/530  
 Арилеисилоксановые каучуки 2/1012  
 Арилеисульфоны 4/934  
 Арилеф 3/1213  
 5-Арилдеибарбитуровая кислота 5/213  
 9-Арилдеифлуорены 5/213  
 Арилены 1/305, 506  
 Арилизонаты 1/252; 2/401, 1139; 4/1167, 1168  
 2-Арил-1,3-индаиноны 2/439  
 Арилоиды 2/315; 4/158  
 Арирование 1/365, 366, 1070, 1157, 1158; 2/313, 889; 3/557; 4/279, 1135, 1140, 1157; 5/312, 438, 439  
 N-Арилкарбаматы 1/1026, 1029, 1030  
 N-Арилкарбаминионовые кислоты, нитрофеиловые эфиры 2/406  
 Арилкарбиолы 1/198  
 Арилкарбоксилаты 2/436  
 Арилкарбионовые кислоты 1/1026; 2/21, 581, 632, 633  
 4-Арил-4-кетомасляные кислоты 5/1058  
 Арилкетоны 1/519; 2/421  
 α-Арилкритиновые кислоты 3/966  
 9-Арилксантены 2/88  
 9-Арил-9-ксантогидролы 2/88  
 Ариллитий 2/1203  
 Арилмагнийгалогениды 1/969; 3/112  
 Арилмеркаптанты 4/1135  
 Арилмеркургалогениды 1/150, 385; 4/552  
 Арилметановые красители 1/366, 367, 368, 530; 2/114, 606, 995, 1082, 1128; 3/129, 169, 692, 834; 5/6, 8, 126  
 акридиновые 1/112, 113, 114, 366, 367; 2/979  
 жирорастворимые 1/367; 2/302  
 катионные 2/700  
 кислотные 1/367; 2/775, 776  
 ксантеновые 2/1082, 366, 979, 1083, 1128  
 лейкосоединения 1/367, 368  
 малахитовый, см. *Малахитовый зеленый*  
 основные 1/367; 2/302, 700, 1128; 3/181, 833, 834  
 пигментирования 3/1016  
 пищевые 3/1089  
 трифенилзамещенные 1/238, 366, 367; 2/990, 1156; 3/181, 1089; 4/504  
 Арилметилкетоны 2/647  
 Арилметилловые эфиры 5/1008  
 2-Арил-3-метилоксазолины 3/681  
 Арилмочевины 1/1026; 3/1125  
 2-Арил-1,4-нафтохионы 3/389  
 Арилинитрены 3/507  
 Ариловые эфиры 2/17  
 Арилокс 4/59  
 3-Арилоксазириды 3/677, 678  
 Арилоксазолы 2/1228; 3/679  
 Арилоксалканкарбионовые кислоты 1/1026, 1028  
 Арилоксины 5/360  
 Ариллюмбоионовые кислоты 4/595, 596  
 β-Арилпропионитрилы 5/449  
 Арилсалицилаты 4/588–590  
 Арилсерные кислоты 4/905, 908  
 Арилсиланы 3/989  
 Арилсилатраны 2/1024; 4/672  
 Арилсилкаты 1/170–172  
 Арилстибионовые кислоты 4/945, 946  
 Арилсульфамиды 2/1228  
 Арилсульфатазы 1/368, 1097  
 Арилсульфат-сульфогидролы 1/368  
 Арилсульфаты 3/1233; 4/904, 905  
 Арилсульфеилхлориды 3/733  
 Арилсульфиновые кислоты 1/1068; 4/152  
 Арилсульфиты 4/921, 922  
 Арилсульфонокислоты 1/251; 2/140, 534; 5/59  
 азиды 1/71  
 амиды, см. *Амиды*, *Сульфамиды*  
 галогениды 1/1069  
 гидразиды 1/1068, 1069, 1072; 2/645; 3/907  
 гидроксиламины 1/1094; 3/507  
 изоцианаты 4/932  
 эфиры, см. *Арилсульфонаты*  
 Арилсульфонаты 1/711; 2/311; 3/1169; 4/930; 5/340, 341, 999  
 Арилсульфоилазиды 1/71  
 Арилсульфониламиды, см. *Амиды*, *Сульфамиды*  
 Арилсульфонилгалогениды 1/71, 1069  
 Арилсульфонилгидразиды 1/71, 633, 639, 1068, 1069, 1072, 1076; 2/376, 645; 3/907  
 Арилсульфонилгидроксиламины 1/1094; 3/507  
 Арилсульфонилизоцианаты 4/932  
 Арилсульфионовые кислоты, см. *Арилсульфонокислоты*  
 Арилсульфотрансфераза 1/368, 369; 4/1242  
 Арилтеллуригалогениды 4/1025  
 Арилтиоамиды 3/1028  
 Арилтиокарбаматы 3/606, 607; 4/1131, 1143, 1159  
 Арилтиокарбеи 4/913  
 Арилтиосерные кислоты 4/1150  
 Арилтиосульфаты 4/1149, 1150  
 Арилтиофены 1/1158  
 Арилтиохлориды 3/581  
 Арилтиоцианаты 4/1165–1169  
 Арил-1,3,5-триазины 4/1248  
 Арил-1,2,3-триазолы 1/342  
 Арилтриметилсиланы 1/958  
 Арилтрихлорсиланы 2/1032  
 Арилугольные кислоты 2/639  
 Арилукусные кислоты 1/708; 2/344, 439; 4/278, 279  
 1-Арил-3-фенил-5-пиразолон 1/506, 507  
 Арилфеноксикусные кислоты 1/164  
 Арилфенол-формальдегидные смолы 1/156, 157, 163, 164, 645, 646, 847; 3/568  
 Арилфенолы 4/340  
 N-Арилформамиды 2/1155  
 Арилфосфаты 3/1168; 5/255  
 Арилфосфинистые кислоты 1/253  
 Арилфториды 5/781  
 2-Арилфураны 1/1158  
 4-Арил-3-хлор-2-бутаноны 3/109  
 Арилхлориды 3/181  
 Арилхлорсиланы 2/297  
 Арилхлорсульфаты 4/907  
 Арилхлорсульфаты 2/635  
 2-Арилэтиламины 2/398  
 Арилэтилены 2/1228; 3/965, 966; 5/353  
 Арилэтоксиланы 1/172  
 Ариимид 1/805; 4/1082–1084  
 Ариновый механизм, см. *Нуклеофильные реакции*  
 Арины 1/369, 374, 531; 2/314  
 Аристеромицин 3/595  
 Аристолактамы 2/398, 399  
 Аристотелевы начала 1/189, 190  
 Аркант 2/570  
 Аркела – де Бура метод 3/255  
 Армагит 1/382  
 Армии 5/276  
 Армированные материалы  
 бетои, см. *Полимербетон*  
 вибропокрытия 2/328  
 волокниты 1/807, 369; 3/806, 1119–1121; 4/1, 845, 847, 848, 970  
 ионообменные мембраны 3/54  
 керамические клеи 2/800  
 композиты, см. *Композиционные материалы*  
 наполнители 2/877–880; 3/74, 327–330, 417, 501, 1010, 1200  
 полимерные, см. *Армированные пластики*  
 Армированные пластики 1/369, 370; 2/322; 3/144, 145, 327, 501, 1219, 1249, 1268; 4/70, 604, 723  
 асбестовые, см. *Асбололастики*  
 борные, см. *Борололастики*  
 волокниты 1/807, 369; 3/806, 1119–1121; 4/1, 845, 847, 848, 970  
 гетинаксы 1/1062, 369, 1063; 3/1121; 4/163, 723  
 древесные слоистые 2/230, 224, 225; 1/369, 370; 3/327; 4/723  
 композиты 2/877–880  
 переработка 4/12–16  
 препреги 4/163  
 самоориентированные 3/1120  
 синтетические, см. *Органопластики*  
 сотовые, см. *Сотопласти*  
 стекловолокнистые, см. *Стеклопластики*  
 текстолиты 4/1013, 1014; 1/369; 3/1121  
 углеродные, см. *Угделластики*  
 фенольные, см. *Фенопласты*  
 Армо-железо 2/271, 273  
 Армстронга–Вина кислота 3/385, 386  
 Армстронга–Ниецкого теория 5/651  
 Ардта–Айстерта реакция 1/370, 371, 810, 943, 1162; 2/71, 648; 3/498; 4/610  
 Ариель 1/425–427  
 Ариет 3/1220–1222  
 Ариленбензимидазолы 4/76  
 Ариленимидазолы 2/149, 150  
 Ароилкусные кислоты, эфиры 5/200  
 Ароксигруппа 3/573  
 Ароксидиалкилово 3/761  
 Ароксисиланы 3/804  
 Ароксисиланы 1/170–172; 2/1019, 1020, 1022; 4/1111  
 Ароксильные радикалы 1/371; 4/301; 5/142  
 гальванический 1/977, 978; 4/302  
 Ароматаза 5/971  
 Ароматизация  
 моющих средств 1/683  
 нефтяного сырья 1/372, 140; 2/679, 682, 684, 685; 3/441, 466; 4/1124  
 пищевых продуктов 1/680, 681; 2/539, 1275; 3/1089, 1090. См. также *Отдушки*  
 Ароматические соединения 1/372, 365, 366, 373–379, 442, 604, 654–656, 942, 948, 954, 1056–1058, 1060, 1218; 2/5, 10, 12, 170, 171, 314, 534, 632, 633, 697, 747, 886, 1147, 1219, 1232; 3/528–531, 534–539, 542, 603, 604, 623, 660, 661, 784, 1022; 4/420, 1017, 1018; 5/66, 545, 943, 976  
 азотсодержащие, см. *Азосоединения*, *Амины*, *Диазосоединения*, *Нитрозосоединения*, *Нитросоединения*  
 альдоксимины и кетоксимины, см. *Оксимы*  
 ацилзамещенные, см. *Амиды карбоновых кислот*, *Имиды карбоновых кислот*

- бензидные 1/372, 1062  
 винилоли 1/718  
 гидразины, см. *Гидразина замещенные органические*  
 дикислородные, см. *Пероксидные соединения органические*  
 жирного ряда, см. *Жириароматические соединения*  
 карбонилсодержащие, см. *Альдегиды, Кетоны, Хиноны*  
 кислоты, см. *Карбоновые кислоты, Оксикислоты, Сульфокислоты*  
 красители 2/972, 973, 976, 978–982  
 мезиусовские 1/379  
 небензидные 3/390  
 оксипроизводные, см. *Оксальдегиды и оксикетоны, Фенол, Фенолы*  
 оновые 1/957–959; 3/765  
 полимерные 1/387; 3/1202, 1205, 1209, 1210, 1245, 1247, 1248, 1259; 4/93–95  
 системы днатропные 1/378  
 – паратропные 1/378  
 – связей, см. *Ароматичность*  
 смолы 2/1113; 4/738  
 углеводороды, см. *Ароматические углеводороды*  
 хьюкелевские 1/376, 378, 379  
 эфиры, см. *Ацетали и кетали, Ксантогенаты, Эфиры простые, Эфиры сложные*
- Ароматические углеводороды.** См. также *Арены, Ароматичность*  
 ион-радикалы 4/300  
 определение 3/795; 4/425  
 полициклические 1/983, 1090, 1106; 2/291, 292, 1219; 3/1058; 5/444  
 получение 1/902, 1069, 1089, 1090, 1113; 2/121, 678, 684, 845, 1005; 3/346, 432, 443, 449; 4/1058–1060; 5/15, 681, 833  
 применение 2/1227, 1228; 3/466.  
 См. также *индивидуальные соединения*  
 свойства 1/307, 365, 943, 947, 969, 983, 1082, 1090, 1133, 1160, 1161; 2/1, 25, 75, 76, 633, 685, 686, 693, 1175, 1223; 3/119, 371–373, 406, 458–465, 516, 726, 1021, 1058, 1059, 1061–1066; 4/416, 417, 515, 526, 553, 916, 917, 923, 1168, 1201; 5/8, 36, 224, 367–369, 417, 418, 646–648, 696, 811, 903. См. также *Ароматические соединения*
- Ароматичность** 1/375, 372, 373, 376–379; 3/84, 371, 390, 964; 4/767; 5/108, 643
- Ароникс** 3/746
- Аронцит** 4/225, 226
- Арохинолины** 4/719
- Арреинуса уравнение** 1/379, 61, 126, 380, 1051; 2/683, 754, 755, 777, 903, 1034; 3/257, 954; 4/310, 415, 418, 421, 871, 1029, 1058; 5/28, 153, 952
- «Арс»** 3/575. См. также *Мышьяк*
- Арсаметиланионы** 3/317
- Арсеназо** 1/380, 381, 537, 986; 2/451; 3/310; 4/394–397, 436
- Арсенат-анионы** 3/317
- Арсенатофосфаты** 5/253
- Арсенаты** 1/381, 382–384; 2/474, 475; 3/166, 305, 312, 577
- Арсениды** 1/383, 384, 385; 2/452, 453, 670, 734, 735; 3/76, 165, 166, 304, 305, 873; 4/102, 107, 109–112, 114, 115, 117, 118, 346, 981
- Арсенин** 3/317
- Арсениметрия** 1/615
- Арсениты** 1/381, 463; 2/474; 3/166, 969
- Арсениолит** 5/243
- Арсениолит** 3/311
- Арсенипирит** 1/384, 1104, 1175; 3/304, 311, 631
- Арсенофосфиды** 1/384
- Арсенохалькогениды** 1/384
- Арсин(ы)** 1/384; 3/305, 306, 308–310, 757; 4/223, 390, 533; 5/710. См. также *Мышьяк гюррид*  
 галогениды 1/385. См. также *Адамсит, Луозит, Мышьякорганические соединения*  
 имины 3/315  
 кислоты 3/315  
 оксиды 1/385  
 третичные 3/310, 315. См. также *Триорганоарсины*  
 «Арсин» 3/575. См. также *Мышьяк*
- Арсений**  
 катионы 1/385  
 соли 3/315, 1164; 4/867; 5/825, 828
- Арсеновые кислоты** 1/385  
 [(2-Арсенофенил)азо]гидроксинафталинсульфокислоты 1/380, 381; 4/1220, 1221
- Артеренол** 3/578
- Архимеда**  
 закон 1/700; 3/1146, 1147  
 метод анализа 2/709  
 спираль 3/1144  
 число 3/1184
- Арчиальда метод** 3/218
- Асахи** 3/1139
- Асбест(ы)** 1/385, 262, 561, 563, 616, 754, 788, 1182; 2/208, 803, 806, 1010, 1234, 1245, 1319; 3/324, 327, 328, 406, 854, 867, 1126, 1193; 4/538, 677, 809, 1039; 5/143, 144, 554  
 амфиболовые 1/385, 386  
 антофиллитовые 1/386; 2/776  
 «вращения» 1/386  
 как канцероген 2/605, 606  
 материалы, см. *Асбестовые материалы*  
 хризотилитовые 1/19; 2/112
- Асбестовые материалы**  
 аскарит 1/1182; 2/960; 4/158  
 бумага 1/386, 387, 1062, 1063  
 войлок 1/2  
 волокна 1/801, 802, 807; 2/328, 960; 3/417; 4/165, 221, 291, 1082  
 волокнисты 1/386, 387, 807  
 гетинакс 1/386, 387, 1062, 1063  
 пластинки 1/386, 387, 802, 807; 3/35, 327, 806, 1119; 4/723  
 платинированные 2/497, 750  
 плитки смоляные 2/1101; 3/467  
 – цементные 2/1101; 3/127  
 текстолиты 1/386, 387; 4/1013, 1014; 5/144  
 теплозащитные 4/1041, 1042
- Асболан** 2/819
- Асидол** 1/387; 3/446; 4/726  
 мылонафт 1/388; 3/378
- Асимметрические атомы** 1/388, 389–392, 619; 2/313, 366, 367, 599, 863, 899, 905, 906; 3/27, 265, 569, 570, 602, 773, 930; 4/390, 848; 5/198, 546, 1015
- Асимметрические превращения** 1/393; 4/392
- Асимметрический синтез** 1/388, 390, 391, 393; 2/53, 538; 3/25, 84; 4/389, 416, 856, 858; 5/952  
 катализ 1/389, 392
- Асимметрия** 5/71, 72  
 параметры 3/68; 5/1023  
 потенциал 3/135  
 разделительных мембран 3/55, 56
- Аскагель** 3/838
- Асканит** 3/838
- Аскариндол** 1/393; 3/975
- Аскарит** 1/1182; 2/960; 4/158
- Аскол** 2/1101
- Аскорбат, метаболизм** 3/613, 615, 616
- Аскорбиневые** 1/745
- Аскорбиновая кислота** 1/302, 557, 559, 615, 684, 751, 752, 1155, 1173; 2/205, 305, 336, 499, 606, 757, 944, 1179, 1230, 1233; 3/225, 271, 272, 613, 627, 666, 712, 1088; 4/92, 253, 396, 397, 695, 769, 817; 5/39, 636, 685. См. также *Витамин С*
- Аскорбинометрия** 4/396
- Аскофит** 2/173
- Аспарагин** 1/393, 249, 254, 264, 394, 477, 558, 1097, 1139; 2/1163, 1228, 1278; 3/175, 619, 620; 4/215, 236, 526, 536, 1169, 1261; 5/161, 218, 273, 517, 518, 606
- Аспарагиназы** 1/394, 1097, 1098; 3/926, 927; 4/236
- Аспарагинглицин** 1/477
- Аспарагинин-амидогидролазы** 1/394
- Аспарагиновая кислота** 1/394, 138, 139, 249, 393, 435, 1130, 1144, 1151; 2/76, 395, 408, 464, 577, 695, 875, 1176, 1178, 1273; 3/175, 176, 199, 613, 811, 812, 922, 923, 931, 937; 4/832, 1261, 1270
- Аспаркам** 1/1130
- Аспартаза** 2/464
- Аспартам** 1/394, 395; 2/539; 3/934, 1090; 5/121
- Аспартаг** 3/613, 619, 620; 4/1260–1262
- Аспартаминаотрансфераза** 1/395, 396, 472, 742; 2/396, 969; 3/937; 4/1242
- Аспартаг-аммиак-лиаза** 2/1169
- Аспартаг-карбамоилтрансфераза** 1/396
- Аспартилгидроксаматы** 1/477, 478
- Аспартилполуальдегид** 3/619, 620
- L-α-Аспартил-L-фенилаланин, метиловый эфир** 1/394
- Аспартилфосфат** 4/1261
- Аспергиловая кислота** 1/397, 398; 3/1033
- Аспидоспермант** 2/457
- Аспирин** 1/297, 434; 4/212, 568; 5/111, 133, 143
- Аспитокс** 3/563
- Ассимиляция** 1/553, 1149, 1151; 2/633; 3/503, 504, 697, 810–812. См. также *Анаболизм, Биосинтез, Фотосинтез*
- Ассоциация**  
 в растворах 2/299–301; 4/366–369, 372, 376, 405–407; 5/859, 860  
 и катализ 2/662, 663  
 ион-молекулярная 2/505; 5/72, 546  
 ионная 2/516, 522; 4/244; 5/863
- ПАВ, см. Мыцеллообразование**  
 при изотопном обмене 2/387, 388
- Астаксантин** 2/656, 657, 972
- Астат** 1/397, 398, 969, 970; 3/413, 606, 958, 959; 4/102, 106, 323–325, 336, 813; 5/935
- Астерол** 4/229, 230
- Астиция** 2/972
- Астмоленг** 3/817
- Астралиты** 4/731
- Астраханит** 1/956; 2/1234, 1251; 3/361
- Асулам** 1/1030
- Асфальт** 1/398, 563, 564, 871, 872; 2/112, 703; 3/452, 1245; 4/668
- Асфальтены** 1/398, 399, 563–565, 727, 1086, 1087; 2/1251, 1276; 3/457, 459, 465, 467, 608
- Асфальтиты** 1/562, 673
- Асфальтобетоны** 1/564; 3/445; 5/172
- Асфальтогеновые кислоты** 1/564
- Асфальтолы** 1/1086
- Асфальтополимербетон** 1/564
- Атактические полимеры** 1/287, 858; 2/674, 809; 3/1219, 1263; 4/21, 28, 30, 306, 849, 851; 5/713
- Атарактики** 4/1224
- A-Телл** 4/90, 91
- Атенол** 1/49, 50
- Атермические растворы** 4/368, 369
- Атероид** 1/1118
- Атертона реакция** 4/1192
- Ативан** 4/1225
- Атизин** 2/171, 172
- «Атипичные» антидепрессанты** 1/325, 326
- Ат-комплексы** 1/210
- Атмосфера** 1/399, 400; 5/42, 43, 46, 342, 684  
 и биосфера 1/553  
 и гидросфера 1/1109  
 и космосфиния 2/961–963  
 и разрушение металлов, см. *Атмосферная коррозия*  
 – полимеров, см. *Атмосферостойкость*  
 ионизация 2/532  
 ион-молекулярные комплексы 2/505  
 ионная раствора 2/7, 8  
 ионно-молекулярные реакции 2/509  
 кларки элементов 2/789  
 контролируемая, см. *Защитный газ*  
 озоновый слой 4/196  
 экология 3/849; 4/320. См. также *Воздух, Охрана природы*
- Атмосферная коррозия** 1/400, 401, 402, 973, 974; 2/271, 321, 322, 436, 767, 951, 952, 956, 1332, 1333; 4/173
- Атмосферные устайовки**  
 вакуумные 2/166–169, 592, 593; 3/609  
 дистилляции (перегонки) нефти 2/166–169; 3/609; 4/460, 461  
 ректификации каменноугольной смолы 2/592–594
- Атмосферостойкость**  
 и светостойкость 4/590  
 лаков 4/52  
 лакокрасочных покрытий 2/1129, 1132, 1133, 1296, 1297; 3/1010  
 органосиликатных материалов 3/806  
 пленкообразователей 3/1140  
 полимеров 1/402; 3/992; 4/590  
 синтетических полимеров 2/706, 708
- Атмосферные химические элементы** 1/1015
- Атмохимический поиск полезных ископаемых** 1/1016
- Атом(ы)** 1/402; 5/508  
 а.е.м., см. *Атомная единица массы*  
 асимметрические 1/388, 389–392, 619; 2/313, 366, 367, 599, 863, 899, 905, 906; 3/27, 265, 569, 570, 602, 773, 930; 4/390, 848  
 в кристаллах 2/1068–1070. См. также *Кристаллическая структура*  
 валентность, см. *Валентность*  
 вес 1/407  
 внутренние круговые токи 2/76  
 водородоподобные 1/787; 4/796; 5/931  
 горячие 1/1178, 1179; 2/217, 385, 528, 532; 3/148; 5/1016  
 диастереотопные 5/538  
 заряд электростатический 4/848  
 – эффективный 1/665; 4/848; 5/875, 897, 1012  
 и мезоны, см. *Мезонная химия*  
 идентификация 2/345, 346  
 изоморфизм 2/370, 371  
 индукторные, см. *Индуктивный эффект*  
 ионизация 2/499–503; 4/106, 107.  
 См. также *Ионно-молекулярные реакции*  
 как звенья цепи, см. *Макромолекулы*  
 как интермедиаты 2/478  
 как фермионы 4/826  
 квантовые состояния 1/403–406; 2/328–330, 725–730. См. также *Возбужденные состояния, Вырожденные энергетических уровней*

- магнетизм 2/1237–1245  
 масса, см. *Атомная масса*  
 метки, см. *Метки*  
 модель Бора 3/959, 960  
 – Резерфорда 3/955  
 «новые» 1/787; 3/31, 32  
 номер, см. *Атомный номер*  
 иониды 3/604, 605, 606; 1/403. См. также *Изотопы*  
 орбитали, см. *Атомные орбитали*  
 плотная упаковка 2/1063, 1069; 3/1144, 1145  
 поляризуемость 1/407; 2/206, 207; 4/124–126  
 потенциалы ионизации 4/151–153.  
 См. также *Атом-атомные потенциалы*  
 примесные, см. *Дефекты в кристаллах*, *Полупроводники*  
 принцип запрета, см. *Паули принцип*  
 радиусы, см. *Атомные радиусы*  
 рассеянные в биосфере 1/554  
 рефракции 4/515; 5/545  
 свободные, время жизни 4/164, 165  
 «сложные», см. *Молекулы*  
 спектры, см. *Атомные спектры*  
 сходство к электрону 4/814  
 строение и свойства веществ 1/402, 403, 406, 407; 3/413, 960–962. См. также *Дифракционные методы*  
 узловые 2/1035, 1036  
 факторы, см. *Атомные факторы*  
 число(а) квантовые, см. *Квантовые числа*  
 – координационное 1/665  
 – массовое 1/403  
 электроотрицательность 4/153; 5/896, 897  
 энергия прототирования 1/666  
 ядро, см. *Ядра атомные*  
 Атом-атомные потенциалы, метод 3/20, 219, 220, 390, 391; 4/120, 412  
 Атомизм 1/190  
 Атомная единица массы 1/407, 408; 3/215, 401, 605; 4/243  
 Атомная масса 1/407, 408; 3/31, 413, 605; 5/106, 508, 935  
 Атомная энергия, см. *Ядерная энергия*  
 Атомные методы анализа  
 абсорбционный 1/408, 409, 410; 2/291, 562, 712, 916, 1010, 1235; 3/8, 475, 797, 98, 1134; 4/395, 436, 550, 557, 640, 775, 779, 945, 1209; 5/554, 610, 750, 762  
 пламенная фотометрия 5/335  
 спектрометрия 1/408–411; 5/656  
 спектроскопия 3/161, 797, 798; 4/557  
 флуоресцентный 1/410, 411; 2/292; 4/775, 776, 1209  
 эмиссионный 2/291, 712, 916, 1010, 1235; 3/161, 1133, 1134; 4/550, 775–782, 944; 5/77, 128, 335  
 Атомные орбитали 1/405; 2/1064; 3/778–782  
 валентных электронов 3/73  
 вариационный метод 1/681, 682  
 гибридизация 1/1065, 666, 1066, 1067; 2/724, 832, 1064; 3/235, 783, 787; 4/102, 106, 418; 5/461, 875  
 и молекулярные орбитали 3/234, 235  
 интегральные выражения, см. *Молекулярные интегралы*  
 как базисные волновые функции 3/234, 235  
 ЛКАО-приближение 2/1210, 794, 1211; 3/235, 468, 780, 781, 783, 787; 4/119, 120  
 модели 3/227  
 перекрытие и перидиклические реакции 3/964  
 связевые 2/1211  
 Атомные радиусы 1/411, 403; 2/1063, 1064; 3/208, 227, 228, 413, 1145; 4/374, 375, 432  
 Атомные реакторы 1/778, 785, 786  
 Атомные спектры 1/412, 405, 408, 409, 413, 414; 2/1121; 4/587, 776, 789; 5/640  
 Атомные факторы  
 рассеяния излучений 2/188, 189  
 температурный 2/189, 190  
 «Атомные часы» 5/656  
 Атомный вес 1/407; 5/508  
 Атомный номер 1/403; 2/220; 3/82, 83, 413, 735; 4/152, 243; 5/735  
 Атофан 1/195  
 Атразин 1/193, 1033; 4/196, 1250; 5/979  
 Атраксия 5/1038  
 Атромид 2/812  
 Атромидин С 2/812  
 Атропин 1/414, 143, 144, 328, 415; 2/104; 3/1080; 4/972; 5/17, 18, 242, 1038, 1056  
 Атропиомерия 2/907  
 Атталульгит 3/992  
 Аттестация стандартных образцов 1/918, 1182  
 Атрактанты 1/415, 416; 2/378; 3/994; 4/539  
 Аттриторы 2/982; 4/139  
 АТФ, см. *Аденозинтрифосфат*  
 АТФ-синтаза 1/41, 43; 3/668–670  
 Ауарин 1/368  
 Ауверса–Скиты правило 1/416  
 Аугментин 2/1136  
 Ауксин(ы) 1/15, 416, 1028; 3/619, 620, 626; 4/428, 429; 5/195  
 Ауксоромы 5/651  
 Аулии 2/213  
 «Аур» 3/575  
 Аурамин 1/366; 2/606, 979; 3/181; 5/649  
 Ауранофин 4/220  
 Аураитин 1/135  
 Аура-анионы 2/335  
 Аурасты 2/335  
 Ауреомицин 4/1109, 1110  
 Аурипигмент 1/1175; 3/304, 312–314  
 Аурификация 1/189  
 Аурой 2/973; 5/201, 202  
 Ауросмид 3/1132  
 Ауросмирд 2/535  
 Ауроситоблочная кислота 4/220  
 Аустейт 2/255, 256, 259–262, 265, 271, 321, 946, 1154  
 Аутогезия 1/35; 4/136  
 Аутосплайсинг 4/811  
 Аутоминалин 5/119  
 Афласы 5/397  
 Афлатоксины 2/605, 606; 3/152–154  
 Афлон 5/389  
 Афос 5/421  
 Афродиназол 5/161  
 Афромонтоид 4/577, 578  
 Аффинаж 3/413, 872, 1133; 4/533, 534, 565, 640; 5/77  
 Аффинанты 2/295  
 Аффинная хроматография 1/416, 32, 42, 417, 418, 475; 2/295, 463, 1163, 1164; 3/599; 4/1011; 5/160, 621  
 Ахиральность 2/1172; 3/772; 4/1211–1213; 5/538  
 Ацедиантрон 4/72, 75, 76  
 Ацеклиндин 2/371; 5/537, 593  
 Ацел 1/425–427  
 Ацелая 4/49, 50  
 Ацемидофея 4/225  
 Аценафтен 1/418, 419, 420; 2/591, 593, 846; 3/371, 374, 376, 377, 463  
 1,2-Аценафтендион 1/419. См. также *Аценафтенхинон*  
 Аценафтеон 1/419  
 Аценафтеисульфокислоты 1/420  
 Аценафтенхинон 1/419, 418; 2/1094; 4/536  
 Аценафтилен 1/419, 372, 418, 420  
 Аценафтилимидазолы 1/419  
 Аценафтилпиразины 1/419  
 Ацесал 1/434  
 Ацесоль 2/1078  
 Ацесульфам К 3/1090  
 Ацетали  
 амидов карбоновых кислот 1/420, 421, 422, 442; 3/721  
 и кетали 1/422, 197, 423, 424, 487, 488, 648, 710, 717, 825, 981, 997, 1077, 1078, 1096, 1113, 1134; 2/27, 32, 82, 134, 140, 211, 251, 325, 326, 697, 746, 913, 1298; 3/268, 269, 285, 816, 817, 916, 1021, 1049, 1050, 1222, 1223, 1243; 4/34, 62, 93, 201, 738, 800, 802, 1148; 5/197, 222, 556, 991, 995, 1010  
 Ацеталирование 3/1230, 1232  
 Ацетальдегид 1/423. См. также *Уксусный альдегид*  
 получение 1/199, 210, 424, 952, 971, 1077; 2/134, 665, 1107; 3/54, 79, 84, 101, 120, 253, 346, 450, 660, 732, 739, 741; 4/738, 803, 804; 5/973, 984, 988, 990, 995–997  
 свойства 1/119, 138, 193, 194, 196, 198, 317, 429, 505, 608, 644, 649, 650, 713, 717, 718, 721, 724, 1063, 1142, 1163; 2/28, 640, 813, 858, 908, 936, 1080; 3/118, 122, 252, 617–620, 689, 736, 785, 875, 916, 1019, 1021, 1032, 1227; 4/203, 549, 804, 918, 924, 992, 999, 1111, 1223, 1247, 1248, 1260; 5/56, 57, 134, 557, 773, 979, 982, 1058  
 Ацетальдегиддиамирипрофосфат 3/617, 618  
 Ацетальдегидаммиак 1/193, 194  
 Ацетальдегидный эквивалент, см. *Липоевая кислота*  
 Ацетальдегидоксим 3/701  
 Ацетальдегидимин 1/200  
 Ацетальдоль 1/424, 644, 649  
 Ацетальная смола 4/63, 64  
 Ацетамин 1/424, 229, 231, 425, 435, 438, 783; 2/552; 3/280, 511, 530; 4/718, 899, 1037, 1126, 1155  
 Ацетамидин 3/1029  
 2-Ацетамидо(ацетиламино)-2-дезоксид-галактопираноза 1/263  
*п*-Ацетамидобензальдегид, тиосемикарбазол 4/623, 1149  
 5-Ацетамидо-3-*N*-(2-гидроксиэтил)-карбамоил-2,4,6-триоидбензойная кислота 4/478  
 2-Ацетамидо-2-дезоксигексозы 1/264  
 2-Ацетамидо-2-дезоксид-β-D-глюкопирано-β-D-глюкопиранурионгликан 4/35  
 2-Ацетамидо-2-дезоксид-3-*O*-(*D*-1'-карбокситил)-D-глюкопираноз 1/264  
 Ацетамидомалоиновый эфир 1/1124; 4/642; 5/1  
 2-[3-Ацетамидо-5-(*N*-метилацетамидо)-2,4,6-триоидбензамидо]-2-дезоксид-D-глюкоза 4/478  
 3-Ацетамидометил-5-ацетамидо-2,4,6-триоидбензойная кислота 4/478  
 5-Ацетамидо-3-(*N*-метилацетамидо)-2,4,6-триоидбензойная кислота 4/478  
 5-Ацетамидо-3-(*N*-метилкарбамоил)-2,4,6-триоидбензойная кислота 4/477, 478  
 [2-(3-Ацетамидо-2,4,6-триоидфенокси)-этоксиметил]масляная кислота 4/478, 479  
 3-Ацетамидо-4-гидроксифениларсоновая кислота 3/310  
 Ацетаминомалоиновый эфир 1/394  
 4-(Ацетамидо)фениларсоновая кислота 3/309  
 Ацетайгидрид 3/33; 4/1225: 5/1000  
 См. также *Уксусный ангидрид*  
 Ацетанилид 1/425, 305; 5/126  
 Ацетат, метаболизм 3/613, 617, 618; 625; 4/1260  
 Ацетатные материалы  
 волокна 1/425, 426, 427, 802–805; 3/192, 1236; 5/157, 234, 665. См. также *Ацетат*  
 – крашение 2/149–152, 992. См. также *Ацетат*  
 – иабика 3/997, 998  
 – отбеливание 3/836  
 – формование 2/993  
 пленки 3/1135, 1137, 1139  
 Ацетаты 1/427; 2/129; 3/506; 5/56. См. также *Ацетат*  
 130, 131  
 амилловые 2/800; 3/567, 917; 4/495  
 аммония 1/425  
 бутилловые 1/642, 427, 643, 650, 936; 1202; 3/1059; 4/286  
 вниловый, см. *Винилацетат*  
 диаминов 2/83  
 диносеб и динотерб 1/1027  
 и реактив Фишера 5/196  
 изоамилловый 2/359, 237; 1/234; 4/396  
 как красители 3/833  
 как растворители 4/359  
 материалы, см. *Ацетатные материалы*  
 металлов 3/1258  
 – меди 2/1329  
 метилловый, см. *Метилацетат*  
 олигосахаридов 3/749  
 целлюлозы, см. *Целлюлозы ацетатные*  
 этиловый, см. *Этилацетат*  
 Ацетил 3/569  
 пероксид 1/427, 428; 3/975  
 3-Ацетил-7-азанидол 1/64  
 Ацетиламиногруппа 3/569  
*N*-Ацетил-2-аминодифениламин 1/247  
*N*-Ацетиламиноафтол 1/257  
*N*-Ацетиламиносахара 1/1140  
 2-Ацетиламинофурен 2/605  
 2-Ацетиламино-1-хлоратрахинон 1/245  
*N*-Ацетиламин 1/1164  
*п*-Ацетиланизол 3/134  
*N*-Ацетиланилид 1/425  
 Ацетилацетон 1/428, 264, 362, 392, 484, 485, 596; 2/369, 745, 785; 3/556, 688, 797; 4/203, 500, 565, 991; 5/610  
 Ацетилацетонаты 1/428; 2/110, 924; 3/71, 92, 475, 807; 4/669; 5/340, 440, 441, 966, 967  
 Ацетилацетонимин 2/110  
*N*-Ацетилбензиламин 1/494  
 Ацетилбензоилметан 1/505  
 Ацетилбензоилпероксид 5/459  
 8-Ацетил-1,2-бензопирен 1/519  
 Ацетилбромид 1/425, 942  
 4-Ацетил-6-*трет*-бутил-1,1-диметиланид 3/292, 293  
*N*-Ацетилгалактозамин 1/1138, 1163, 1228; 3/286; 4/190, 215, 1169; 5/218, 605  
 6-Ацетил-1,1,2,3,3,5-гексаметилаид 3/292, 293  
 Ацетилгидразид 2/117  
 Ацетилгидроксамовая кислота 2/741  
 Ацетилглицозилактогениды 5/450, 451  
 1-Ацетилгликозил-2-оксо-4-алкоксипримидины 5/450  
*N*-Ацетилглютаминная кислота 3/810  
*N*-Ацетилглюкозамин 1/1137–1139; 2/1163, 1177, 1178, 1211, 1228; 3/197, 286, 748, 927, 928; 4/190, 215, 1169; 5/213, 546, 547, 605  
*N*-Ацетил-D-глюкозаминтрансфераза 3/198

- N-Ацетил-D-глюкозаминфосфаты** 3/615, 616  
**N-Ацетил-1,4-диалкиламиноаитрахиноны** 2/78  
**Ацетилабензоилметан** 1/505  
**N-Ацетилдигидрохлорид** 2/862  
**Ацетилдигидролипоевая кислота** 2/1193  
**N-Ацетилдифениламин** 2/181  
**Ацетилден** 1/428  
 определение 1/916; 3/9, 795  
 получение 1/430, 431, 930; 2/85, 348, 585, 625, 1005, 1234, 1272; 3/2, 101, 119, 449, 450, 465, 786, 833, 1065, 1066, 1100; 4/697, 1060; 5/264, 973  
 производные, см. *Ацетилениды*, *Ацетиленовые соединения*, *индивидуальные представители*  
**свойства** 1/4, 6–8, 103, 116, 143, 170, 198, 210, 408, 424, 429, 430, 432, 520, 640, 644, 651, 711–714, 721, 723, 834, 990, 1066, 1108, 1116, 1134, 1161, 1163, 1164, 1203; 2/11, 15, 85, 93, 94, 100, 116, 120, 140, 174, 176, 440, 532, 533, 550, 616, 618, 638, 651, 768, 777, 889, 921, 983, 1107, 1108, 1215, 1327, 1328; 3/79, 91, 105, 110, 122, 281, 289, 407, 432, 516, 579, 666, 672, 680, 1001, 1032, 1045, 1079, 1216, 1243, 1250; 4/195, 205, 206, 500, 501, 534, 549, 556, 641, 738, 923, 1025, 1026, 1102, 1106, 1111, 1115, 1134, 1158; 5/15, 16, 56, 96, 122, 213, 222, 570, 713, 725, 729, 733, 747, 973, 977, 983, 995, 999  
**Ацетилениды** 2/85, 246, 313, 430, 433, 466, 575, 791, 1253; 3/1131; 5/96, 999  
**Ацетиленирование** 5/999, 1000  
**Ацетиленовая горелка** 1/408  
**Ацетиленовые соединения** 1/375, 433, 434, 596, 601, 602, 708, 942, 1040, 1077, 1082; 2/10, 113, 246, 626, 640, 746, 831, 858, 1107, 1108, 1279; 3/9, 78, 82, 84, 104, 251, 406, 407, 531, 554, 791, 831, 875, 876; 4/343, 499, 909, 914, 916, 937, 1025, 1026, 1134, 1137, 1253. См. также *Алкены* *алкилированные* 1/430; 2/887, 888 *аллилен*, см. *Метилацетилен*  
**1-бутен-3-ин**, см. *Винилацетилен*  
**1,3-бунтиндин**, см. *Диацилетилены*  
**бутины** 1/430, 431; 3/1225  
**дикарбоновая кислота** 1/432, 29, 602, 651; 2/28, 65, 107, 108; 4/205, 206; 5/706  
**ениновые** 2/245, 246  
**комплексы переходных металлов** 1/432, 430, 433, 434; 2/338, 1054, 1147, 1203; 3/82, 251, 826, 876, 1131; 4/641; 5/634  
**полимер**, см. *Полиацетилен*  
**спирты** 2/116, 246, 1110; 3/33, 1165, 1166; 4/195, 436, 561, 562, 804; 5/96, 999, 1000  
**углеводороды** 1/70, 430, 431; 2/121; 3/108, 324, 665, 739; 5/10, 96, 97, 117, 241, 365, 443, 693, 721, 779, 903, 1000. См. также *Ацетилен*  
**Ацетилено-кислородная сварка** 1/429, 430  
**N-Ацетилмидазола** 2/411  
**Ацетилодид** 1/942  
**N-Ацетилодихлорид** 2/862  
**N-Ацетил-5-иод-2-пирридон** 3/710  
**Ацетилирование** 1/442, 1096, 1125; 2/115, 456, 741, 1202; 3/118, 201, 268, 561, 797; 4/99, 100, 1124, 1125, 1156, 1170; 5/57, 665, 666, 721  
**N-Ацетилкапролактан** 3/1251  
**Ацетил-КоА-карбоксилаза** 1/556  
**N-Ацетилкохинол** 2/862  
**Ацетилкофермент А** 1/194, 434, 555, 556, 610, 611, 1142, 1143, 1156; 2/633, 969, 1159, 1193; 3/199, 470, 617, 618, 621, 623, 625, 668, 876, 1083; 4/865, 1091, 1119, 1259–1262; 5/243, 410  
**Ацетилкозизим А**, см. *Ацетилкофермент А*  
**N-Ацетиллактозамин** 1/1138, 1139  
**Ацетиллимоиновая кислота, эфиры** 2/1180  
**N-Ацетил-D-маиозамины** 2/1211; 3/615, 616  
**N-Ацетилмезидин** 3/25  
**Ацетилметилкарбинол** 1/444  
**Ацетилмочевина** 3/280, 1125; 5/84  
**N-Ацетилмурамил-L-аланил-D-изоглютамин** 2/427  
**N-Ацетилмурамин** 3/280, 1125; 5/84  
**N-Ацетилмураминавая кислота** 2/1177, 1178  
**N-Ацетилмурамовая кислота** 1/264; 3/98  
**Ацетилафталины** 3/117, 118, 372, 373  
**N-Ацетилнейраминавая кислота** 1/979, 980, 1138, 1139; 2/1163; 3/748  
**Ацетилнитрат** 3/528, 1078; 5/141  
**N-Ацетилнокаинамид** 3/567  
**Ацетилосисиланы** 2/1022  
**2-Ацетилпентаиновая кислота, этиловый эфир** 3/582  
**Ацетилпероксиды** 2/810  
**Ацетилпероксиинитрат** 3/979  
**N-Ацетилпиперидин** 3/1029  
**3-Ацетилпиридин** 1/721  
**2-Ацетилпиррол** 3/1078  
**β-Ацетилпропионовая кислота** 1/195, 196; 2/1153  
**Ацетилпурин** 4/273  
**Ацетилсалициловая кислота** 1/434, 297; 3/711; 4/219, 568, 569, 1194; 5/57  
**Ацетилсахара** 2/1190  
**Ацетил-СоА-синтетаза** 1/434  
**Ацетилсульфат** 4/904  
**Ацетилсульфид** 4/1155  
**O-Ацетилсульфохлориды** 3/386  
**7-Ацетил-1,1,4,4-тетраметил-6-этил-1,2,3,4-тетрагидронафталин** 3/292, 293  
**S-Ацетилтиохохлибромид** 4/1163  
**Ацетилтрансфераза** 5/243  
**Ацетилфлуорантены** 5/212  
**Ацетилфосфат** 5/243  
**Ацетилфосфорная кислота** 4/1242  
**Ацетилфталилцеллюлоза** 5/667  
**Ацетилфторид** 1/942; 2/105; 5/903  
**Ацетилхлорид** 1/434, 195, 252, 425, 428, 435, 441, 600, 942; 2/105, 115, 544, 888, 1272; 3/25, 33, 125, 351; 4/568, 1127, 1155, 1156; 5/6, 12, 57, 223, 666  
**Ацетилхолин** 1/435, 280, 328, 345, 346, 434, 752; 2/141, 475, 1105, 1106, 1199; 3/626, 765, 845, 878; 4/516, 1119, 1164, 1259; 5/590–593, 1038, 1039, 1042, 1044, 1049, 1055  
**Ацетилхолин-ацетилгидролаза** 1/435, 436  
**Ацетилхолинхлорид** 1/435  
**Ацетилхолинэстераза** 1/435, 147, 436, 1097; 2/474, 475; 3/405, 846; 4/1164; 5/181, 296, 593, 1035  
**Ацетилцеллюлоза** 1/642; 3/159, 1236; 5/57, 665, 666, 1007. См. также *Целлюлозы ацетиаты*  
**волокна** 3/997, 998  
**Ацетициклогексилсульфонипероксид** 2/464; 3/978  
**Ацетициклолоден** 4/562  
**Ацетилцистеин** 3/847, 848  
**Ацетилцвелевая кислота** 2/968  
**Ацетиловая группа** 2/325, 326; 5/243.  
 См. также *Ацильные группы*  
**N-Ацетилэтиленмин** 5/989  
**Ацетоацетат**, *метаболизм* 3/613, 617, 618; 4/1260  
**Ацетоацетаты** 2/1109, 1110  
**Ацетоацетилкофермент А** 4/1091, 1260, 1261  
**Ацетобромсахара** 1/1131  
**Ацетобутираты**, см. *Целлюлоза*  
**Ацетогидроксамовая кислота** 1/1091  
**Ацетогруппа** 2/282  
**2-Ацето-2-гидроксибутират** 3/617, 618  
**Ацетогуанимин** 1/1209  
**Ацетогуанимино-формальдегидная смола** 1/1209  
**Ацетони** 1/444, 445; 3/687, 688  
**β-Ацетоксигалогениды** 4/177  
**4-Ацетокси-3-гексилтетрагидропиран** 2/251  
**Ацетоксигруппа** 3/569  
**2-Ацетокси-3,4-дигидропирран** 3/1038  
**Ацетоксильрование** 3/876; 4/1124, 1125; 5/942, 985  
**Ацетоксим** 3/701  
**10-Ацетоксиметил-1,8-л-ментаниен** 1/534  
**2,3-бис-(Ацетоксиметил)хиноксалин-N,N'-диоксид** 2/137  
**3-Ацетокси-2-нафталинкарбальдегид** 3/703  
**α-Ацетоксинитрозосоединения** 3/541  
**α-Ацетоксинпропионат** 3/105  
**Ацетоксисиланы** 1/172; 2/1022  
**α-Ацетоксис-β,β-трихлорэтилфосфорная кислота** 4/230  
**11-Ацетоксиундекановая кислота** 3/291  
**3,3-бис-(4-Ацетоксифенил)-2-индолинон** 2/347  
**(2-Ацетоксизтил)триметиламмоний-гидроксид** 1/435  
**Ацетол** 3/687, 688; 4/195, 199  
**Ацетолактат**, *метаболизм* 3/613, 617, 618  
**Ацетолит** 1/442; 3/580; 4/37; 5/663  
**Ацетомолочная кислота** 3/613  
**Ацетон** 1/436, 140  
 определение 1/437; 4/399; 5/782  
 получение 1/195, 375, 436, 437, 930, 1077, 1134; 2/95, 380, 381, 989, 1101, 1102; 3/26, 54, 108, 123, 732, 738, 739, 978, 1055; 4/194, 199, 202, 271, 448, 804; 5/133, 996  
**свойства** 1/6–8, 52, 69, 117, 155, 363, 428, 429, 436–440, 489, 610, 649, 650, 711, 831, 838, 874, 928, 1075, 1148, 1175; 2/85, 116, 199, 248, 449, 517, 518, 549, 550, 741, 743–746, 803, 805, 897, 898, 933, 1088, 1327; 3/27, 110, 114, 115, 118, 192, 323, 471, 567, 580, 661, 708, 729, 1059, 1079, 1236, 1253, 1264; 4/51, 134, 196, 223, 286, 366, 388, 421, 445, 527, 671, 713, 750, 912, 947, 992, 1039, 1079, 1148, 1213, 1256; 5/8, 56, 57, 122, 132, 195, 234, 235, 332, 430, 574, 580, 820, 834, 860, 961, 1001, 1057  
**Ацетонаил P** 1/334  
**Ацетондикарбоновая кислота** 1/415; 4/529, 530  
**Ацетондиэтилацеталь** 1/422  
**Ацетонитрил** 1/437, 115, 194, 425, 438, 710, 874; 2/103, 375, 518, 641, 732, 1276; 3/32, 33, 511, 512, 672, 673, 729, 739, 945, 1040; 4/169, 205, 872, 1117, 1126, 1220; 5/338, 736, 860, 901, 903, 907  
**Ацетоно-бутиловое брожение** 1/610, 649  
**Ацетоновая кислота** 3/700  
**Ацетоновое брожение** 1/437  
**Ацетонорастворимые красители** 1/438, 82; 2/993, 997, 1000  
**Ацетонциангидрин** 1/438, 80, 436, 439, 648, 1116; 3/69, 70, 115, 116, 502, 506, 708  
**γ-Ацетопропилацетат** 1/199  
**Ацетопрониолаты** 5/667  
**Ацетоуксусная кислота** 1/195; 2/25, 109, 1159; 3/613, 1059; 4/378, 5/1059  
**альдегид** 2/742  
**анилин** 1/90; 3/1015; 4/254  
**ариламыды** 1/78; 3/1014, 1015  
**этиловый эфир**, см. *Ацетоуксусный эфир*  
**Ацетоуксусный эфир** 1/439, 78, 195, 264, 421, 439, 440, 507, 981, 1074, 2/106, 647, 777, 784, 785, 858, 1081, 1215; 3/109, 556; 4/500, 993; 5/267, 641  
**Ацетофен** 1/434  
**Ацетофенитидин** 2/1104  
**Ацетохлорин** 3/1236  
**Ацефат** 2/472  
**Ацефин** 1/441; 3/578  
**Ацефеон** 1/441, 375, 421, 505, 506, 573, 971, 1077; 2/87, 398, 744, 1102, 3/108, 123, 891; 4/92, 419, 513, 1130, 5/122, 130, 133, 561, 980  
**Ацидпиперит** 2/81; 3/987; 4/900  
**Ацидогруппа** 1/441, 442  
**Ацидокомплексы** 1/441, 442; 2/1083, 1172; 3/98; 5/702, 703, 966  
**Ацилолиз** 1/442; 2/304, 305; 3/933, 1256; 4/1163; 5/1010  
**Ацилопентамины** 2/821  
**Ациклические соединения**, см. *Алифатические соединения*  
**Ацикловир** 4/218  
**Ациклогуанозин** 4/218  
**Ациклогуанозинтрифосфат** 4/218  
**Ацил(ный)** 1/442. См. также *Ацильные группы*  
**ионы**, см. *Ацилий-ионы*  
**Ацилагмагин-амидогидролазы** 1/571  
**Ациладенозинмонофосфат** 2/1170  
**Ацилаза** 4/391  
**Ацилазиды** 1/72–74; 2/1106  
**Ацилазирины** 2/360  
**Ацилалы** 1/717  
**Ацил-O-алкилглюкозиды** 2/731, 732  
**N-Ацил-N-алкилтауринаты** 4/990  
**O-Ацилалидоксины** 3/674  
**Ацилалиды** 3/1208  
**Ациламиноакриловые кислоты** 1/392  
**O-Ациламиноацетофеноны** 1/1108, 1109  
**O-(Ациламино)ацилбензолы** 1/1108, 1109  
**O-Ациламинобензальдегиды** 1/1108  
**O-Ациламинобензофеноны** 1/1109  
**Ациламинокарбонильные соединения** 1/442, 443; 2/11, 22, 1109; 3/678; 4/1118. См. также *Ациламинооксиды*, *Ацилирование*, *Карбонильные соединения*  
**Ациламинокислоты** 1/1179; 2/22, 695; 3/679, 932, 933; 4/391; 5/780  
**Ациламиноаленовый эфир** 2/1159  
**N-Ациламинонафтолы** 1/257  
**O-Ациламинофенилбензилкетоны** 2/1109  
**N-Ациламиноэтилэтаноламины** 1/269  
**O-Ациламиноэфиры** 5/775  
**N-Ацилантраилоинитрилы** 4/288  
**N-Ацил-N'-ацилгидразины** 5/197  
**Ацилбораты** 1/582  
**Ацил(трет-бутил)нитроксиль** 3/544  
**Ацилгалогениды** 1/198, 361, 942, 943; 2/67, 747; 4/1140  
**Ацил-I-галогенмоносахариды** 2/21  
**N-Ацилгидразины** 3/674, 675  
**Ацилгидразины** 1/1075  
**3-Ацил-5-гидроксиндиолы** 3/408

- N-Ацилгидроксиламины 1/1091, 1092  
 N-Ацил-β-гидрокси-β-фенилэтиламины 1/568  
 Ацилгидропероксиды 3/975  
 Ацилгипоодит 1/841  
 Ацилглизилгалогениды 1/1128, 1129; 2/731, 732  
 Ацилгликозилирование 2/731–733  
 Ацилглиоксалидоны 1/1179  
 Ацилглицерин 1/1144, 1145  
 n-1-Ацил-3-глицерофосфохолин 2/1189  
 Ацилдезоксифуранозилгалогениды 5/451  
 1-Ацилдиазиридины 2/68  
 O-Ацилзюмочевины 2/629, 645  
 Ацилзотионаты 4/929  
 Ацилзотиоцианаты 4/1147, 1166, 1168  
 Ацилзотиоцианаты 2/401, 402, 404, 405; 5/36  
 Ацилий-ионы 2/372, 629; 3/408; 4/1135  
 N-Ацилмимий-ноны 3/1022  
 2-Ацил-1,3-индаиноны 2/439  
 N-Ацилиндол 2/457  
 Ацилирование 1/442, 443, 1074, 1075, 1091, 1095, 1096, 1129; 2/90, 97, 117, 245, 277, 359, 411, 416, 417, 419, 622, 636, 986, 1036, 1137, 1249; 3/91, 319, 554, 831, 980, 1015, 1024, 1029; 4/66, 924, 1026, 1135, 1136, 1156, 1198, 1203; 5/10, 131, 534, 629, 635, 636. См. также *Ацильные группы*, *ангидридное*, *см. Фриделя – Крафтса реакция*  
 ацетильное, см. *Ацетилирование*  
 бензойное, см. *Бензоилирование*  
 внутримолекулярное 5/537  
 восстановительное 3/407, 408  
 гликозидное 2/731–733, 747  
 заместительное 1/1074; 2/90, 313, 314, 409, 745, 889; 3/28; 4/66, 1026; 5/428, 905, 907  
 и конденсация 2/889  
 и функциональный анализ 3/796, 797  
 и этерификация 5/1011  
 каталитическое 2/732, 887, 888; 3/252; 5/449  
 по Гаттерману – Коху 5/369  
 по Клайзену 2/784, 785  
 по Кондакову 2/887, 888  
 по Курциусу 2/1106  
 по Сторку 3/1080; 4/872, 873  
 по Фриделю – Крафтсу 5/367–369, 372, 905, 907  
 по Фриусу 5/369, 372  
 по Хёшу 5/449, 142, 450  
 по Хундиккеру 5/641  
 по Шоттеу – Бауману 5/786, 129  
 присоединительное 2/887, 888  
 твердофазное 4/1002  
 ферментативное 2/1169, 1190, 1191; 3/598  
 формильное, см. *Формилирование*  
 циклизация 5/713  
 Ацилкарбонилпирролы 2/814  
 Ацилкоферменты 2/1190, 1191; 3/617, 618, 878, 880; 4/1241; 5/244, 246, 692. См. также *Ацетилкофермент А*  
 Ацилмалоновые эфиры 2/1275  
 N-Ацил-N-метиламмоноэтансульфонаты 4/929  
 1-Ацил-3-метилимидзол 3/831  
 Ацилнейраминазил-гидролаза 3/397  
 N-Ацилнейраминановая кислота 3/397  
 Ацилнитриды 1/1075  
 Ацилнитриды 3/506, 507, 558  
 Ацилнитрен 2/1106  
 Ацилнитриты 3/534, 535  
 Ацил-N-нитрозаминны 2/74
- Ацилоиновая конденсация 1/443, 444, 445; 2/889; 3/688; 4/610; 5/744, 1011  
 Ацилоины 1/444, 445, 508, 509; 2/105; 3/688; 5/1011  
 синтез, см. *Ацилоиновая конденсация*, *Бензоиловая конденсация*  
 циклические 2/108, 111  
 Ацилоксазометины 2/288  
 Ацилоксидбораны 1/582  
 Ацилоксигидропероксиды 3/659  
 1-Ацилоксикарбоксамиды 3/887  
 Ацилоксильные радикалы 4/313  
 Ацилоксисиланы 3/800, 807  
 α-Ацилоксисульфиды 4/272  
 2-Ацилокси-3-хлоркарбоксамиды 3/887  
 Ацилотропия 4/991  
 Ацилпероксиды 2/811; 3/982, 1233  
 Ацилперхлораты 3/987, 989  
 4-Ацилпиразолон 3/1036  
 N-Ацилпиридиния соли 2/645; 3/1046, 1047  
 Ацилпирин 1/434  
 Ацилрезорцины 4/448  
 Ацилрибофуранозилгалогениды 5/451  
 N-Ацилсаркозиаты 4/580  
 O-Ацилсерин 4/642  
 Ацилсульфаты 4/906, 917  
 Ацилсульфенилхлориды 3/733  
 Ацилтетракарбонилы 2/830  
 N-Ацилтиопиридиния 2/645  
 Ацилтиохолины 4/1167  
 Ацилтиоцифры 4/925  
 Ацилтрансферазы 4/1241; 5/244, 692  
 N-Ацил-β-фенилэтиламинны 1/567  
 Ацилфенолы 5/372  
 Ацилфосфины 5/265  
 Ацилфураны 3/710  
 Ацилхинолиния соли 5/526  
 Ацилхлориды 3/9, 347, 1024  
 Ацилхинолины 3/891; 4/1250  
 1-Ацил-2-циано-1,2-дигидрохинолины 4/341, 342; 5/526  
 Ацилциклопентанолы 2/743  
 Ацилциклопентены 2/743  
 Ацильное число 1/445  
 Ацильные группы 1/442, 445; 2/325, 326. См. также *Ацилирование*  
 Ацильные радикалы 4/313  
 Аци-нитросоединения 3/551  
 Ацилфурен 1/1027  
 Ачесона  
 графит 1/1190  
 метод 2/1029  
 Ашариты 1/581, 587; 2/733, 1251; 3/352  
 Аш-кислота 1/255, 257  
 Аэрация  
 вод(ы) 1/773; 3/861, 1169  
 и коррозионные испытания 2/951, 952  
 и осаждение металлов 4/1020  
 и пневмотранспорт 3/1156, 1158  
 и статический газовый анализ 1/914  
 флотоупль 5/209, 210  
 Аэробные процессы  
 брожение 1/608, 611  
 «гидрогеназы» 2/241  
 дыхание 2/240–242; 3/668–671  
 культивирование 1/1101  
 обмен веществ 1/608, 611; 3/611, 625  
 окисление 1/1135, 1136, 1154. См. также *Окислительное фосфорилирование*  
 очистка стоков 3/861  
 Аэрогели 1/1001; 4/673  
 Аэрографическое крашение 2/998  
 Аэродисперсные системы 2/153, 982; 3/1140  
 аморфный диоксид кремния, см. *Аэросил*  
 гели 1/1001; 4/673
- золи, см. *Аэрозоли*  
 Аэрозоли 1/445, 400, 446–448; 2/46, 145, 146, 153, 154, 505, 611, 858, 860, 1131; 3/114, 843–845, 847, 1313; 5/43, 549  
 анализ 1/894, 895; 3/440; 4/279–281, 286, 322  
 воспламенение 1/831, 832  
 дымов, см. *Дымовые составы*, *Дымы*  
 и противогазы 4/220–224  
 как препараты лекарственных 1/449; 2/1161  
 – – пестициды 1/449; 3/993  
 коагуляция 5/62  
 лейкообразующие 4/227  
 очистка 1/898–900  
 пылей, см. *Пылеулавливание*, *Пыли*  
 распыливание 2/1131  
 туманов, см. *Туманоулавливание*, *Туманы*  
 упаковка 1/19, 449, 657; 2/19; 4/195, 196, 286  
 Аэросил 1/62, 789; 5/563, 964  
 Аэротенки 3/861, 1169  
 Аэрофлокулы 5/206  
 Аэругинозии В 4/923
- Б**
- Баббиты 1/332, 343, 736; 2/1202; 3/754, 758; 4/601, 809; 5/753  
 Бадделит 3/650; 5/759, 765  
 Бадлантонит 3/1192  
 Башиа кислота 3/382  
 Базальты 2/776, 961, 963; 4/674  
 волокна 1/387; 2/327; 3/329, 417; 4/1013  
 пластики 1/387  
 текстолиты 4/1013  
 Базалор 2/619  
 Базарова реакция 3/280, 281  
 Базиликковое масло 5/1003, 1004  
 Базисные орбитали 3/783  
 Базисы маршрутов реакций 4/722, 723  
 Базовые смазочные масла 2/168, 595; 3/459; 4/727  
 Базудин 1/961; 2/470  
 Бауера способ переработки бокситов 1/213, 214, 931  
 Байера–Виллигера реакция 1/450; 2/647, 745, 1144; 3/700; 4/610; 5/8, 1012  
 Байерит 1/211, 213; 5/615  
 Байеровское напряжение молекул 3/330, 331, 334  
 Байрены 5/571  
 Байярда–Альперта лампа 1/663  
 БАК, кислота 1/238  
 Бакамлициллин 2/1134, 1135  
 Бакелит 2/225, 1241; 4/39, 40; 5/134, 144. См. также *Полистирол*  
 Бакиболы 5/413  
 Бакинстерфуллерены 5/413  
 Баквовые смеси 3/992  
 Бактериальное выщелачивание 1/867–869; 3/7  
 Бактериальные удобрения 1/450, 451, 452; 3/157; 5/54  
 Бактерии, см. *Микроорганизмы*  
 Бактериородопсия 1/452, 472, 481, 482, 552, 560; 3/50, 51; 5/348  
 Бактериостатики 3/487, 526; 5/22  
 Бактериофитины 5/346  
 Бактериохлориды 4/146  
 Бактериохлорофиллы 5/342, 346, 573–575  
 Бактерициды 1/452, 193, 367, 453, 549, 559; 2/137, 177, 184, 572, 694, 1319; 3/319, 323, 383, 390, 487, 526, 558, 675, 693, 714, 834, 915, 994, 1011, 1012, 1047, 1124, 1165, 1167, 1250; 4/636, 639, 726, 1013, 1152, 1169,
- 1249, 1250, 1254; 5/130, 142, 278, 418, 523, 587  
 БАЛ, гликоль 2/175  
 Баладиния теория 1/1059; 2/693  
 Баланс(ы)  
 гидрофильно-липофильный 2/1182; 3/1162, 1165; 5/949. См. также *Эмульсии*  
 процесс переноса 4/995, 1065, 1066, 1069  
 эскергетические 5/807–809  
 Балата 1/453  
 Баллас 1/188  
 Баллисты 1/453, 706; 2/934; 4/135, 136, 342  
 Баллоэлектрический эффект 1/448  
 Балтик 4/230, 231  
 Балтамирование 5/224, 1004  
 Бальзамы 1/453, 454, 495, 510; 2/284, 802, 936, 937, 1100; 3/432, 1227; 4/738, 868, 1092; 5/126  
 Бальмера уравнение 1/413  
 Бальца–Шимана реакция 2/534  
 Балз-рубин 5/788  
 «Банановые» связи 5/738, 739  
 Банвел Д 1/1028, 1029  
 Барабанные устройства 2/995  
 вакуум-фильтры 3/637  
 грануляторы 1/1187, 1188; 4/937  
 грохоты 1/1206; 3/630  
 кристаллизаторы 2/1051  
 мельницы 2/353, 354; 4/139, 180  
 печи 3/1001, 1002, 1009; 5/749  
 питатели 3/1083–1085  
 сепараторы 3/633, 634  
 смесители 4/736  
 сушилки 1/1189; 3/637; 4/937, 961  
 фильтры 5/187–189, 193, 194  
 Барада кольца 3/338  
 Бараний жир 2/303, 307, 308; 3/302, 395  
 Барбамил 1/455; 4/742; 5/973  
 Барбан 1/1030  
 Барбитал 4/742  
 натрий 4/742  
 Барбитурат, метаболизм 3/613, 619, 620  
 Барбитураты 1/317, 328, 455, 1097; 2/242, 1275; 3/1051; 4/742, 812; 5/84, 111  
 Барбитуровая кислота 1/455; 2/205, 629, 1275; 3/280, 613; 4/742; 5/84  
 Барботирование 1/455, 456, 852, 1105; 2/613, 892, 1258, 1320; 3/55, 336, 900, 921, 944; 4/259, 401, 402, 986–989; 5/448, 718  
 Барбье–Виланда реакция 1/456, 457  
 Барбье–Локкена–Виланда реакция 1/456, 457  
 Бардина–Купера–Шриффера теория 4/584  
 Барды (бражки) 1/1102, 1187; 2/232, 1164, 1174, 1319; 3/156, 157, 894; 4/920; 5/999  
 Барневая селитра 1/461; 4/621. См. также *Барил нитрат*  
 Барий 1/457; 5/937  
 азид 1/72  
 алюминаты 1/206, 458; 2/1226  
 амид 1/231, 458  
 аммины 1/458  
 антимиониды 1/331, 332  
 аурат 2/335  
 бриллат 1/459  
 бораты 1/581; 3/979, 980, 1012  
 бромид 1/458; 4/835  
 ванадаты 1/675  
 вольфраматы 1/823; 2/583  
 германаты 1/1035, 1041  
 гидрид 1/458, 1079  
 гидроксид 1/460, 251, 457–459, 1067, 1093; 2/566, 752, 1206, 1210, 1211; 3/121, 355; 4/171, 446; 5/136, 143, 374



- гидроксоцинкат 5/752  
 зеркало 1/459  
 интерметаллиды 1/458  
 иодид 1/458; 4/835  
 иодомеркурат 4/545  
 калиевый хрон 2/1079; 3/1012  
 карбид 2/624; 3/417  
 карбонат 1/460, 458, 459, 543;  
 2/341, 388, 637, 639, 733; 3/121,  
 276, 347, 360, 1001; 4/538, 838,  
 1079, 1102; 5/452, 669  
 манганаты 1/458, 463; 2/1277, 1278;  
 3/972  
 метеоритный 2/963  
 молибдат 3/242  
 никелат 3/481  
 ниобаты 2/733; 3/489  
 нитрат 1/461, 459; 2/253, 310;  
 3/505, 822, 972; 4/668, 838, 1246  
 нитрид 3/517  
 облака 3/1076  
 оксид(ы) 1/461, 457–460, 711, 780,  
 832, 1093; 2/535, 537, 547, 666,  
 672, 733, 768, 800, 1226, 1285;  
 3/26, 89, 91, 409, 434, 698, 775,  
 906, 971, 972, 974; 4/532, 563–  
 564, 584–588, 668, 706, 712, 836–  
 838, 843, 846, 1057; 5/117  
 определение 1/381, 459, 762; 2/205,  
 710, 870; 3/124, 690; 5/274, 335  
 перовскит 3/970  
 перхлорат 3/987, 988  
 полонид 4/99  
 получение 1/458, 459; 2/87, 1295;  
 3/88–90, 412, 1192; 4/561; 5/923  
 применение 1/459, 1063; 2/800;  
 3/161, 1125; 4/1007; 5/920  
 свойства 1/457–460, 1018; 2/383,  
 504, 767, 986, 1112, 1181; 3/97,  
 425, 955, 957, 958; 4/299, 318, 584,  
 813, 820; 5/796, 797  
 селенид 4/619  
 силикаты 2/587, 1226; 3/360, 1192;  
 4/674, 679, 680; 5/407, 408  
 соединения 1/286, 458, 462, 726,  
 1193; 2/103, 602, 896, 900, 1296;  
 3/76, 121, 285, 378, 906, 1015,  
 1059, 1066; 4/171–175, 839, 929,  
 1151; 5/143  
 сплавы 1/459, 1063; 3/88, 777  
 сульфат 1/462, 458, 459, 623; 1093;  
 2/566, 654, 784, 1048, 1209, 1210,  
 1227; 3/57, 360, 440, 566, 698, 818,  
 819, 1011, 1221; 4/479, 538, 630,  
 633, 648, 745, 838, 952, 1006, 1149,  
 1189; 5/397. См. также *Барит*  
 сульфиды 1/458–460; 2/840; 4/910,  
 911, 1149; 5/446  
 сульфит 4/921  
 таллат 4/974  
 танталат 2/733; 4/984, 1165  
 титанат 1/462, 458, 460, 461; 2/222,  
 733, 774, 777, 970, 1057, 1078;  
 4/284, 333, 436, 491, 608, 1183;  
 5/761  
 торат 4/1219  
 уранаты 5/83  
 феррат 2/272  
 ферриты 2/1242; 5/163  
 фосфаты 2/784, 1227; 3/367; 5/248,  
 250–253  
 фторид(ы) 1/462; 2/1227; 3/90, 774,  
 776, 835  
 фторометаллаты 1/1041; 3/424;  
 4/436, 1019  
 хлорат 4/668; 5/559  
 хлорид(ы) 1/463, 458, 460, 543;  
 2/13, 188, 654, 710, 752, 896, 1202,  
 1209; 3/447, 583, 818; 4/668, 745,  
 835, 1106; 5/12, 68, 854, 926  
 хроматы 1/453, 459, 463; 2/1079;  
 3/972, 1042; 5/630–633  
 церат 5/695, 696  
 цианид 1/457  
 цирконаты 1/458; 2/733; 5/761  
 Бариионы 4/243, 244; 5/930, 931, 1020  
 Барит 1/459, 457, 458, 462, 463, 1175;  
 2/330, 353, 840, 1210, 1296; 3/406,  
 775, 991, 1193, 1264; 4/51, 92, 559,  
 561, 630; 5/205, 371. См. также *Би-  
 рит сульфид*  
 Баритобетон 1/460  
 Баритовая вода 1/460  
 Баритовый желтый 1/458, 463; 5/632  
 Бародиффузия 2/196, 541, 542; 3/947  
 Барометричные процессы 2/196,  
 1300; 3/38–41  
 Барометрическая формула 1/925;  
 4/827  
 Барометрическое давление 2/761  
 Барометры 2/1280  
 Барта реакция 1/463, 464; 2/17, 75;  
 3/310, 316  
 Бартона  
 правило 1/464  
 реакция 1/464, 465; 3/518, 535  
 Бартона–Прима–Слихтера уравнение  
 4/761  
 Барьерит 4/942  
 Барьер(ы)  
 потенциальный 1/121–125  
 структурно-механический ПАВ  
 2/1183  
 тектогенные геохимические 1/1020  
 Баскокур 5/144  
 Бассанит 2/589  
 Бастнезит 1/875, 1156; 2/156, 243,  
 544, 1145; 3/409; 4/156, 434, 435,  
 570, 1229; 5/23, 386, 694, 964  
 Батареи  
 аккумуляторные 1/110, 111, 972;  
 5/489  
 высокоемкостные 1/1194  
 коковые 2/842, 846, 847  
 солнечные 4/118, 707; 5/363, 385,  
 859  
 циклонов 4/282, 283; 5/728, 729  
 Батилит 2/1156  
 Батородонит 4/537  
 Батохромный сдвиг 2/99; 4/751, 767;  
 5/384, 646, 649  
 Батрафеи 4/228, 229  
 Батрахотоксин 5/1043, 1045, 1046  
 Баудиша реакция 3/535  
 Баумлерит 5/552  
 Баха–Энглера теория 2/756  
 Бацанова шкала 5/897  
 Бацилломицин 2/1195, 1196  
 Бацитрацин 2/361; 3/809, 924–927  
 Башнит 1/535; 4/710  
 Башенная серная кислота 4/644, 647,  
 648  
 Башенные аппараты  
 градирии 1/1183  
 классификаторы 3/630  
 Башфорга–Адамса метод 3/1171  
 9-ББН 1/601  
 БВК, см. *Белково-витаминные концен-  
 траты*  
 Беваитол 1/48, 49  
 Беговоная кислота 1/863, 864; 2/15;  
 4/903  
 Бегуны 2/354, 355  
 Безагран 1/1032  
 Безафибрат 1/1118  
 Безбалластные концентраты 2/869,  
 870  
 Безводные квасцы 2/730  
 Безградные реакторы 1/465, 486,  
 1165; 2/689; 4/717  
 Бездымные пороха 1/607; 2/601;  
 3/507; 4/51, 57; 5/665, 667  
 баллиститы 1/453, 706; 2/212, 214,  
 934; 4/135, 136, 342  
 кордиты 2/934  
 Безизоцианатные полиуретаны 4/51,  
 57  
 Безлактозное молоко 2/464  
 Безобжиговые огнеупоры 3/650  
 Безотвалы производства 1/466  
 Безотказность объектов 3/320–322  
 Безотходные производства 1/466;  
 2/1018, 1039; 3/94, 95, 416, 638, 848,  
 852; 5/470  
 Безрегенеративная адсорбция 1/928  
 Безрычажные весы 1/685, 687, 688  
 Безызлучательные квантовые переходы  
 2/726, 728, 729, 1220–1223;  
 3/654; 4/410; 5/881  
 Безыносность, эффект 3/85; 4/1256,  
 1257  
 Безэлектродные лампы 1/408  
 Бейера модификация 2/9  
 Бейльштейна проба 1/468, 469, 949  
 Бекке полоска 2/421  
 Бекмана  
 перегруппировка 1/469, 231, 253,  
 254; 2/615, 1138, 1213; 3/515,  
 702; 4/610, 855; 5/725  
 термометры 3/217  
 Бекмана–Чепмена перегруппировка  
 1/469  
 Белла 2/1296; 3/991, 1011–1013  
 свиновые 1/1208; 2/1296; 3/1011,  
 1012; 4/602  
 титановые 4/1179  
 цинковые 1/1208; 2/1015, 1296;  
 3/991, 1011–1013; 4/602; 5/750,  
 752, 756  
 Бельная известь 5/568  
 Белит 2/348, 588; 3/439; 5/670  
 Белка 1/470, 471, 553; 3/154, 1135.  
 См. также индивидуальные предста-  
 вители  
 агрегация 4/1063  
 активаторы 4/426, 427; 5/271  
 аминокислотный состав 1/472, 475–  
 480. См. также *Аминокислоты*  
 амфипатические 1/470  
 апоферменты 2/967  
 аскорбингены 1/745  
 видоспецифические, см. *Интерфе-  
 роны*  
 водорастворимые 3/49, 51  
 выделение 1/416–418, 475; 2/295,  
 519, 1171  
 гемопротенды, см. *Цитохромы*  
 гидролизаты 2/1078, 1176; 3/1167  
 гликопротенды, см. *Гликопротеины*  
 глобулярные, см. *Глобулярные белки*  
 гиалиновый распад 2/81  
 гомологичные 1/475  
 гормоноподобные, см. *Гормоны, Ин-  
 терлейкины*  
 дегалация 1/475, 478, 479, 484  
 денатурация 1/475, 1218, 1219;  
 2/559, 819, 857, 868, 914, 1178;  
 3/163, 600; 4/700; 5/153, 587  
 дефосфорилирование 1/40  
 домены 1/474, 475, 482  
 дыхательные 1/1006–1009. См. так-  
 же *Гемоглобин, Миоглобин*  
 железосодержащие, см. *Ферредок-  
 син*  
 запасные 1/470; 2/559. См. также  
*Проламин*  
 защитные 1/470, 471, 552  
 зрительные 1/751. См. также *Родо-  
 лсин*  
 и информосомы 3/599  
 и канцерогены 2/604  
 и синтез РНК, см. *Транскрипция*  
 изоляты 2/539  
 изоэлектрическая точка 2/408  
 иммуногенность 1/323  
 интегральные 3/49, 50, 52, 53  
 искипаемых остатков 3/871  
 как биокатализаторы, см. *Фермен-  
 ты*  
 как биополимеры 2/427, 1263  
 как гетероцепные полимеры 1/859  
 как информационный клапан 3/211  
 как лиганды 2/1172  
 как лиотропные каучуки 2/287  
 как метаболиты 3/619, 620, 622  
 как ПАВ 3/1167  
 как полиамиды 3/1205  
 как полиамфолиты 4/77  
 катаболизм 1/1097; 4/1119  
 клатраты 2/798  
 коагуляция 1/870  
 комплексы(ы) полимер-полимерные  
 4/19, 20; 3/1211, 1229  
 – протромбиновый 4/248, 249, 250  
 – с липидами, см. *Липопротены*  
 контрактальные 1/1130  
 кормовые 1/483. См. также *Белко-  
 во-витаминные концентраты, Микробиологический синтез*  
 липидпереносчики 2/1187, 1188;  
 1/483, 484  
 мембранные 1/452, 470, 472, 474,  
 480–484, 552; 3/48–53. См. также  
*Биомембраны*  
 металлопротенды 1/103, 104, 470  
 модификация 3/197, 198–200;  
 1/475–482, 1012; 2/857; 4/1231;  
 5/818  
 натурального каучука 2/703  
 негемовые 1/1006  
 негистоновые 3/587, 599  
 нерастворимые, см. *Фибрин*  
 нуклеиновое узнавание, см. *Нуклео-  
 протеиды*  
 оболочек вирусов 1/472  
 онкоактивные 4/517  
 определение 1/42, 471, 472, 681;  
 2/292, 293; 3/519; 4/786, 935,  
 1268; 5/819  
 переиосчики 1/483, 43, 470, 472,  
 484, 746; 3/712  
 периферические 3/49–51  
 пищевые 1/470, 482, 483. См. также  
*Казеин*  
 поверхности 3/49–51  
 полипептиды, см. *Пептиды*  
 предшественники 1/51; 3/766  
 протестические группы 5/34  
 простые 1/470  
 протеолиз 2/695  
 разделение 5/66, 813, 817, 865–867  
 противовирусные 1/470  
 растительных масел 4/378, 381  
 регуляторные 4/426, 189, 190, 249,  
 250, 427, 428, 431, 496, 516, 517;  
 1/470; 3/212, 587  
 ренатурация 1/1218; 2/857  
 репрессоры 3/212; 4/426, 427, 431  
 рецепторные 4/516, 428, 517; 1/470  
 рецепция 1/483  
 рибосомные 1/472; 3/588, 599;  
 4/519–523  
 светочувствительные, см. *Родопсин*  
 свойства 1/475  
 связывающие 1/483, 484, 740; 2/577,  
 578  
 седиментация 1/599  
 сильноосновные, см. *Гистоны*  
 синтез матричный 1/472; 2/1325,  
 1326  
 – с участием биокатализаторов, см.  
*Биосинтез, Генная инженерия, Тран-  
 слляция, Ферменты*  
 – стимуляторы 1/290; 3/578  
 – химический 1/482  
 сложные 1/470  
 сократительные 1/470, 472; 3/176–  
 178  
 спин-меченые 4/790, 791  
 стабилизаторы 1/475  
 структура 2/1064; 3/256; 5/159  
 – вторичная 1/471, 473; 2/877,  
 1263; 5/545  
 – конформации молекул 1/472–  
 482, 1559; 2/367

- модели 3/228  
- первичная 1/471-473, 475-478, 482-484; 2/486, 487; 3/133; 4/894; 5/800, 801  
- третичная 1/474, 475; 2/877  
- четвертичная 1/475; 2/877  
сывороточные 1/470, 550; 2/110, 427  
токсины 4/1194, 1195  
транслокация 1/483  
транспортные 1/43, 470, 472, 483, 484, 746; 3/712  
факторы  $\sigma$  4/427  
фибриллярные 1/470; 2/735, 736, 856, 857, 1266; 3/176-178  
фосфорилирование 1/40. См. также *Окислительное фосфорилирование*  
фосфопротеиды 1/470  
хиральность 4/392  
хромопротеиды 1/470  
экзитонное расщепление 5/545  
яичные 1/556, 751  
Белково-витаминные концентраты 1/483; 2/232, 233; 3/157, 212, 281, 862, 864, 884  
Беллаоины 5/18  
Белое тело 5/645, 653  
Белометры 2/492  
Белотексы 3/837  
Белуцова-Жаботинского реакция 1/484, 485, 486; 2/850; 3/837, 842; 4/574; 5/60  
Белые продукты (материалы)  
глины 2/606  
жесть 3/758  
индиго 2/441, 1156  
краски водоземulsionные 1/789  
масла 1/487; 3/446, 447, 466; 4/650, 726  
пигменты 2/355; 3/1011-1013, 1089; 5/750, 752. См. также *Белла, Литопон*  
сажа 1/62, 281; 2/1028; 3/992  
фосфор, см. *Фосфор*  
цианамид 2/591  
чугун 2/256, 257  
Бельтинги 3/1231  
Бемберг 3/3  
Бемегрид 1/291, 292; 5/593  
Бемит 1/207, 211, 213; 5/615  
Бена модификация 5/369  
Беназолин 1/1028  
Бензалаксил 5/420  
Бенара ячейки 4/573, 574  
Бенгальский розовый 5/363  
Бендера  
механизм реакций 3/140  
соли 4/1153  
Бенедикта реактив 5/114  
Бенедикта-Вебба-Рубина уравнение 5/70, 71  
Бензальдегид 1/487, 31, 196, 198, 203, 367, 390, 488, 494, 496, 508, 517, 520, 652, 953, 983, 1099; 2/29, 87, 88, 116, 251, 439, 549, 603, 787, 788, 813, 889, 908, 936, 938, 1271; 3/3, 21, 25, 319, 560, 688, 691, 701, 891, 965, 966, 1021, 1043, 1230; 4/539, 569, 769, 867, 1202; 5/20, 121, 123, 128, 222, 519, 558, 561, 584, 724, 1002, 1004  
Бензальдоксимины 1/317; 2/368  
Бензальхлорид 1/488; 4/1202; 5/583  
Бензамид 1/488, 229, 231, 517  
Бензамидин 1/228  
Бензанилиды(ы) 1/488, 489; 5/419, 786  
Бенз(а)антрацен 4/419  
4,4'-*бис*-(Бенз[*d*, *e*]антрацен)-7,7'-дион 2/86  
Бензантрен 1/489  
Бензантро-3,4-дикарбоновая кислота 3/954  
Бензантрон 1/489, 350, 351, 358, 490; 2/86, 1045; 4/72, 74, 75; 5/535  
Бензантрон-3,9-дисульфокислота 1/489  
Бензантроновые красители 1/490  
Бензантроисульфокислоты 1/489  
Бензаурия 1/368  
Бензвалей 1/512; 2/366; 5/354  
Бензгидрилобромид 2/112  
Бензгидрол 1/530; 5/412  
 $\beta$ -диметиламиноэтиловый эфир, гидрохлорид 2/112, 113  
Бензидназепин 1/328, 492  
Бензидам 1/306  
Бензидин(ы) 1/490, 273, 491, 988, 1039; 2/605, 606; 3/526, 527, 867; 3/1014; 4/397; 5/284, 610, 650  
аурат 2/336  
*бис*-диазотированный 2/887  
моио- и дигидрохлориды 1/490  
моио- и дисульфаты 1/490  
получение, см. *Бензидиновая перегруппировка*  
Бензидин-3,3'-дикарбоновая кислота 3/526  
Бензидиндисульфокислоты 1/490; 3/527, 528  
Бензидиновая перегруппировка 1/490, 1073; 4/664  
Бензидин-3-сульфокислота 1/490  
Бензидинсульфон 5/650  
Бензизоксазол(ы) 1/491, 492  
Бензизотиазол(ы) 1/492, 493  
3-Бензизотиазолон 1/337  
Бензил 1/493, 203, 508, 510; 2/104  
ацетаты 4/92  
моногидразы 2/751  
Бензил, группа 2/325; 3/569  
Бензиладеин 5/769  
Бензилазид 1/74  
Бензилалкилсульфиды 4/912  
Бензиламиды 1/231  
Бензиламины 1/494, 517; 3/254, 1021  
6-Бензиламинопурия 5/769  
Бензиламмония соли 1/279, 280  
Бензилацетат 1/495, 496; 2/237; 5/1004  
2-Бензилбензимидазол, гидрохлорид 2/85, 86  
Бензилбейзоат 1/487, 495, 496, 510, 511; 2/175; 4/32, 494  
2-Бензилбензойная кислота 1/358  
Бензилбиндон 2/439  
Бензилбораны 1/596  
Бензилбромид 2/32  
Бензилбутилфталат 2/1319  
Бензилвиниловый эфир 2/786  
Бензилвисмутол 1/739  
Бензилгалогениды 1/990; 2/31, 32; 3/33, 549, 733, 759, 1078, 1263; 4/925; 5/195, 561  
Бензилгликозилгалогениды 1/1128, 1129  
Бензилдиалкилкеталы 1/494  
 $\alpha$ -Бензил- $\alpha$ -диметиламиноацетофенон 1/279  
(*E*)-*E*-Бензилдиоксим 3/571  
N-Бензилиденанилины 5/782  
Бензилиденацетон 2/936  
*транс*-2-Бензилиденгептаналь 2/251  
2-Бензилиден-1,3-инданолон 2/439  
N-Бензилиденметиламин-N-оксид 3/548  
Бензилиденовая группа 2/325  
2-Бензилиденокталь 2/151  
Бензилиденфталиды 2/439  
N-Бензилиден-2-хлоранилин 5/558  
Бензилиденхлорид(ы) 1/488; 2/936; 5/6, 561  
Бензилизонитрильные комплексы переходных металлов 2/373, 374  
S-Бензилизотиомочевина, гидрохлорид 1/496  
S-Бензилизотиурония соли 2/648  
Бензилизохинолиновые алкалоиды 3/275
- Бензилизохинолины 2/398-401; 3/275; 5/970  
Бензилюрид 2/32  
Бензилюрирование 3/1043  
S-Бензилюксантогенаты 5/779  
Бензилметилкетон 4/32; 5/116  
Бензил(1-нафтил)метан 5/608  
Бензилнитрат 3/506  
Бензиловая кислота 1/494; 5/536, 591  
Бензиловая перегруппировка 1/494; 2/104, 621  
Бензиловые эфиры 4/424; 5/905  
как защитные группы 3/268  
пропионовой кислоты 4/207, 208  
Бензиловый спирт 1/495, 338, 452, 487, 496, 573, 711, 1025, 1151; 2/116, 237, 937, 1319; 3/791, 834, 1028; 4/801, 802, 804, 1140, 1202, 1247; 5/122, 222, 905  
Бензилоскис, группа 3/569  
Бензилоксикарбонил, группа 3/569  
Бензилоксикарбоиламино, группа 3/569  
Бензиленициллин 1/320; 2/1134; 5/127, 697  
4-Бензилпирридазин 3/1043  
Бензилполсульфиды 4/726  
Бензилпропионат 4/207, 208  
9-Бензилпурин 4/273  
Бензилсалцилат 1/495, 496  
*o*-Бензилсульфониевые кислоты 4/729  
Бензилсульфонилхлорид 1/496  
2-Бензилтетрагидроизохинолины 2/398, 399  
Бензилтиол 1/496  
S-Бензилтиуроинхлорид 1/496  
Бензилтиуроия соли 1/496; 3/386  
1-Бензил-1,2,3-триазол 4/1251, 1252  
Бензилтриметиламмонийхлорид 4/341  
Бензилтриэтиламмонийхлорид 1/497; 3/24  
Бензилфенетол 5/121  
Бензилфеилкетон 2/182  
Бензилформат 1/452  
Бензилформат 3/289, 290  
Бензилхлорид 1/496, 373, 488, 494, 495, 497; 2/32, 116, 184, 439, 599, 615, 693, 946, 948, 1202; 5/121, 566, 567, 583, 708  
2-Бензил-4-хлорфенол 2/18  
Бензилцеллозоль 5/659, 660  
Бензилцеллюлоза 1/496  
Бензилцианид 1/497, 236, 496, 615; 3/180, 512, 516; 4/32; 5/130  
Бензилцианнат 1/496; 2/936  
Бензилэтиленоксид 3/731  
Бензильная группа 2/325; 3/569  
Бензильные комплексы переходных металлов 4/551, 552  
Бензильные радикалы 4/300  
Бензимидазол(ы) 1/497, 85, 228, 498, 507; 3/131, 289, 836, 1164, 1204; 4/254, 625, 699, 1248; 5/123, 323, 418, 422, 777. См. также *Поли(аролен)-бис-бензимидазолы*, *Полибензимидазолы*  
Бензимидазолгидридазы 5/220  
Бензимидазолкарбаматы 4/225, 226  
Бензимидазолы 1/498; 2/997  
Бензимидазолсульфокислоты 1/498  
Бензимидазол-2-тион 1/497  
Бензимин 4/495  
Бензины 1/498, 502, 503, 638, 787; 3/447, 448. См. также *Моторные топлива*  
авиационные 1/499, 501; 3/278, 728; 4/526. См. также *Реактивные топлива*  
автомобильные 1/498, 499, 638, 930, 1089; 2/365, 684-686, 1005; 3/278, 441-444, 446; 4/526; 5/660  
антидетонаторы 1/326, 47, 327, 334, 501; 2/227; 3/697; 4/174, 175; 5/994
- высокооктановые 1/205, 728, 928, 1113; 2/210, 365, 380, 674, 675, 1005, 1091; 3/27, 109, 346, 442-444, 1053; 4/467, 926; 5/605, 680, 681. См. также *Алкилат*, *Алкилбензол*, *Риформат*  
газовые 1/913, 927-930, 932, 1177, 1178; 4/100, 101  
«галаша» 1/502, 811, 897; 3/466  
гидрогенизационные 1/1086-1089; 4/703  
гидроочищенные 1/502; 2/1093  
давление паров 1/498; 3/446  
летоационная стойкость 1/499, 500; 2/46; 5/994. См. также *Окислительное число*  
и напалм 3/325  
и противогазы 4/223  
кальциевая стойкость 1/500  
коксования 2/843, 844  
коррозионная активность 1/501, 630  
красители 2/302  
крекила и риформинга 1/1059, 1060; 2/678-682, 684; 3/449, 450, 466, 726  
легкий, см. *Нафта*  
магнесерные 1/1107, 1108  
нагарообразование 1/501  
нестабильные 1/927, 929  
нестабильные 3/109  
определение 1/915  
полимерные 1/928, 998; 3/726  
примесность 1/500  
прямогонные 1/498, 500, 502, 723; 2/166-169, 676, 678-682, 684; 3/407, 449, 450, 466, 726, 739, 913, 1061-1066; 4/460, 461, 526, 1059; 5/983  
растворители 1/502, 498; 2/309, 376; 3/446, 466; 4/285, 286, 359; 5/820, 992  
синтетические 2/677; 5/199. См. также *Синтетическое жидкое топливо*  
смеси со спиртами, см. *Спирто-бензиновые смеси*  
смолообразование 1/501  
сортность 1/499; 3/728  
стабильные 1/500, 501, 929, 930; 2/166, 167, 169, 170, 683  
токсичность 1/501  
фракционный состав 3/446; 4/399, 526  
экстракционный 3/466  
Бензо- и маслостойкость 1/502, 630, 716; 2/323, 324, 706, 708, 1129, 1150, 1151; 4/442, 443; 5/572  
Бензоантрацен 1/373; 3/894  
Бензо[*d*, *e*]антрацен-7-он 1/489  
Бензоаты 1/510, 511, 517; 5/1011  
8-оксихинолина 3/714  
смоляных спиртов 1/511  
хиральность, правило 5/545  
Бензобамил 4/240  
Бензогексоний 1/503, 280, 979, 1120  
Бензогидроксамовая кислота 1/1091  
1,4-Бензодиазепины 1/503, 317, 504; 2/64; 4/269, 742, 743, 1224-1226  
1,3-Бензодоксол 1/504, 505  
2,3-Бензодифеилленоксид 2/591  
Бензолы 2/331  
Бензондные соединения 1/372, 1062  
Бензол  
как заместитель 3/569  
перекись, см. *Бензоилпероксид*  
Бензолазид 1/72  
Бензоламиногруппа 3/569  
1-Бензоламиноантрахионин 1/245  
*o*-Бензоламиноацетофенон 2/1109  
Бензоламинометилборная кислота 1/600  
N-Бензоламинонафтол 1/257  
1-Бензоламинохлорантрахионы 1/245

- N-Бензоилабазины 1/290  
 Бензоилацетон 1/505  
 Бензоилацетонфенол 2/86, 87  
 3-Бензоилбензантрон 4/75  
 2-Бензоилбензойная кислота 1/350  
 Бензоилбензолсульфамид 1/515  
 N-Бензоилгексаметиленимины 4/495  
 1-Бензоил-5-изопентил-5-этилбарбитуровая кислота 4/240  
 Бензоилграване 1/442, 443; 2/412; 3/268, 372, 1043; 4/75; 5/692, 693  
 1-Бензоил-3-(β-карбокситил)индол 2/1176  
 α-Бензоилнафталин 1/490  
 Бензоилнитрат 2/456  
 N-Бензоил-л-нитроанилин 3/501  
 N-Бензоилокси группа 3/569  
 (±)-3-Бензоилоксииндулил 3/701  
 Бензоилпероксид 1/505, 80, 506, 508, 824, 1217; 2/134, 376, 464, 465, 811, 1013; 3/580, 815, 977, 1089; 4/92, 301, 840, 1128; 5/434, 446  
 Бензоилпероксинитрат 3/979  
 N-Бензоилпиридин 3/1029; 4/494  
 4-Бензоилпиридазин 3/1043  
 β-Бензоилпропионовая кислота, эфиры 5/793  
 Бензоилпроп-этил 1/1029  
 Бензоилтерфенилы 4/1095  
 Бензоилуксусная кислота  
 анилд 4/254  
 ариламиды 1/78  
 этиловый эфир 1/506, 507  
 Бензоилуксусный эфир 1/506, 507  
 Бензоилфенантрены 5/116  
 N-Бензоил-N-фенилгидроксиламин 1/507; 4/394; 5/128  
 Бензоилфенилкарбинол, см. *Бензоин*  
 1-Бензоил-5-фенил-5-этилбарбитуровая кислота 4/240  
 Бензоилфлуорантены 5/212  
 Бензоилфталевые кислоты 1/351  
 Бензоилфторид 1/507  
 2-Бензоил-4-хлоранилин 4/1224  
 Бензоилхлорид 1/507, 245, 290, 488, 506-508, 510, 515, 530, 598, 942, 943, 989; 3/319, 372, 572, 696, 701; 4/803, 1095, 1225; 5/116, 212, 608, 786  
 6-Бензоилхризес 5/608  
 3-Бензоилцерамиды 4/968; 5/692, 693  
 N-Бензоилэтиленимины 4/1225  
 1-Бензоил-5-этил-5-фенилбарбитуровая кислота 1/455  
 Бензоильная группа 1/442; 2/325, 326  
 Бензоин 1/508, 487, 493, 494, 509, 510, 1210; 3/25, 687, 688; 4/92, 841, 867, 900  
 Бензоиновая конденсация 1/508, 197, 445, 509, 510; 2/742, 889; 3/370, 688, 708; 5/433  
 Бензойная кислота 1/510, 19, 337, 338, 373, 421, 453, 487, 488, 511, 513, 529, 530, 566, 573; 2/15, 182, 305, 615, 643, 644, 646, 935, 936, 1041, 1043, 1045; 3/126, 319, 498, 525, 526, 690, 711, 1088, 1251; 4/209, 230, 397, 578, 892, 1200, 1202, 1205; 5/17, 18, 33, 133, 200, 202, 377, 378, 781, 980, 1002  
 амид 1/229, 231, 488, 517  
 ангидрид 1/508  
 анилиды 1/488  
 диссоциация 2/939  
 м-замещенные 2/461  
 как консервант 2/634  
 как модификатор смол 1/151-153  
 как титрант 2/770  
 нитрил, см. *Бензонитрил*  
 тиоамиды 4/1135  
 феинилмидохлорид 1/488  
 фторангидрид 1/507  
 хелатокомплексы 2/1083  
 хлорангидрид, см. *Бензоилхлорид*  
 эфиры 1/496; 2/151, 171; 3/526; 4/803  
 Бензойная смола 1/511, 495, 510  
 Бензойный альдегид, см. *Бензальдегид*  
 Бензокорбазолы 1/655; 5/197  
 Бензокраун-эфир 2/522, 985  
 Бензоксазин 5/214  
 Бензоксазол(ы) 1/511, 228, 267; 2/1228; 3/836; 4/625. См. также *Полибензоксазолы*  
 Бензоксазолон 1/267; 3/519  
 Бензоксумарины 2/90; 3/703, 704  
 Бензол 1/511, 512, 513  
 ароматичность 1/375, 376. См. также *Ароматические соединения*  
 гомотопия 4/1212  
 Дьюара 2/366; 5/354  
 замещенные 3/464; 4/917; 5/427. См. также индивидуальные представители  
 - галогенсодержащие 2/202, 942; 3/1059  
 - пикрат 3/1021  
 - триацетаты и трикетаты 1/423  
 - сим-формы 4/686  
 и противоязвы 4/223  
 и сольватированный электрон 4/750  
 как безусловный канцероген 2/606  
 как изомер 2/366  
 как лиганд 2/1172  
 как молекулярная жидкость 2/300  
 как основание 2/282  
 как химический дозиметр 2/221  
 кластеры 2/795  
 комплексы молекулярные 1/494; 2/1043; 3/18  
 - со ртутью 4/554  
 Ладенбурга 2/366  
 неорганический 1/579  
 НОМАД 1/378  
 октавовое число 3/726  
 определение 2/292, 293, 1219  
 получение 1/991, 1089; 2/6, 186, 591, 593-595, 685, 686, 811, 845, 846, 1041, 1043, 1046, 1128, 3/122, 446, 462, 1000, 1005, 1053, 1058, 1061, 1063, 1066, 1129; 4/501, 526, 926, 969, 1055, 1060, 1101, 1202; 5/20, 122, 133, 377, 714, 722, 833, 973, 982  
 «пурпурный» 2/646; 3/25  
 свойства 1/6-8, 52, 70, 135, 136, 156, 158, 159, 176, 312, 313, 372, 373, 376-378, 430, 436, 441, 487, 494, 496, 510, 517, 530, 566, 604, 605, 616, 697, 710, 718, 754, 759, 779, 780, 834, 863, 945, 947, 948, 953, 954, 969, 983, 987, 993, 996, 1163, 1175; 2/15, 132, 184, 204, 338, 380, 449, 497, 536, 615, 616, 665, 670, 672, 813, 941, 1156, 1204, 1272-1274, 1298; 3/46, 109, 113, 119, 127, 281, 371, 372, 392, 449, 451, 516, 526, 527, 531, 738, 786, 795, 826, 891, 936, 1033, 1045, 1062; 4/61, 69, 132, 157, 197, 209, 267, 277, 302, 355, 359, 388, 392, 393, 396, 417, 419, 446, 447, 468, 502, 512, 561, 631, 632, 757, 767, 768, 804, 869, 1039, 1095, 1105, 1108, 1109, 1117, 1126, 1154, 1156, 1157, 1162, 1257, 1267, 1268; 5/8, 11, 36, 56, 108, 125, 127, 130, 133, 222, 234, 354, 367, 378, 380, 449, 449, 561, 562, 566, 635, 644, 646-648, 705, 725, 784, 785, 790-792, 820, 824, 876, 877, 906, 907, 980, 996, 999, 1005, 1010  
 смесь(и) азеотропные 1/66, 512  
 - с бензином, см. *Напалм*  
 - с изоктаном 1/500  
 сырой 4/969, 753, 1115, 1158, 1202; 1/513; 2/593, 842, 845, 847, 1004, 1005, 1041, 1044, 1101; 3/27  
 ЭРД 1/377  
 Бензолазоацетанилд 1/87  
 Бензолазоацетариллиды 1/81  
 Бензолгексакарбонная кислота 1/513, 514  
 Бензолгекса-н-гептаоат 2/287  
 Бензолдиазогидроксид 2/71  
 Бензолдиазонилхлорид 2/71  
 Бензолдиазоанилд 2/71  
 Бензолдикарбонные кислоты 2/396, 397; 4/1055, 1056; 5/376, 377  
 Бензолдисульфамиды 1/515  
 Бензол-1,3-дисульфогидразид 1/517  
 Бензолдисульфокислоты 1/516; 2/186; 3/560; 4/448  
 Бензол-1,3-дисульфониогидразид 1/1069; 4/134  
 м-Бензолдисульфохлорид 4/61  
 Бензолкарбонная кислота 1/510, 511; 2/643, 644  
 Бензолмоносульфамид 1/515, 517  
 Бензолмоносульфокислота 1/241, 516; 2/92, 186, 534; 3/364; 4/1158. См. также *Бензолсульфокислоты*  
 азид 1/71  
 метиловый эфир 1/260; 3/108, 109  
 гидразид 1/1069, 1071, 1076; 4/134  
 соль аммониевая 3/108  
 - натриевая 1/516; 3/109  
 Бензолпента(гекса)сульфокислоты 1/516  
 1,2,3,4,5-Бензолпентакарбонная кислота 1/513, 514  
 Бензолполикарбонные кислоты 1/513, 514, 515; 4/257, 1055; 5/376  
 Бензолсульфамид(ы) 1/515, 516; 2/396; 3/108; 4/897; 5/557, 558  
 Бензолсульфогидроксамовая кислота 1/1092  
 Бензолсульфокислоты 1/515, 512, 516; 3/527; 5/133, 138, 142. См. также *Бензолмоносульфокислота*  
 амиды 1/515, 516; 2/396; 3/108; 4/897  
 гидразиды 1/1069, 1071, 1076; 4/134  
 хлорамиды 5/557, 558  
 хлорангидриды, см. *Бензолсульфохлориды*  
 эфиры, см. *Сульфонаты*  
 Бензолсульфоамид 1/175  
 Бензолсульфонилазид 1/71  
 Бензолсульфонилгидразид 1/1069, 1071, 1076; 4/134  
 Бензолсульфонилхлориды 1/516, 517  
 Бензолсульфохлорид(ы) 1/516, 373, 515, 517, 989; 2/186, 412; 3/108, 538; 4/937, 1159  
 Бензолтетракарбонные кислоты 1/513, 514, 516; 3/1067, 1068  
 Бензолтириониевые соли 1/516  
 Бензолтрикарбонилхром 5/614  
 Бензолтрикарбонные кислоты 1/513, 514; 2/396; 4/206  
 Бензолтриолы 4/1268, 1269  
 Бензол-1,3,5-трисульфамид 1/515  
 Бензол-1,3,5-трисульфокислота 1/516  
 «Бензоный эффект» растворителей 2/912  
 Бензолэписульфид 4/1121  
 Бензометанольные смеси 1/650  
 Бензонал 1/455; 4/240  
 Бензонафтофуран 2/591  
 Бензонитрил 1/517, 154, 488, 494, 510, 515, 969; 2/65, 497; 3/512, 516, 673, 1025; 4/67, 288, 419; 5/381  
 Бензооксепины 3/684  
 Бензопериленкарбонная кислота, ангидрид 3/950  
 Бензопиразол 2/436, 437  
 Бензопираны 1/517, 518, 519  
 Бензопиридионы 1/519  
 Бензопириены 1/519, 427; 2/595, 605, 606; 3/293, 884, 894  
 Бензопиридазины 1/520, 521, 522; 5/375, 376, 757, 758  
 Бензо[с]пиридин 2/397, 398. См. также *Изохинолин*  
 Бензопиррилы соли 1/522, 517, 518, 523, 524; 3/1048  
 Бензопиримидиновые красители 2/981  
 Бензо-γ-пирон 1/517  
 Бензопирролы 2/359, 456, 457  
 Бензоптеридины 1/525; 4/270  
 Бензо-2,1,3-селенадиазол 1/525  
 Бензоселеназолы 4/625  
 л-Бензосемихинон 4/623  
 Бензотеролы 5/140  
 Бензо-2,1,3-тиадиазол(ы) 1/526, 1031  
 Бензотиазепин 4/773  
 Бензотиазол(ы) 1/527, 85; 2/699; 3/131, 1164; 4/230, 625  
 бис-(2,2'-Бензотиазолил)дисульфид 3/62  
 2-Бензотиазолил-N,N-диэтилтиокарбамилсульфид 3/62  
 Бензотиазолия соли 1/527  
 Бензотиопины 4/1121, 1122  
 Бензотиофения соли 1/528  
 Бензотиофеиы 1/528, 529, 1177; 2/980, 1270; 3/463; 4/23, 1122, 1128, 1130, 1157, 1158  
 Бензо-1,2,3-триазины 4/1251  
 Бензотриазол(ы) 1/529, 85; 3/1164; 4/172, 174, 254, 640, 840, 1088; 5/123, 323  
 Бензотрифторид 1/529, 530; 5/406  
 Бензотрихлорид 1/529, 508, 510, 530, 719, 996; 2/177; 4/1202; 5/6, 583, 584  
 Бензотропилы 5/20  
 Бензотролоны 3/1054  
 Бензофенантридины 2/398, 399  
 Бензофенон 1/530, 358, 531; 2/88, 183; 3/364, 913, 974, 1234; 4/840; 5/6, 240, 369, 423, 790, 1001  
 Бензофенон-2,4'-дикарбонная кислота 1/351  
 Бензофенонимин 1/200  
 3,3',4,4'-Бензофенонтетракарбонная кислота 2/80; 3/1215, 1247; 5/385  
 Бензофлуорены 3/894  
 Бензофуран 5/427  
 Бензофуран-2-карбонная кислота 1/531  
 Бензофураны 1/531, 421, 1061; 3/575; 4/744, 745  
 Бензофураксан 5/431-433  
 1Н-Бензо[d,e]хиноазолин 3/951-953  
 Бензо[h,i]хинолины 4/719  
 Бензохиноны 1/531, 267, 336, 350, 421, 425, 430, 532, 533, 715, 1115, 1116; 2/182, 242, 437, 455, 460, 591, 972; 3/9, 388, 408, 542, 662, 767, 875, 1054, 1056, 1229; 4/419, 624, 737, 1125, 1148, 1269; 5/124, 433, 532, 533, 535  
 Бензоциклубутиден 1/531  
 Бензипинакон 1/530; 3/1025  
 Бензтиазурон 1/1031  
 Бензидин 5/419  
 Бенюмил 1/498; 4/247; 5/418  
 Бенсеразид 4/237  
 Бенсулд 1/1033  
 Бенсультат 2/469  
 Бентазон 1/1032; 3/994  
 Бентокарб 1/505  
 Бентонит 1/52, 789, 1141; 2/153; 3/284, 443, 837, 838, 992, 993, 1114, 1126; 4/91, 725, 1007  
 Бентонитовые глины, см. *Бентонит*  
 Бенуа графикы 5/813, 814  
 Бера закон 1/3; 2/861  
 Берберин 1/533, 534; 2/277, 398  
 Бергамилат 1/534

- Бергамотное масло 1/545, 1024; 2/1179; 5/1003–1005
- Бергаптеи 1/534, 535; 5/341, 342, 1004, 1055
- Бергаптенхион 2/1087
- Бергаптол 1/534, 535
- Бергбау – Бауэра реакция 1/1075
- Березовый деготь 2/15
- Берестовый деготь 1/339; 2/15
- Берзоли 4/649
- Берилл 1/535, 537; 2/1064; 3/242; 4/556, 670, 675, 680, 681, 1006; 5/654
- Бериллаты 1/536, 537
- Бериллизация 1/537
- Бериллий 1/535; 3/849; 5/937, 938
- алкоголяты 1/169
- алюминат 1/206; 2/1123
- антимонид 1/331
- арсенид 1/384
- галогениды 1/285, 536, 539; 3/1069; 4/835, 843, 846
- бораты 1/459, 1080
- борид 1/583
- бромид 1/536
- гидриды 1/220, 538, 591, 1079, 1080; 4/342, 343
- гидроксид 1/536, 539, 1092
- гидроксокарбонат 1/536
- гидроксокомплексы 1/536, 1099
- интерметаллиды 2/484
- иодид 1/536
- как катионоген 2/606
- карбид 1/536; 2/624, 625
- нитрат 1/536; 3/504, 505
- нитрид 1/536; 3/509; 5/52
- оксидзетат 1/536
- оксид(ы) 1/539, 536; 2/200, 734, 736, 887, 1043; 3/500, 698; 4/333; 5/1045
- оксосол 1/536
- определение 1/380, 381, 428, 537; 2/710, 1104; 3/169, 272, 512, 705, 707, 714; 4/424, 935, 936, 1221; 5/335, 336, 619
- органические соединения 1/538, 539; 2/622, 872, 924, 1104; 3/80, 81, 1229; 4/54; 5/935
- перхлораты 3/990
- полонид 4/99
- получение 1/537, 538, 869, 1104; 2/87, 177, 734; 3/635, 636, 1193; 4/342, 343, 561, 681, 1175; 5/205, 407, 651, 854, 895, 923
- применение 1/537, 538; 3/87; 5/920, 1022
- свойства 1/406, 535–537, 768, 787, 1015, 1080; 2/189, 282, 385, 767, 920, 1181; 3/74, 97, 439, 955, 957, 1144; 4/114, 300, 431, 584, 723, 813
- селенид 4/618
- силикаты 3/166; 4/674, 675
- сплавы 1/215–218, 537, 617, 1063; 2/133, 948, 1332, 1333; 4/809; 5/80
- сульфат 1/536, 539
- сульфид 4/911
- теллурид 4/1022–1024
- формагт 1/537
- фосфаты 1/537; 5/250
- фосфид 1/536
- фторид 1/539, 285, 536; 3/1069; 4/835, 843, 846; 5/391
- хлорид 1/536
- Бериллон II 1/537
- Беркеит 4/904
- Берклий 1/540
- арсенид 1/541
- бромиды 1/540, 541
- гидриды 1/541
- гидроксид 1/540, 541
- иодид 1/540, 541
- нитраты 1/541
- интрид 1/541
- оксиды 1/540, 541; 2/564
- перхлораты 1/541
- получение 1/541, 542
- применение 1/541; 2/564; 5/802
- свойства 1/131, 132, 540, 541; 3/488, 957
- сульфаты 1/541
- сульфиды 1/541
- фосфид 1/541
- фториды 1/540–542
- хлориды 1/540, 541
- Берлиит 1/218
- Берлисская лазурь 1/191; 2/268, 272, 273, 565, 1148; 5/703
- Берля седла 3/338
- Бероксан 2/1087; 5/341
- Беротек 4/1194
- Берри псеадовращение 2/907, 909, 910, 932; 3/392; 4/46, 47, 256, 257
- Бертло – Нериста закои 4/357; 5/101, 826
- Бертло – Томсеиа принцип 4/1085
- Бертолетова соль 2/239, 443, 584; 5/560
- Бертоллиды 3/434; 4/150; 5/515
- Бертрандит 1/535, 537
- Берцелианит 4/613, 619
- Берцелиуса таблица 3/413
- теория 3/572; 5/508, 509
- Бёрча реакция 1/542, 375; 2/886; 4/511
- Бёрча – Хюккеля реакция 1/542
- Бескислородные соединения
- защитные газы 2/326
- неорганические кислоты 2/777–784
- Бесконтактные методы
- кондуктометрия 2/895–897
- контроль проводящих сред 2/48
- термометрия 4/1077
- Беспропеллентные аэрозольные упаковки 4/196
- Бессемеровское производство 3/95
- Бессточные производства 1/466
- Бесстружковый анализ 1/542, 543; 3/431
- Бестигельное выращивание монокристаллов 3/256; 4/111, 112
- Бесфункциональные каучуки 2/284, 286
- Бесхлорные удобрения 2/348
- Бесшкальные датчики 2/1280, 1283, 1284
- Бесщелевые полупроводники 4/996
- Бетазин 1/312
- Бетаны 1/543, 251, 252, 1149; 2/371, 630, 654, 655, 1033, 1084, 1143; 3/106, 187, 487, 619, 620, 765, 1167; 4/699, 745; 5/653, 790
- Бетанал 1/1030
- Бетанехол 5/593
- Бетанииды 4/694
- Бетаптеи 3/444
- Бета-распад, см. Радиоактивность
- Бетафит 3/1077
- Бетон(ы) 1/544, 545; 2/111, 112, 1151; 3/35, 144, 145, 288, 328, 357, 512, 894, 1169, 1200; 4/293, 604, 724, 834, 1039; 5/407, 671, 909
- бесцементный, см. Полимербетон
- газонаполненные 4/133
- и радиационная защита 2/503; 4/289
- стойкость 4/290, 291
- кислотоупорные 2/776
- модифицирование 3/1169
- морозостойкость 3/272, 273
- огнеупорные 1/871; 3/650, 651
- отверждение 2/585, 1175
- пластификаторы 3/1117, 1118
- силикатные 1/871; 2/588
- ячеистые 1/209; 4/1041, 1042
- Бетулапленол 4/903
- Бетулин 4/903
- Бефеиум 4/225, 226
- Бешана реакции 1/545, 272; 2/331; 3/310, 316
- Биамбутол 5/973
- Биамперометрическое титрование 1/288, 289
- Биберит 2/829
- Бигуаниды 1/327
- Бигуаниды 1/453; 4/1249
- Бидентатные лиганды 2/926, 928
- Бидзин 1/1028
- Бидистиллят 2/159
- Бидрип 2/472
- Бизаболан 4/659
- Бизаболеи(ы) 1/545; 4/659, 660, 1092
- Би-зет, см. Хикуллид-3-бензилат
- Бикарбонаты 2/636. См. также Гидрокарбонаты
- Бикомпоиситные иити 4/1016
- Биксбит 2/1290
- Биксий 2/656, 657
- Бихукулин 1/546; 5/1052, 1053
- Биламид 3/487
- Билевон 4/225, 226
- Биливердин 2/279, 280; 3/622
- Биливердинредуктаза 2/279
- Биливстан 4/478, 479
- Билигност 4/478, 479
- Билиграфин 4/478, 479
- Билимиа 4/478, 479
- Билимиро 4/478, 479
- Билирубин 1/242, 483, 484; 2/279, 975; 3/622
- Билитраст 1/312
- Билоптин 4/478, 479
- Бильтриид 4/225, 226
- Биметаллические материалы 1/343; 2/48, 949; 4/1078
- Бимолекулярные реакции 1/546, 1216, 1217; 2/124, 125, 753–755; 3/222, 258, 294, 295; 3/545; 5/938, 939
- вблизи критической точки 2/1072
- газофазные 1/546, 547
- гетеролитические 2/313
- гомолитические 2/831
- дегидрогалогенирование 2/13, 14
- диффузионно-контролируемые 2/192, 193, 755
- жидкофазные 1/548
- замещение 1/182; 2/313, 831, 906, 931, 932, 939–941, 983; 3/602; 4/442, 859; 5/195, 295, 904
- и конкурирующие реакци 2/898
- изотопный обмен 2/388
- как элементарный акт 2/922
- квантовый выход 5/350
- кинетика 2/195, 759, 902, 903, 939–942; 4/1031, 1032
- механизмы 3/141, 142
- нуклеофильные 2/128, 313, 906, 931, 932, 940, 941, 983; 3/602; 4/422, 859; 5/195, 295
- обращение конфигурации, см. Вальденовское обращение
- перееквалирование 3/936
- переаминирование 3/937
- полимеризация 2/922; 3/1266
- правила пространственные 2/127–129
- стереоэлектронные 2/130
- присоединение 1/177; 4/416
- радикальные 4/164, 165
- рекомбинация ионов в газах 2/530
- с переходом тяжелых частиц 2/508, 509
- сечение 3/238
- согласованные 4/416; 5/365
- твердофазные 1/548; 4/433
- теория столкновений 1/546–548; 4/871
- фотоперенос протона 5/337
- фотохромные 5/360
- фрагментация 5/365
- электрофильные 2/128, 313, 940; 5/904
- элиминирование 1/1180; 5/938, 939
- Биапакрил 1/107
- Бинарные системы, см. Двойные системы
- Биафтил 5/649, 650
- 1,1'-Биафтил-4,4',5,5',8,8'-гексакарбоновая кислота 2/1095
- Бингамовская вязкость 4/486
- Биндон 2/439
- Биндшеллера зеленый 3/675; 5/530
- Бинодали 2/61; 4/370, 1003
- Био закон 3/772
- числа 2/1301; 3/1184; 4/1046; 5/821
- Биозаг 3/101, 861
- Биогенное вещество 1/553
- Биогенное происхождение нефти 3/457
- Биогенные геохимические процессы 1/1017, 1019, 1020
- Биогенные химические элементы 2/1010; 4/630
- Биогеохимические провинции 1/1020, 1022
- Биогеохимический поиск полезных ископаемых 1/1016
- Биогеохимия 1/1019
- Биогидрометаллургия 1/1104
- Биодегралация 2/989
- Биодезаминирование 2/17
- Биодоступность лекарств 5/109
- Биозиды 1/1127
- Биозы 3/746
- Биокатализаторы, см. Инженерная энзимология, Ферменты
- Биокоррозия 1/549, 770; 2/956; 3/1179, 1180; 4/83
- Биоосное вещество 1/553, 554
- Биоосные системы 1/1020
- Биологическая химия 1/557–559. См. также Биохимия
- Биологические методы анализа 1/549, 293
- Биологическое окисление дыхания, см. Дыхание и брожение, см. Брожение и обмен веществ 3/611, 612, 623–625
- фосфорилирование, см. Окислительное фосфорилирование
- Биололюминесценция 2/135, 1219; 5/149, 150, 153, 445
- Биомасса 3/155–157, 451; 5/150, 342. См. также Биосфера
- Биомембраны 3/48, 49–53; 1/470, 481, 484, 751, 1111, 1137; 2/527, 661; 4/1207; 5/269. См. также Токсини, Яды
- белки, см. Белки мембранные
- двойной электрический слой 1/560; 2/1
- и биосенсоры 4/628
- и кальмодулин 2/577, 578
- и незаменимые жирные кислоты 3/396
- и флуоресцентные метки 2/1185
- и черные пленки 5/776
- коферменты 2/654, 655
- липиды 2/522, 1188–1191; 3/48, 49; 5/39, 273
- биолог, см. Липидный биолог
- липолисомы 2/1200
- метаболизм и катализ 3/46
- молекулярная организация 2/424; 3/51, 52
- плазматические жиры 2/305
- потенциал 1/560
- проницаемость 2/35, 141
- транспорт ионный, см. Ионофоры
- кислорода 2/658
- фотосинтезирующие, см. Фотосинтез

- энергетика 1/560, 561. См. также *Дыхание, Окислительное фосфорилирование*
- явления механикоэлектрические 1/560, 561
- поверхности 3/1174
- Биоорганическая химия 1/550, 551
- Биоорганическая химия 1/551, 552, 553, 559; 3/210
- Биополимеры 1/553, 551, 552, 559, 860, 1100, 1129, 1137; 2/1162–1164, 1263; 5/38, 510. См. также *Хитин, Целлюлоза*
- антигены, см. *Полисахариды*
- гликаны, см. *Полисахариды*
- гликопротеиды, см. *Гликопротеины*
- действие канцерогенов 2/604–606
- как лиофильные золи 2/332
- как полупроводники 4/108
- конформационный анализ 2/914, 915; 3/1263
- липополисахариды 2/1196, 477, 1197, 1198; 1/324, 553, 1137, 1154; 4/35, 36, 38
- липопротеины 2/1198, 819, 1184, 1199; 3/483, 484, 555, 1132; 4/163, 927
- малоугловое рассеяние излучений 2/191
- молекулярная масса 3/220
- моносахариды 3/269, 270
- мутации 3/293–301
- полинуклеотиды, см. *ДНК, Нуклеиновые кислоты, РНК*
- протенины, см. *Белки*
- разделение 2/295; 5/813, 817
- синтез 3/790. См. также *Биосинтез, Генная инженерия, Матричный синтез, Хемосинтез*
- транспортные, см. *Транспортные биополимеры*
- хиральность 5/538
- Биоразлагающиеся моющие средства 2/27
- Биорегуляция 4/484
- Биосенсоры 1/561; 4/628; 5/151, 153, 916, 917
- Биосинтез 1/553; 5/718. См. также *Биополимеры, индивидуальные представители алкалоидов, витаминов, гормонов, липидов и др. ассимиляция 1/553, 1149, 1151; 2/633; 3/503, 504, 697, 810–812. См. также Анаболизм*
- генетических структур, см. *Генетическая инженерия, Генетический код, Гены*
- и биоазотфиксация 1/103, 104
- и биоокисление, см. *Брожение, Дыхание, Окислительное фосфорилирование*
- и метаболизм, см. *Обмен веществ*
- и синтез бактериальный, см. *Биотехнология, Микробиологический синтез, Микроорганизмы*
- матричный 1/1325, 1326
- фотохимический, см. *Фотосинтез*
- катализаторы, см. *Инженерная энзимология, Ферменты*
- меченых соединений 3/148
- Биосисталлы 4/706–708
- Биоспецифическая хроматография 1/416–418; 5/621
- Биоспецифические электроды 2/522
- Биостераны 3/379
- Биостераны 1/553, 554, 559, 1015, 1016, 1019, 1020; 5/3
- Биотекстиль 3/566, 567
- Биотехнология 1/554, 559; 2/421–423, 428, 989; 3/212, 283, 284, 594, 627; 4/428; 5/157, 158, 204, 237, 547
- генная, см. *Генетическая инженерия*
- и модифицирование полимеров 3/203
- инженерная энзимология 2/463, 464
- микробиологический синтез 3/155, 156, 157; 2/463
- Биотины 1/555, 40, 451, 556, 609, 751, 1155; 2/970, 1170; 3/1083; 4/634
- Биотиты 4/555, 556, 678, 679, 723, 724; 5/654
- Биофармация 5/109
- Биофильтры 3/861
- Биофлавоноиды 1/556, 322, 557, 745, 750, 752; 2/731; 5/203
- Биохимия 1/557, 558, 559; 5/151, 152, 509. См. также *Биоэлектрохимия*
- высоких давлений 1/1218, 1219
- и обмен веществ 3/210. См. также *Биоэнергетика*
- и очистка пластмасс 3/864
- сточков 3/860, 861, 864, 1055, 1169, 1170
- и прогоркание жиров 2/305
- и реакторы 1/773; 2/232; 3/155; 5/149–151
- корреляционные соотношения 2/942
- лазерная 2/1123
- Биоциды 1/559; 4/947. См. также *Пестициды*
- антисептики, см. *Антисептические средства*
- дезинфектанты, см. *Дезинфицирующие средства*
- как присадки 3/278; 4/174, 175
- консерванты, см. *Консервирующие средства*
- Биоцититы 2/970
- Биоэлектрохимия 1/559, 560, 561; 5/847, 924
- Биоэнергетика 1/561, 558, 559; 3/210, 225, 611, 624, 625; 5/34
- Бипирамидальные соединения 1/379
- Бипиридилы 2/141, 142, 248
- Бипиридины 2/141, 142; 5/333
- Бипольные ионообменные смолы 1/289
- Бирадикалы 1/562; 3/288, 891; 4/300; 5/684, 891
- Бирингит 3/351
- Биркенбаха – Губо – Уотера реакция 1/953
- Бирюза 2/222; 5/251, 281
- Бирюзовые красители и пигменты 5/382, 383
- Бисаболены 1/545; 3/432
- Бисакодил 4/720, 721
- Бисамиды 4/525
- Бисаммониевые соединения 1/328, 329; 3/845, 1164
- Бисапорфины 2/400
- Бисарены 1/824; 2/1035; 3/251; 4/468, 821
- Бисборангидразин 1/1071
- Бисгидразоны 3/655
- Бисдиазосоединения 4/1199
- Бисептол 4/902
- Бисерная полимеризация 4/953
- Бисерные мельницы 1/774; 2/354–356; 3/991; 4/765; 5/1006
- Бисквит 5/1113
- Бисмаленимидные смолы 5/430
- Бисмит 1/733, 738
- Бисмоцелит 5/552
- Бисмутин 1/733
- Бис(нафталин)хром 5/635
- Бисниобозены 3/494
- Бистри 3/1115
- Бис(трикарбонил(циклопентадиенил)-вольфрам) 1/823
- Бис(трикарбонил(циклопентадиенил)-молибден) 3/251
- Бисульфитная обработка древесины 4/119
- Бисфенан ПО 1/334
- Бисфенилтизохинолины 5/119, 120
- Бисфенол(ы) 1/163, 337, 436; 3/21, 1258; 5/133, 135, 143
- А 1/164, 562; 2/95, 96; 3/1213, 1252–1254; 5/132, 133, 959, 963
- диацетаты 3/1212, 1213
- дицлорформаты 3/744
- дициановые эфиры 4/70
- щелочные соли 4/44
- Бисцианамиды 4/70
- Бис-β-цианэтилгларсины 5/710
- Бисцианэтилолирование 5/709
- Бис-β-цианэтилфосфины 5/710
- Бис(η-1,5-циклооктадиен)никель 2/97
- Бисциклопентадиенильные соединения 1/823; 2/1035; 3/251; 5/713. См. также *Ферроцен*
- Бис(этилбисозон)хром 5/611
- Бити 4/225, 226
- Битиодий 4/230, 231
- Битионол 4/225
- Битовитин 3/1192
- Битуминозные пески 1/562, 205, 564; 2/169; 3/278, 452
- и сланцы 1/673
- Битумные материалы 1/563, 564, 871; 2/601
- бумагопропиточные 1/621
- лаки 1/562, 563, 564; 2/1129
- красильные 3/1245
- мастики 2/1319, 1320; 3/467
- пексовый латекс 2/837
- полимерные компаунды 2/868
- противокоррозионные 3/1180
- эмульсии 1/564
- Битумы 1/564, 872; 2/7; 3/168; 5/42
- асфальты 1/398, 564
- горение 3/648
- дилатансы 2/112
- дорожные 1/1178; 2/904, 1319; 3/724, 864
- дуктильность 3/447
- как олигомеры 3/743
- как плейкообразователи 3/1140
- камениугольные 2/596
- коксуемость 3/448
- нефтяные 1/564, 398, 562, 563, 565, 827; 2/1251, 1297, 1319; 3/442, 496, 452, 467, 1116; 4/612, 1059
- окисленные 1/565; 3/442
- остаточные, см. *Гудрон*
- песков, см. *Битуминозные пески*
- применение, см. *Битумные материалы*
- сланцев 1/673
- твердых горючих ископаемых 1/565, 566, 626, 627, 673; 2/596; 4/1223
- торфяные 4/1223
- Биурет 1/566; 3/280; 5/701
- и мочевины, смесь 4/134
- изоцианат 4/54
- свойства, см. *Биуретовая реакция*
- Биуретовая реакция 1/566, 393, 475, 989, 1123; 2/476; 3/930
- Бифенил 1/566, 373, 567, 947; 2/17, 315, 591, 593; 3/333; 4/61, 690, 768; 5/5, 649, 650. См. также *Дифенил вис-(Бифенили)аллиды 4/1255*
- 1,3-бис-(Бифенил)-2-(4-изопропилфенил)аллил 4/301
- 2-(4-Бифенилил)-5-(1-нафтил)-1,3,4-оксаланол 3/675
- Бифенил-4-карбиновая кислота 4/1095
- Бифеокс 1/1027
- Бифенолы 5/587
- Бифетрин 3/1042
- Бифенозол 4/228, 229
- Биформин 3/1249
- Бифункциональные соединения 2/420
- катализаторы 1/1160
- каучуки 2/284–286
- Бифуркации точки 2/1122, 1259
- Бифуркоза 3/748
- Бихроматометрия 1/670; 2/204, 205; 4/1189
- Бициклены 3/32
- Бициклические соединения 1/869
- Δ<sup>1</sup>-диазетин 2/66, 67
- пептидные антибиотики 3/927
- сесквитерпены 2/26; 4/659, 660
- углеводороды, см. *Бициклоалканы, Бициклоалкены, индивидуальные представители фосфоросодержащие гетероциклы 5/314*
- Бициклоалканы 1/142, 177, 317, 597; 2/26, 27, 130, 461, 787, 909, 911, 935, 940; 3/331, 332, 378, 580, 1025; 4/512, 1074
- Бициклоалкены 1/104, 142, 378; 2/130, 935; 3/332, 579, 581; 5/927
- Бициклобутан 1/177, 597; 3/332
- Бициклобутены 3/332; 5/927
- Бицикло[2.2.0]гекса-2,5-диен 2/366
- Бициклогексан 3/331, 332
- 1,1'-Бициклогексан-1,1'-диол 3/1025
- Бицикло[2.2.1]гепта-2,5-диен 1/142; 3/579
- Бицикло[2.2.1]гептан 3/580; 5/719
- экзо-Бицикло[2.2.1]гептан-2-карбоновая кислота, метиловый эфир 3/580
- Бицикло[2.2.1]гепт-2-ен 3/581
- Бицикло[4.4.0]декади-2,26, 27; 3/378
- Бицикло[4.4.0]декан-1-он 2/787
- Бициклодекапентаены 1/104, 378
- Бициклоимидин 3/927
- Бициклоноаны 1/142; 2/909, 911; 3/378
- Бицикло[2.2.2]октан-1-карбоновые кислоты 2/461, 940
- Бициклооктаны 2/130, 461, 940; 3/331, 378; 4/512; 5/729
- Бициклопентан 3/331, 332
- 1,1'-Бициклопентан-1,1'-диол 3/1025
- Бициклофосфаты 5/255
- Бициклофосфиты 5/266, 314
- Бичоффа-Брауна модель 5/110
- Бишлера реакция 1/567
- Бишлера-Мёлау реакция 1/567
- Бишлера-Напиральского реакция 1/567, 568; 2/398; 5/714
- Бишоаллит 1/956
- Бишофит 1/611; 2/1234, 1235, 1246, 1248; 5/552, 563
- БК, каучук 1/645–647; 2/705, 706
- Благородные газы 1/568, 407, 412, 569, 570, 1015; 2/77, 147, 163, 1043; 3/18, 19, 82, 83, 348, 413–415, 662, 956; 4/814; 5/387, 936, 937. См. также *Аргон, Гелий, Криптон, Ксенон, Неон, Радон*
- замороженные матрицы 5/446
- защитные 2/326
- как компоненты воздуха 1/399, 400, 794–798
- как носители в радиохимии 3/584
- как плазмообразователи 3/1099
- как редкие элементы 4/431
- радиоактивные 4/320
- сжиженные 2/300; 4/366
- твердые 2/1034; 3/226, 1144
- Благородные металлы 1/570; 2/766; 3/7, 76, 97, 1193, 1194; 4/591, 593; 5/651, 854. См. также *Золото, Платина, Платиновые металлы, Серебро*
- амальгамация 3/636
- анализ, бесстружковый 1/542, 543
- пробирный 2/709; 4/183, 184
- фотометрический 4/530, 531
- арфизин 3/413
- имитация 2/999, 1000
- как магнитные материалы 2/1242
- как редкие элементы 4/431
- кодиции коренных руд 4/560
- селективное коацитирование 2/818

- сплавы 2/1242; 4/809  
 Благородные минералы  
 опал 2/222  
 шпиль 1/206; 5/788, 789  
 Бладекс 1/1033  
 Блазер 1/1027  
 Блазера-Вормса формулы 5/286  
 Блана реакция 1/160; 4/1258; 5/222, 566, 567  
 Бланкофоры 3/837  
 Бланоза 2/633, 634  
 Бластидины 5/417, 422  
 Блеклые руды 3/165  
 Блеоксан 1/571  
 Блеомицин-гидролаза 1/571  
 Блеомициновая кислота 1/570, 571  
 Блеомицины 1/570, 321, 571; 3/926, 927, 1051; 4/236  
 Блеоцины 1/571  
 Блеск  
 медный 3/1  
 металлургический 3/96, 98  
 минералов 3/167  
 Ближний порядок 5/515  
 в жидкостях 2/300, 301  
 в металлургическом 3/97  
 Блокирующие агенты 2/406  
 Блокостяжные полимеры 2/1166  
 Блокосополимеры 1/571, 572, 858, 1001; 2/465, 1266; 3/202, 610, 905, 1136, 1260; 4/31, 40, 94, 699, 734, 734, 764-766, 844; 5/983, 984, 991, 992  
 виниловых эфиров 3/1227  
 как ПАВ 3/1165  
 кремнийорганические каучуки 2/1012  
 полиарилаты 3/1213  
 полиацетилены 3/1216  
 полиуретаны 4/56  
 проксамилы 4/188, 189, 202  
 проксанолы 4/189, 202  
 термоэластопласты 4/1087, 1088, 1089; 1/572  
 уретановые эластомеры 5/84, 85-87  
 Блочные процессы  
 изоморфное замещение в кристаллах 2/371  
 полимеризация 1/572, 632; 3/777, 1196, 1233, 1266; 4/21, 22, 30, 31, 39-41, 840, 953  
 - трехмерная, см. *Сетчатые полимеры*  
 - синтез нуклеиновых кислот 3/590  
 Бломстранда соль 2/573  
 Блуждающие токи 2/956; 3/1179, 1180  
 Блэка принцип 4/1028  
 БНК, каучуки 1/629  
 БОА, ингибитор 2/305  
 Бобровая струя 1/572, 573; 3/134  
 Бобровского эффект 5/898  
 Боголюбова-Бориа-Грига-Кирквуда-Ивоа уравнения 4/829  
 Боденштейна  
 метод 2/715; 5/682, 686  
 число 3/1184  
 Бозе-жидкость 1/1003  
 Бозе-Эйнштейна  
 конденсация 2/1035  
 статистика 2/718; 3/892; 4/826, 997  
 Бозоны 3/627, 892; 4/687, 826; 5/930, 932  
 Бойля точка 1/727  
 Бойля-Мариотта закон 1/573, 662, 924, 988  
 Бокса-Уилсона метод 3/1111  
 Бокситы 1/52, 207, 211, 213, 217, 934, 936; 2/263, 582; 3/288, 351, 356, 968, 1001; 4/633  
 Болеутоляющие средства 1/296, 297; 4/192, 569. См. также *Анальгетические средства*  
 Боллометры 3/493; 4/785  
 Болотный газ, см. *Метан*  
 Больцмана  
 постоянная 1/573, 908; 2/754  
 принцип 4/185, 1070  
 распределение 1/925; 3/1094; 4/1029; 5/886, 887  
 статистика 4/826, 827  
 уравнение 3/426; 4/830, 831, 1029  
 Больцмана-Вольтерры интеграл 4/485  
 «Большие транкализаторы» 3/398, 399  
 Бомба  
 калориметрическая 2/574, 575; 3/447; 4/1086  
 Парра 1/949  
 с листовым фильтром 5/195  
 Бомбардирующие частицы, см. *Ядерные реакции*  
 Бомбикол 5/161  
 Бона-Шмидта реакция 1/573; 3/690  
 Бонафтон 3/390; 4/218  
 Бонилл 3/1139  
 БОН-кислота 3/704, 705  
 Бор 1/573, 768; 3/406; 4/349, 350, 573; 5/54, 937  
 азид 1/343  
 арсениды 1/384, 574; 3/314  
 гидриды 1/596, 600, 602; 2/120, 282, 1138; 3/205, 236, 576. См. также *Боранты, Бораны, Бороводороды, Борогидриды металлов*  
 галогениды 1/574, 578, 579, 592, 612; 2/325; 4/1138  
 гидроксиды 1/582, 600; 2/783; 4/976; 5/259, 454  
 дейтерид 1/579  
 диоксигенилы 2/769; 3/971  
 интерметаллы 2/481  
 карбиды 1/576, 575, 584; 2/623-625, 879, 949; 3/243, 325, 499, 576; 4/33, 289; 5/43, 52, 371  
 нитрид 1/576, 574, 577, 1195; 2/47, 209, 477, 734, 806, 1055; 3/147, 205, 257, 499, 500, 508-510, 1126; 4/142, 333, 1007; 5/52  
 оксиды 1/577, 299, 300, 335, 575, 576, 578, 581, 582, 587, 1184; 2/453, 560, 582, 1234, 1251; 3/334, 698, 990, 1056; 4/110, 111, 333, 359, 690, 706-708, 835, 846, 1086, 1098; 5/52, 497  
 определение 1/121, 575; 2/654, 710, 711, 974, 1108; 3/113, 168, 169, 403; 4/1126; 5/873  
 перхлораты 3/986, 990  
 получение 1/575, 869, 1019; 2/391, 560; 3/413, 636; 4/561, 1175  
 применение 1/575, 576, 832; 2/209; 3/160, 161, 484, 698, 775; 4/106, 108, 115, 321, 836, 838. См. также *Борные волокна, Борные удобрения*  
 свойства 1/406, 575, 576, 1015; 2/189, 384, 385, 392, 832, 920, 1055; 3/96, 402, 955, 957, 958, 971, 1093; 4/103, 152, 433, 574, 723, 808, 813, 1019; 5/617, 652, 752. См. также *Борирование*  
 селенид 1/574; 4/618  
 силикаты 1/587; 2/583; 3/166; 4/674, 678, 680, 681  
 силициды 1/575  
 соединения, номенклатура 3/576  
 - полиэдрические 2/793  
 - органические 1/594, 578, 582, 588, 595-603; 2/120, 214, 622, 1015, 1101, 1107, 1142; 3/314, 432, 672, 722, 1122, 1125; 4/839, 893, 976, 1100, 1138; 5/462, 518, 537  
 - - аллильные комплексы 2/276  
 - - бораты 1/582, 583, 648; 3/980; 4/359  
 - - карбораны 2/649, 648, 650-652  
 - - полимерные 3/419. См. также *Боропластики, Бороорганические полимеры, Карборансодержащие полимеры*  
 - с металлами, см. *Бориды*  
 сплавы 1/575, 1039; 2/250, 260, 1008, 1153, 1154, 1242; 3/91, 249, 410, 482; 4/114, 142, 809, 1175  
 сульфид 1/574  
 трифторид 1/578, 566, 574, 589, 600, 635, 864, 948, 983, 995; 2/71, 76, 118, 120, 137, 140, 214, 282, 391, 645, 647, 665, 673, 697, 770, 779, 804, 1017, 1101, 1107, 1142, 1205; 3/123, 251, 285, 346, 528, 534, 558, 682, 718, 722, 764, 765, 803, 839, 913, 936, 1227, 1244; 4/169, 205, 525, 752, 802, 914, 1027, 1090, 1100, 1122, 1124, 1125; 5/8, 16, 57, 69, 141, 142, 222, 367, 388, 389, 392, 399-401, 982, 991, 1007  
 фосфиды 1/574; 5/257  
 хлорид(ы) 1/578, 574, 579, 582, 648, 894; 2/626; 3/190, 392, 698; 4/272; 5/116, 367, 450  
 Бора  
 магнетон 2/1244; 4/997; 5/868, 886  
 модель атома 3/959, 960  
 периодическая система химических элементов 3/956-958  
 радиус, см. *Боровский радиус*  
 щелочной эффект 1/1008  
 I-Борадамантан 1/178, 594  
 9-Борабицикло[3.3.1]иона 1/601  
 3-Борабицикло[3.3.1]ион-6-ен 1/178  
 Боразан 2/918  
 Боразин 1/579  
 Боразол(ы) 1/579, 592, 595; 5/713  
 Боразольные полимеры 1/594  
 Боразон 1/1220; 3/147; 5/53  
 Борамофос 1/587  
 Боранаты  
 металлов, см. *Борогидриды металлов*  
 органические 1/582  
 Бораны  
 неорганические 1/1083; 2/282, 919; 3/204, 333, 576; 5/266. См. также *Бороводороды*  
 органические 2/119. См. также *Бор, соединения органические*  
 полиэдрические, см. *Карбораны*  
 Бораты  
 неорганические 1/580, 574, 578, 581, 582; 2/222; 3/165, 166, 351-354, 1054; 4/835-837, 1162. См. также *Борные кислоты, Борные руды*  
 органические 1/582, 583. См. также *Бор, соединения органические*  
 фторсодержащие, см. *Фторобораты*  
 Борашикланы 1/594-598, 602  
 Бораниты 1/580, 581, 587  
 Бордо, красителя 3/524, 953; 4/74  
 АшФ ЗР 2/997  
 2С 2/149, 150  
 4С 2/221  
 Бордоская жидкость 2/587, 1334  
 Бориды 1/583, 575, 584, 585, 592, 1191; 2/249, 250, 671, 796, 1153, 1234; 3/76, 334, 353, 649; 4/465, 482, 575, 981  
 Борий 5/929  
 Борикаты 4/976  
 Борирование 1/575; 2/259, 1154; 3/1101; 4/808; 5/451  
 Бормагневые удобрения 1/587; 5/54  
 Бориа  
 модель 4/374  
 уравнение 4/409, 749  
 Бориа-Габера цикл 4/814  
 Бориа-Майера уравнение 2/510  
 Бориа-Оппейгеймера  
 приближение 1/45, 791; 5/880, 881, 883, 1056  
 теория растворов 4/374, 376  
 Бориаи 2/597  
 Бориаиносы 2/600, 601; 5/957  
 Борнезиты 5/714  
 «Борнейская камфора» 1/585  
 Борнеолы 1/585, 573, 586; 2/292, 597-599, 601; 3/580; 4/609, 714, 1090-1092; 5/438, 719, 1004  
 Борнилацетат 1/585; 2/601; 5/438, 1004  
 Борниловые эфиры 1/585, 586; 2/601  
 Борнилхлорид 2/597-599; 3/1027  
 Борнит 3/1, 2, 4  
 Борнитроаммофоска 1/587  
 Борнометиловый эфир 1/575  
 Борные волокна 1/574, 575, 593, 594, 802; 2/878-880; 3/145, 327, 329, 417  
 Борные кислоты 1/586, 337, 338, 573-575, 577, 580-582, 585-588, 783, 974, 1150; 2/1, 19, 79, 583, 588, 770, 783, 800, 822, 1081, 1251; 3/403, 690, 696, 703, 867, 1208; 4/205, 570, 641, 668, 838, 1109, 1191; 5/224, 385, 399, 400, 521, 616  
 и сопряженные основания 2/782  
 как антисептики 2/802  
 как удобрения 1/587  
 соли, см. *Бораты неорганические*  
 эфиры 2/1015. См. *Бораты органические*  
 Борные руды 1/586, 573, 574, 587  
 Борные суперфосфаты 1/587  
 Борные удобрения 1/587, 586, 588; 2/583, 870; 3/250  
 Бороалюмосиликаты 1/1125  
 Бороводороды 1/588, 574, 582, 589, 590, 596, 600, 602, 1079; 2/1205, 1234; 3/204; 4/76, 342; 5/463. См. также *Бораны*  
 Боровский радиус 1/590  
 Борогидриды металлов 1/590, 588, 591, 592, 870, 1079, 1080; 2/1205; 3/353, 354, 1038; 4/342. См. также *Боранаты органические*  
 Бородина-Хундликера реакция 1/592, 953; 2/645; 3/981  
 Бороксановые полимеры 1/594  
 Бороксолы 1/595  
 Боромицил 4/800  
 Боромиции 1/582  
 Бороитракокальцит 3/352  
 Борониевые соли 1/594  
 Бороинтротрафторид 1/605  
 Бороорганосилоксаны 3/806, 808  
 Боропластики 1/593, 594; 2/870, 880; 3/327, 1119, 1122  
 Бороорганические полимеры 1/594  
 волокнистые, см. *Боропластики*  
 карборановые, см. *Карборансодержащие полимеры*  
 Боросиликаты 1/587; 2/583; 3/166; 4/674, 678, 680, 681  
 Борофтористоводородная кислота 1/974; 3/576  
 Борт 1/188  
 Борфосфановые полимеры 1/594  
 Борше-Рида модификация 5/370  
 БОТ, ингибитор 2/305  
 Ботулинические токсины 1/603, 604; 3/846; 4/1194, 1195; 5/1045  
 Боуза вилка 4/680  
 БПК, см. *Бромиформный красный*  
 Браве решетка 2/1068, 1069; 4/994  
 Брахкинины 1/1120; 2/635, 759, 760; 3/884; 5/1040  
 Бразан 3/894  
 Бразилин 2/974  
 Бранисерт 2/546; 5/73  
 Брассикастерин 4/859, 860  
 Брассиловая кислота 3/291  
 Брассинолид 4/428



- Брассиностероиды 4/428; 5/195  
 Брауна правило селективности 1/604, 605  
 Брауна реакция 1/605, 230, 606; 2/6 ряды 1/605  
 Брауна-Уокера реакция 1/606  
 Браунит 2/1285, 1290  
 Браунса лнгийн 2/1173  
 Бреветоксин 5/1048  
 Бревиколлин 2/459, 460  
 Бреднин 3/594, 595  
 Бредта правило (запрет) 1/606, 607; 2/599, 935; 3/331  
 Презенты 3/1231, 1237  
 Брейта-Паули уравнение 4/686, 788  
 Брекпота реакция 5/939  
 Бреннера кислота 3/382  
 Брэнстеда активные центры 1/1056, 1057; 2/664; 5/679, 680  
 кислоты 4/244; 5/964  
 коэффициент 4/422  
 теория 2/778, 780–783  
 уравнение 2/939; 4/421, 422  
 Бреон 1/629  
 Брестан 1/193, 341  
 Бретилан 4/694  
 Бреуэллит 5/616  
 Бриджмена метод 2/557, 558; 4/951, 1024  
 Бриджмена-Стокбаргера метод 2/223; 3/255, 256; 4/604  
 Британские взрывчатые вещества 1/607, 109, 221, 280, 281, 608, 705, 706, 991, 999, 1000; 2/47, 126, 127, 131, 210, 212, 466, 467; 3/503, 522, 531, 532; 3/729, 1020; 4/162, 1082, 1102, 1103, 1111, 1249, 1265–1267; 5/666, 667, 985, 988. См. также *Детонация*  
 Брикетирование 2/842; 3/93, 894, 895  
 Бриллиантовые красители желтый 2/81  
 зеленый 1/338; 3/834; 4/230, 945  
 Бриллианты 1/188, 1185; 5/766  
 Бриллюэна зоны 4/995  
 Бринелля метод 4/998  
 Бродифакум 2/343  
 Брожение 1/608, 437, 558, 609–611, 649, 1000, 1101, 1102, 1135, 1137, 1147, 1155; 2/616, 646, 989, 1273, 1295; 3/101, 252, 253, 614, 627, 697, 785; 4/804; 5/39, 56, 152, 158, 663, 995, 997, 1015. См. также *Гидролизные производства*  
 и окислительное фосфорилирование 2/608–611; 3/668  
 и синтез АТФ 1/561  
 – – микробиологический 3/155  
 Бром 1/611, 768; 2/789; 3/170, 955, 958; 5/937  
 гидраты 1/911  
 как заместитель 3/569  
 оксиды 1/970  
 определение 1/468, 614, 894, 895; 2/449, 499, 507, 710–712, 770, 896, 1083, 1217, 1224; 3/64; 4/159, 396, 549; 5/124, 957. См. также *Бромометрия*  
 перхлорат 3/989  
 получение 1/614, 1019, 1109, 1175; 2/392; 3/413; 4/35  
 применение 1/614; 2/1267; 4/106. См. также *Бромная вода*  
 свойства 1/187, 412, 612, 613, 945, 962, 969, 970, 1004, 1005, 1178; 2/28, 129, 170, 171, 252, 282, 370, 385, 386, 522, 793, 810, 911, 912, 1181; 3/148, 165, 280, 346, 569, 584, 602, 603; 4/321, 334, 349, 515, 813, 853, 854, 856, 922, 1129, 1143, 1149, 1162, 1164–1166, 1255, 1256, 1269; 5/6, 16, 195, 408, 463, 608, 722, 878, 936  
 соединения 2/505; 3/573, 574. См. также *Броматы*, *Бромиды*, *Бромистоводородная кислота*, *Бромистый водород*  
 – включения 1/1193; 2/798  
 – межгалогенные 1/613, 950, 959, 966–968, 1099, 1193; 2/333, 536, 1038; 3/11, 12, 1237, 1238; 4/213, 339, 358, 548, 559; 5/553  
 – молекулярные 4/1122  
 – органические 2/376, 409; 3/765. См. также *Бромбензолы*, *β-Бромстирол*, другие представители  
 – – БПК, см. *Бромпиригалловый красный*  
 – – имиды, см. *Н-Бромсукцинимид*  
 – – си-эй, см. *Бромбензилцианид*  
 цианид, см. *Бромциан*  
 аксимеры 2/1037  
 1-Бромадамантан 1/34  
 Бромациолон 2/343  
 Бромазепам 4/1225  
 Бромазид 1/93  
 2-Бромакридин 1/112  
 α-Бромакриламид 1/127, 128  
 Бромалкансульфокислоты 4/896  
 N-Бромамиды 1/230, 425, 824, 1181  
 3-Бром-2-аминоантрахинон 1/239  
 Броманиновая кислота 1/238, 240, 353, 525  
 2-Бром-3-амино-5-нитрофенол 3/519  
 2-Бром-1-амино-4-(*п*-толуидино)антрахинон 2/302  
 4-Бром-2-амино-1,3,5-триметилбензол 3/25  
 Бромагидриды карбоновых кислот 1/1004, 1005; 2/887; 3/498  
 4-Броманилин 5/115  
 Бромантин 2/18  
 Бромантрахиноны 1/943, 945  
 Бромарггрит 1/611; 4/635  
 Бромометрия 1/614, 615; 2/887, 1224; 3/106; 4/945, 1189  
 Броматы 1/611, 613, 614; 2/499  
 Бромцетальдегид 4/277  
 Бромцетилены 2/550, 551  
 Бромцил 1/1032  
 Бромбензальцетифеон 1/617  
 N-Бромбензанилид 1/488  
 3-Бромбензантрон 1/489; 4/75  
 Бромбензилцианид 1/615, 497  
 Бромбензолы 1/615, 567, 616, 667, 945; 2/110; 3/696, 697; 4/419, 1095; 5/1000  
 4-Бромбензо-2,1,3-тиазолол 1/526  
 Бромбутилкаучук 1/646; 3/1244  
 4-Бромбутилфосфоний 5/277  
 (2-Бромвинил)бензол 1/617  
 2-Бромгексановая кислота 3/582  
 6-Бромгексилан 1/990  
 Бромгексии 3/847, 848  
 5-Бромгидантоин 1/1067  
 Бромгидрины 2/960; 3/11  
 Бром-3-гидроксibenзальдегиды 3/691  
 4-Бром-3-гидроксibenзойная кислота 3/693  
 4-(4-Бром-2-гидроксиметил-3-бутен-1л)-1-циклогексанкарбоновая кислота 3/574  
 4-Бром-3-гидроксхинофталон 5/536  
 α-Бромгидропероксиды 2/135  
 Бром-4,4'-диаминодифениловые эфиры 2/80  
 2-Бром-4,6-динитроанилин 3/523  
 1-Бром-3,5-дихлорбензол 5/11  
 1-Бромдизилсульфон 1/640  
 Бромелля 3/388  
 Бромеллит 1/539; 2/734  
 Бромелан 2/342  
 Бромид-броматная смесь 1/615; 3/713, 796, 797  
 Бромид-бромометрия 1/615  
 Бромиды 1/611–614, 616; 2/1277; 3/166, 530, 774, 776; 5/195. См. также *Галогениды*  
 Бромизовал 1/667; 4/743  
 α-Бромизовалериановая кислота 1/668  
 1-Бромизохинолин 2/398  
 Бромил 3/577  
 Бромилфторид 1/613  
 N-Бромимиды 1/824, 825  
 Броминданы 2/438  
 Броминдигто 2/441, 442  
 Бромидохлорметан 3/569  
 Бромирование 1/531, 824, 825; 2/398, 456, 745, 755; 3/384, 519, 714, 739, 740, 814, 1030, 1046, 1054; 4/81, 310, 853, 854, 856; 5/21, 22, 126, 131, 132. См. также *Бромное число*, *Галогенирование*  
 Бромистая кислота 1/485, 486, 613  
 Бромистоводородная кислота 1/458, 616, 736, 786, 970, 1041; 2/958; 3/576, 1046; 4/334, 543, 1165; 5/200, 705, 961, 974, 1007  
 Бромистый водород 1/616, 599, 612, 614, 720, 948, 955, 965, 1084, 1178; 2/129, 147, 312, 432, 439; 3/140, 253, 513, 576, 738; 4/312, 425, 898, 915, 1098, 1204; 5/537, 939  
 Бромистый изопропил 1/69  
 Бромистый пропиол 1/604  
 Бромистый этилен 1/614, 1203  
 Бромит-броматный анализ 3/69  
 Бромиты 1/611, 613; 3/69  
 3-Бромкамфора 2/600, 601; 4/609  
 Бромкарбоновые кислоты 1/393; 2/361; 3/253, 373, 582  
 бромангидриды 1/1004, 1005; 2/887; 3/498  
 эфиры, см. *Бромэфиры*  
 α-Бромкетоны 3/11, 814; 5/305  
 Бромкрезоловые красители 1/1039; 4/936  
 4-Бромксантоксиин 2/1087  
 Бромлазониновая кислота 2/1274  
 Бромметилэтил 1/909  
 Бромметаны 2/10  
 Бромметилацетат 5/415  
 Бромметилрование 5/567  
 1-Бром-N-метил-N-нитрозо-2-нафтил-амин 5/200  
 2-Бром-3-метилпентановая кислота 2/361  
 Бромметилпирролонин 2/279  
 α-Бромметилсульфонильные эфиры 1/602  
 Бромметилтрифеноксифосфоран 2/716  
 2-Бром-3-метокси-5-метилбензохинон 4/1125  
 2-Бромнафталин 5/126  
 5-Бромнафталинкарбоновые кислоты 3/373  
 5-Бром-1,7-нафтиридин 4/1017  
 6-Бром-1,2-нафтохинон 3/390  
 Бромная вода 1/504, 612, 614; 2/140; 3/170, 740; 4/469, 910, 915, 973; 5/133, 522  
 Бромная кислота 1/613  
 Бромнитробензолы 1/616  
 2-Бром-2-нитропропан 3/539  
 Бромноватая кислота 1/484, 485, 613, 1099; 2/850  
 Бромноватистая кислота 1/604, 612; 3/738; 5/570  
 Бромное число 1/616, 615  
 Бромоводород, см. *Бромистый водород*  
 Бромозил 3/577  
 трифторид 1/613  
 Бромосенаты 2/1088  
 Бромосенил 1/1027  
 Бромомелфины 5/398  
 Бромомолибдаты 3/247  
 Бромомолибденовые кислоты 3/247  
 Бромометрия 1/615; 2/1081; 5/133  
 Бромонсовые соединения 1/959  
 Бромнитротриаммиоплатина 2/930  
 5-Бром-3-оксо-2-хлоридол 4/1130  
 Бромосеребряная фотобумага 1/624  
 Бромформ 1/909, 970, 971; 2/36; 3/631; 4/340, 803; 5/56  
 Бромфос 2/470  
 2-Бромпептан 4/1143  
 2-Бромпентаиновая кислота 3/582  
 Бромпентафторбензол – толуол 3/478  
 Бромпирридин 1/261; 3/1045  
 Бромпиридиноградная кислота 3/679  
 Бромпиригалловый красный 1/617; 5/739  
 Бромпропаны 2/368; 5/739  
 Бромпропилат 1/107  
 N-Бром-2-пропилпирролонин 3/1081  
 Бромпропионовая кислота 1/138, 393; 3/253  
 цис-2-Бромстильбен 5/939  
 β-Бромстирол 1/617; 2/935, 936  
 N-Бромсукцинимид 1/183, 187, 198, 457, 477, 503, 504, 824, 825, 951–953; 2/28, 416, 646, 745, 1087; 3/739, 760, 938; 4/396, 803, 895, 1170; 5/141, 165, 219, 794  
 Бромсульфокислоты 1/616  
 2-Бромсульфонобутан 2/311  
 7-Бромтетрациклин 4/1110  
 Бромтимоловый синий 4/936  
 2-Бром-1,1,1-трифтор-2-хлорэтан 5/407, 408  
 Бромтрихлорметан 1/945, 965; 3/581; 4/1192  
 Бромуксусная кислота 3/881; 4/1224; 5/323, 410  
 11-Бромундесановая кислота 3/291  
 Бромурал 3/281; 4/743; 5/84  
 Бромфенолы 5/121  
 4-Бром-2-фенил-1,3-индандион 2/439  
 Бромфенилметан 4/273  
 эритро-2-Бром-1-фенилпропанол 1/951, 952  
 Бромфеноксы 1/1027  
 Бромфеноловые красители 2/448, 449; 4/936  
 Бромфенольные смолы 4/1089  
 6-Бромфенхон 5/147  
 Бромфосфораны 5/294  
 N-Бромфталанид 1/951, 952  
 2-Бромфуран 5/428  
 1-Бром-3-хлор-2-аминоантрахинон 2/440  
 3-Бром-1-хлорбутан 1/945  
 Бромхлорметан 1/504; 3/113; 5/579  
 7-Бром-5-(2-хлорфенил)-1,2-дигидро-3H-1,4-бензодиазепин-2-он 5/115  
 Бромхлорфеноловый синий 4/936  
 Бромциан 1/417, 477, 605, 968, 969; 2/6, 174, 422; 3/133, 470, 502; 4/1164, 1165; 5/149, 150, 428, 450  
 Бромциановое расщепление белков 1/477  
 n-Бромциклогексанион 2/91  
 Бромциклоксан 2/913  
 β-Бромэтиланин 3/63  
 S-(2-Бромэтил)тиофосфаты 4/1164  
 Бромэфиры 1/952, 1203; 2/140; 4/512  
 Бромиятарная кислота 4/389; 5/1015  
 Бронзы 1/617, 344, 345, 618, 1195; 2/320, 321, 948, 957, 1330–1333; 3/8, 9, 86, 95, 758, 759, 777; 4/139, 142, 806, 809, 876; 5/58, 126, 197, 257, 285, 371, 390, 391, 750, 753, 909, 1051  
 заменители 3/1221  
 как катализаторы 3/734  
 оксидные 1/618, 332, 671, 673, 813; 3/76, 241, 246, 273, 433, 434, 489  
 Бронзол 4/247  
 Броихорасширяющие средства 4/774, 861

- Броуновские процессы  
динамика 3/214  
диффузия 2/195  
коагуляция аэрозолей 1/448
- Брошантит 2/1334
- Бругия 4/652
- Брукит 3/1011; 4/1172, 1178
- Брунауэра-Эммета-Теллера теория 1/58
- Брусит 1/1093; 2/1246
- Бруфен 2/342
- Бруция 1/619, 94; 2/460; 4/391, 466
- Брызгальные градиры 1/1183
- Брызонос 1/851; 3/335-337, 339; 4/986
- Брэггит 3/871, 1128, 1132
- Брюстера метод 1/619; 3/773
- БСК, каучуки 1/635
- БТП, пенопласты 2/619
- Буво реакция 5/224
- Буво-Блана восстановление 1/619, 620
- Бугера-Ламберта закон 1/3
- Бугера-Ламберта-Бера закон 1/4, 408; 4/785, 1033; 5/66, 173, 334, 645
- Буден 1/631
- Будуара реакция 5/44
- Бухарбан 1/620, 327; 4/901
- Бухингема потенциал 3/20, 219, 390
- Буховое масло 3/60; 4/377-380
- Булгаран 4/660
- ε-Булгарен 4/659, 660
- Бульбокапин 5/1052, 1053
- Бульвален 1/620; 4/493, 1215
- Бумага(и) 1/620  
антисептики 5/127  
копировальные 3/131, 132, 160  
крашение 2/989, 121, 775, 990; 3/834, 1009; 5/412, 530  
отбеливание 5/560, 568, 754  
получение 1/337, 621, 644, 716, 1062, 1063, 1111, 1210; 2/29, 225, 284, 586, 602, 606, 731, 802, 989, 1164; 3/324, 472, 742, 1244, 1245; 4/771, 960, 965, 978  
применение 1/622, 941, 1062, 1063; 2/208, 272, 607, 801; 3/131, 132, 160, 802-804, 817-819, 834, 837, 1237, 1245; 4/283, 723, 724, 771, 772. См. также *Бумажная хроматография*  
реактивные индикаторные 4/398, 399; 1/575; 2/1148, 1231; 3/834; 5/829  
- терлостойкие 4/508  
свойства 1/621, 622; 2/212, 213, 322; 3/282; 4/572  
синтетическая 1/622, 623; 3/436; 4/1; 5/172, 278  
фотографическая 1/624, 502-505, 507, 508, 625; 5/665
- Бумажная хроматография 1/625, 626; 2/294; 3/433, 769, 796, 818; 4/555, 568; 5/284, 366, 621
- Бумажно-слоистые пластики 5/134
- Буметанид 2/180
- Буминафос 2/37, 38
- Бумификация 1/623
- Буна СВ 1/631
- Бунгароаксин 4/1194, 1195; 5/1035
- Буэнза  
горелка 1/468  
колбы 5/194
- Буэнза-Роско закон 5/329
- Бунзенит 3/481
- Бункеры  
вибраторы 1/707  
для дренирования 3/637  
реакторы 1/1107
- Бунте соли 2/171, 178; 4/1134, 1139, 1149, 1150
- Бупримат 5/418
- Бура 1/191, 337, 338, 573, 575, 578, 581, 582, 586, 587, 972; 2/709, 770; 3/347, 351, 352, 412, 726, 838, 944; 5/901
- Бураты, см. *Грохочение*
- «Бурья соль» 4/564
- Бурбоаль 1/680
- Бурдона манометр 4/1032, 1033
- Бурье железники 2/254, 269, 270; 3/634
- Буровые растворы 1/1002; 2/227, 585, 1175; 3/719, 1167, 1168; 4/870, 875, 903; 5/204, 205, 248, 669, 949, 951
- Буроугольный воск 1/825-827
- Бурье угли 1/626, 565, 627, 667, 1085-1089; 2/596; 3/1054, 1193; 4/100, 101, 194, 702, 703, 869, 1101; 5/42, 43, 51, 1058
- Буспирон 4/1226
- Буссиנסкая гипотеза 3/947; 5/30
- Бустерные насосы 3/343, 344
- 1,3-Бутадиен 1/627, 47, 185, 187, 204, 350, 420, 432, 438, 532, 533, 606, 628, 629, 638-640, 644, 650, 651, 714, 724, 788-790, 841-843, 1057, 1186; 2/11, 12, 13, 82, 97, 99, 100, 226, 366, 616, 665, 672, 707, 984; 3/389, 449, 450, 465, 477, 478, 706, 782, 833, 876, 917, 918, 964, 1061, 1064; 4/306, 417-420, 499, 607, 767, 927, 1128, 1158; 5/222, 570, 605, 646, 647, 725, 726, 732, 733, 738, 833, 876, 927, 995. См. также *Дивинил*  
конформеры 2/369, 908; 3/1177, 1178  
ртукураты 4/554  
оксиды 1/628; 2/983  
сополимеры 1/14, 15, 117, 235, 310, 572, 625, 629-631, 635, 640, 716, 718-720, 724, 845, 846; 2/87, 92, 284, 516, 631, 705, 706, 837, 921, 1150; 3/71, 110, 116, 123, 257, 327, 661, 917, 1234; 4/589, 739, 869, 1087, 1088; 5/341. См. также *Бутадиен-нитрильные каучуки*, *Бутадиеновые каучуки*, *Бутадиенстирольные каучуки*  
сульфон 4/927  
тетрабромид 1/628  
тиофен- н фенилзамещенные 4/1217
- Бутадиен-акрилонитрильные каучуки 1/629- 631; 3/436
- Бутадиен-метилстирольные эластомеры 4/732, 1088
- Бутадиен-нитрильные каучуки 1/629, 116, 118, 179, 502, 628, 630, 631, 636, 719, 1043, 1045; 2/705, 706, 804; 3/327, 1115, 1243; 4/130, 342, 441-445, 732, 766; 5/52, 134, 571, 799, 960, 993
- Бутадиен-нитрильные латексы 2/996, 1150
- Бутадиеновые каучуки 1/631, 628, 630, 632-635, 637, 645; 2/377; 3/79, 273, 326, 349, 445, 1114, 1243; 4/40, 41, 130, 342, 441, 443-445, 851; 5/52, 565, 571, 730, 799, 993
- Бутадиеновые эластомеры 4/1088
- Бутадиен-стирольные каучуки 1/635, 628, 630, 633, 634, 636, 637, 719, 831, 858, 1045; 2/377, 705, 706; 3/326, 327, 719, 1115; 4/40, 41, 441, 443-445, 661, 732, 869, 870; 5/571, 799, 951, 993
- Бутадиен-стирольные латексы 2/1150, 837; 4/129
- Бутадиен-стирольные термоэластопласты 1/648
- (η-Бутадиен)трикарбонилжелезо 2/97
- Бутадион 1/637, 297, 362, 638; 4/219
- Бутадиолдин 1/637, 638
- Бутакрил 1/629
- Бутагид 1/327
- Бутагифос 1/1033
- Бутаналь 1/196; 2/1297, 1298; 5/1004
- Бутан-бутилевоая нефтяная фракция 3/128
- 1,3-Бутандиин 2/85
- 1,4-Бутандикарбоновая кислота 1/46
- Бутандиовая кислота 1/432
- Бутандиолы 1/638, 643-645; 2/11, 85, 134; 3/291; 4/31, 1088; 5/86, 1058. См. также *Бутиленгликоли*
- 2,3-Бутандион 1/394; 2/85, 233; 4/894
- диоксим 2/117
- Бутановая кислота 2/643, 1295; 3/148, 149
- Бутаноли, см. *Бутиловые спирты*
- Бутанолит 1/651; 2/1141, 1142. См. также γ-*Бутиролактон*
- Бутанолизированные лаки 5/134
- 2-Бутанон 2/744; 3/128
- Бутансульфамид 4/897
- 2-Бутансульфиновая кислота 4/915
- Бутантиаль 4/1132
- Бутантиол 4/1136
- 1,2,4-Бутантриол 1/651
- Бутаны 1/638, 628, 639, 650, 833, 909, 913, 914, 927-930, 932; 2/6, 32, 366, 646, 671, 672, 677, 679, 680, 682, 686, 843, 907, 1273, 1274; 3/53, 79, 206, 289, 345, 346, 462, 557, 571, 572, 653, 726, 1001; 4/196, 421; 5/223, 681, 684, 983, 998
- Бутанпен 1/639
- Бутары 3/630
- Бутарисны 2/1102, 1103
- Бутахлоры 1/1029; 5/571, 572
- Бутацит 3/1223, 1224
- Бутгар 3/1223, 1224
- 2-Бутеналь 1/196; 2/1080, 1081
- 2-Бутен-1,4-диол 1/651; 2/1081
- Бутенил 3/574
- 1-Бутенилацетат 2/1298
- 1-Бутен-3-ин 1/713, 714
- 3-Бутенинитрил 1/181; 3/512
- 2-Бутеновая кислота 2/643, 644, 1079, 1080
- Бутенолиды 1/196
- 3-Бутен-2-он 3/109, 110
- Бутены 1/638, 157, 159, 233, 639, 640, 650, 927; 2/671; 3/128, 737, 739, 1063, 1064, 1066; 4/1060. См. также *Бутилены*  
α-изомер 1/628, 638-640, 647, 650, 667, 668, 923; 2/311, 366; 3/110, 1220; 4/23, 81  
β-изомер 1/638-640, 647; 2/311, 366; 3/104, 376, 571, 735; 4/197, 421, 850, 854  
сополимеры 2/922; 3/9, 740; 4/23
- Бутил(ы) 1/154, 838; 2/158; 3/569
- гидроперекись, см. *трет-Бутилгидропероксид*  
перекись, см. *трет-Бутилпероксид*
- Бутилакрилаты 1/640, 115, 116, 641, 648, 650, 724, 725; 2/808; 3/683, 1196; 4/22
- трет-Бутиламиноэтилакрилат 1/235
- Бутиламинами 1/641, 640, 642; 3/128, 619, 620, 1021; 4/359; 5/420
- 1-(4-Бутиламилино)аитрахион 2/302
- N-Бутиламилины 1/153-155
- 2-трет-Бутилантрагидрохион 1/780
- Бутилаты 1/1030; 3/767, 980; 4/1132
- N-Бутилацетанилид 4/494
- Бутилацетаты 1/642, 427, 642, 643, 650, 936, 1202; 3/1059; 4/286
- трет-Бутилацетатил 3/1225
- Бутилбензолы 1/158, 505; 3/292, 936
- N-трет-Бутил-2-бензотиазолсульфенанид 3/62
- 1-Бутилбензотриазол 4/172
- Бутилбромид 2/811; 5/368
- Бутилвалерат 1/667
- Бутилгалогениды 1/641; 2/811; 3/705; 4/426
- трет-Бутил-4-гидроксианизола 2/305
- трет-Бутилгидропероксид 1/643, 638, 650; 2/464; 3/69, 977; 4/301; 5/959, 961
- трет-Бутилгидрохион 3/1088
- трет-Бутилгипохлорит 3/346; 5/141
- Бутилглицидиловые эфиры 5/962
- 5-трет-Бутил-1,3-диметилбензол 3/292
- 4-трет-Бутил-2,6-диметил-3,5-динитроацетифенон 3/292
- 6-трет-Бутил-1,1-диметилпипидан 3/292
- 2-(трет-Бутилднметилслюкси)-1,3-бутандиен 4/1160
- 5-трет-Бутил-1,3-диметил-2,4,6-тринитробензол 3/292
- трет-Бутилднметилфенолы 1/163
- 2-втор-Бутил-4,6-динитрофенилизопронилкарбонат 1/107
- 2-(втор-Бутил-4,6-динитрофенил)-3-метилкритонат 1/107
- 2-трет-Бутил-4,6-динитрофенильный радикал 3/606
- 6-втор-Бутил-2,4-динитрофенон 3/563
- (6-втор-Бутил-2,4-динитрофенон)изопронилкарбонат 3/563
- 4-Бутил-1,2-дифенилпиразолидин-3,5-дион 1/637, 638
- трет-Бутилдифенилсилильная группа 2/326
- Бутилдентлики 1/643, 424, 430, 628, 644, 645, 651, 652, 1133, 1135; 2/809; 3/1221; 4/54. См. также *Бутадиаль*
- Бутиленоксиды 3/731, 732
- Бутилены 1/157, 638-640, 754, 928; 2/672, 677; 3/449, 727; 5/983. См. также *Бутены*
- Бутилендиамин 1/194
- Бутилендибутиламин 4/872
- Бутилизотионат 2/401
- Бутилоид 2/811; 3/705; 4/426
- Бутилкальцийоид 2/581
- Бутилкарбитол 2/627
- Бутилкаучук 1/645, 639, 640, 646, 647, 845, 996; 2/375, 673, 699, 1149, 1320; 3/125, 661, 740, 1244; 4/342, 441, 443-445, 734; 5/565, 799, 993
- «Бутилксантогенат» 1/647; 2/1086
- O-трет-Бутилксантогенатсульфида 1/647
- Бутиллактат 3/253
- Бутиллнтний 1/647, 85, 390, 527, 648, 658, 947; 2/88, 89, 186, 372, 381, 404, 651, 620; 3/72, 123, 179, 739, 831, 832, 1078; 4/566, 729, 912, 1143, 1157, 1252; 5/311, 373, 429, 635, 711, 785
- Бутилмалоновый эфир 1/637
- Бутилметакрилаты 1/648; 4/21
- 4-втор-Бутил-2-(α-метилбензил)фенон 4/557; 5/656
- трет-Бутилметилсилильная группа 2/326
- 4-трет-Бутил-3-метокситолуол 2/392
- 4-трет-Бутил-3-метокситолуол 3/291
- N-трет-Бутилмолевина 1/642
- 3,7-бис-(трет-Бутил)-1,5-нафтохион 3/388-390
- Бутилитрит 3/518, 932
- Бутиловые спирты 1/648, 199, 204, 424, 437, 610, 620, 640, 642, 649, 650, 668, 831, 1101, 1113; 2/2, 92, 550, 677, 989, 1023, 1082, 1295, 1298; 3/35, 282; 4/359, 396, 582, 804, 1257; 5/134, 305, 792, 1006
- втор-изомер 1/648-650, 668; 3/128, 574; 4/854
- n-изомер 1/640, 648-650

- трет*-изомер 1/542, 642, 643, 648–650, 668; 2/633, 942; 3/116, 523, 709, 712, 740, 980; 4/32, 801, 802  
изостроения 1/648–650; 2/677, 1295, 1298; 3/617, 618, 916; 4/803
- Бутиловые эфиры**  
кислота акриловая, см. *Бутилакрилаты*  
– капроновая 2/616  
– метакриловая, см. *Бутилметакрилаты*  
– пропеновая 4/207  
– третичные 1/1151; 2/647; 4/513  
– уксусная, см. *Бутилацетаты*
- трис*-(3-*трет*-Бутилдиоксиметилен-(±)-камфорато)европий 4/606
- трет*-Бутилпероксид 1/650, 956; 2/464, 898; 4/301; 5/56, 225, 993
- трет*-Бутилпирокатеины 1/628, 640; 2/93, 94, 375; 3/1057; 4/91, 869; 5/570, 571, 977
- втор*-Бутилсерная кислота 1/650
- Бутилстеарат 1/339; 4/1013
- 2-Бутилсульфат 3/128
- трет*-Бутилсульфенил-N,N-диметилдиптиокарбамат 4/494
- 4-Бутил-1,2,4(4Н)-триазол 5/419
- Бутилтриметилборат 1/597
- Бутилтрифторсилан 3/801
- трет*-Бутилуксусная кислота 1/971
- Бутилфенилкарбинол 1/390
- Бутилфеноло-формальдегидные смолы 5/134
- Бутилфенолы 1/156, 163, 164, 651; 3/563, 568, 1088; 5/133, 135, 1001
- N-*трет*-Бутилформамид 1/642
- Бутилформат 3/289
- Бутилфосфаты 4/1257; 5/254
- Бутилфталат 5/377
- Бутилхлорид 2/811, 942; 3/72; 4/422, 1110
- Бутилцеллозольв 5/659
- трет*-Бутилцианид 3/887
- 4-*трет*-Бутилциклогексан 2/764
- 4-*трет*-Бутилциклогексанола 1/651; 2/914; 4/605
- 4-*трет*-Бутилциклогексанон 4/853
- О-Бутил-S-этил-S-бензилдиптиофосфат 5/421
- 4-*трет*-Бутилциклогексилacetат 1/651
- 4-*трет*-Бутил-1,1-этилендиоксициклогексан 2/763, 764
- трет*-Бутилэтилкетон 1/203
- 2-Бутил-2-этил-5-метил-4-гексеналь 2/538
- Бутидиолы 1/651, 430, 644, 975; 4/195; 5/222
- 2-Бутинная кислота 2/643, 644
- Бутины 1/430, 431; 3/1225
- Бутиобат 5/421, 422
- Бутиральдегид 1/196; 2/1297
- Бутиральдол 2/1297
- Бутрат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Бутираты 2/1295, 1296
- S-Бутирилтиохолониниодид 4/1163
- Бутирилхолингалогениды 2/1296
- Бутирил-КоА 1/610
- Бутиробетан 1/544; 3/619, 620
- Бутиролактон 2/1137; 3/1039
- γ-Бутиролактон 1/651, 644; 2/1141, 1142, 1274; 3/106, 120, 358; 4/538, 1096, 1098; 5/975, 1058
- Бутирофеноны 3/398
- Бутит 2/1334
- Бутифос 2/53
- Бутилова  
реакция 1/652  
теория 3/572, 786; 5/509
- Бутлорова–Львова реакция 5/757
- Бутоксикарбосим 1/106; 3/703
- п-трет*-Бутоксисбензальдегид 2/743
- Бутоксидборан 1/582
- Бутоксикарбосим 3/703
- трет*-Бутоксикарбонил 3/569
- трет*-Бутоксильные радикалы 4/301
- 1-Бутокси-1-(2-фенилэтокси)этан 1/1063
- 2-Бутокси-(2-этоксизтил)acetат 4/494
- Бутопириноксил 4/494
- Бутозол 5/419
- Буфаненолиды 1/1130; 5/1044
- Буфалин 5/1044
- Буферные растворы 1/652, 139, 653, 1149; 2/571, 743, 1180; 3/625; 4/397, 398; 5/843, 915
- Буфогенины 5/1044
- Буфолы 2/281
- Буфоталин 5/1044
- Буфотенин 1/653, 654; 2/456
- Буфотоксин 3/1075; 5/1044
- Буфуралол 1/49, 59
- Бухера реакция 1/654, 271, 285, 655, 656, 1067; 2/138, 750; 3/380; 5/141, 197
- Бухерера–Бергса реакция 1/655, 656
- Бухерера–Лепти реакция 1/654; 3/387
- Бухера–Курциуса–Шлоттербека реакция 1/656
- БФГА, реактив 1/507
- Быстрогащаяся известь 2/350
- Быстродействующий смертельный фактор 5/1055
- Быстрорежущие стали 2/261, 485, 828; 4/808
- Быстрые реакции 4/880, 881; 5/445 и химическая поляризация ядер 5/460 и частицы 2/499, 500, 502, 503, 507, 508, 1212; 3/401; 4/1076
- исследованне, метод импульсный радиолиз 2/430, 503, 552; 4/292, 295, 462  
– фотолит 2/431, 623; 3/141, 143; 4/301, 304, 462  
полярграфия 4/128  
температурный скачок 4/1031, 1032  
принцип Кёртина–Гаммета 2/739, 127, 740, 914
- Бытовая химия 1/656, 449, 657; 2/237; 3/1167–1169; 4/195, 286; 5/777, 780
- отходы 3/789. См. также *Отходы производства и потребления*
- Бытовые топлива 3/446
- газ 1/1177; 4/194
- кокс и полукокс 2/839; 4/100, 101
- котельные 2/964, 965
- Бьеркмана лигнин 2/1173
- Бьеррума комплекс 4/406
- радиус 4/374, 375
- соотношение 3/837
- Бэмфорда–Стивенса реакция 1/658; 5/939
- Бэра закон 2/861
- Бюрера вектор 2/51, 52
- Бюхнера воронки 5/194

## В

- Вавеллит 5/251
- Вавилон закон 2/1222
- Вагнера реакция 1/659; 3/739, 740
- Вагнера–Меервейна перегруппировки 1/659, 585, 660; 2/206; 3/579, 581; 4/170, 610, 1098
- камфеновые 1/659; 2/599, 600
- пниаколинная и ретропниаколинная 3/1023, 939, 1024–1026; 1/659
- Вагонеточные печи 3/999
- Вагранки 2/263
- Вазелиновые масла 1/453, 810; 2/493, 574; 4/558, 721, 1012; 5/778
- Вазелины 1/660, 19; 2/901, 934, 1011; 3/636, 1144
- Вазинин 5/520
- Вазобриск 4/478
- Вазопрессия 1/660, 559, 661, 1171; 3/401, 626, 713
- Вазотоцин 1/660
- Вайберга индексы 3/235
- Вайденхагена реакция 1/498
- Вайсенберга эффект 4/485, 487, 489
- Вайтоны 5/397
- ВАК, клей 2/807
- Вакансин 1/907; 2/1071; 3/164; 4/117, 368, 994; 5/678, 861. См. также *Дефекты в кристаллах*
- Вакуум 1/661; 2/209, 499
- Вакуумные продукты газойли 1/920, 927, 1108; 2/166–170, 676, 681
- дистилляты 2/1251; 3/443
- масла 1/661
- Вакуум-процессы (методы) в неорганическом синтезе 3/421 в пирометаллургии 3/1069, 1070
- газоочистка 1/901, 902
- демономеризация 3/1202
- десублимация 2/892
- дистилляция 3/349
- дуговая плавка 3/249
- испарение 3/334
- металлотермия 3/88
- напыление 3/334, 335, 1104; 2/950; 4/807
- ректификация 3/339
- прессование 4/4
- сепарация 3/93
- сублимация 4/1021
- флотация 5/206
- формование полимеров 3/1249; 4/9, 10, 14, 15
- фотографические 4/626
- Вакуум-устройства
- вакуумметры 1/661, 662–664, 686; 2/159, 163, 166–169, 882, 1052, 1053, 1280
- насосы 2/882, 1011, 1309, 1315; 3/339, 343, 344
- печи 3/999
- пнемотранспортные 3/1157
- сушилки 4/964, 965, 967
- фильтры 3/637; 5/187–189, 191, 193, 194
- Вакенродера жидкость 4/657
- Вакер-процесс 3/79
- Вакцины 2/427; 3/1211, 1212
- Валексон 1/497
- Валентинит 4/992
- Валентная зона 4/103, 104, 995, 996, 1075
- Валентная изомерия 2/366; 3/579; 4/992
- Валентность(и) 1/664, 665; 3/204, 413, 785; 5/460, 461, 508, 509
- «блуждающая» 2/873
- главные, см. *Макромолекулы*
- и ковалентная связь 2/832
- и колебания молекул 2/853
- и мессбауэровская спектроскопия 3/67
- и молекулярные модели 3/227
- ионов 5/996
- свободные и химические реакции 3/545. См. также *Макрорадикалы*
- электролитов 5/857
- Валентные молекулярные орбитали 2/794; 3/237
- Валентные углы 1/665; 3/208, 210, 219, 227, 228, 330–334, 390, 580, 600; 5/460, 462, 649, 650
- Валентных связей метод 1/665, 666, 667, 1066; 2/722, 831, 904, 1263; 3/223, 390, 468; 4/447, 790; 5/461
- Валентных схем метод 1/665–667; 2/831
- Валерат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Валераты 1/667
- Валериановое масло 2/598
- Валериановые кислоты 1/667, 668; 2/643, 644; 3/614; 4/499, 609, 904
- Валерию 4/609
- δ-Валеролактон 2/1137
- δ-Валеролактон 2/1141, 1142, 1153
- Валидол 1/667; 3/60
- Валилцианидид 2/414
- Валин 1/668, 134, 135, 249, 415, 472, 482, 743, 1012, 1013; 2/232, 1298; 3/175, 578, 582, 619–621; 4/1075, 1119, 1260; 5/794, 954
- Валиномицин 1/552, 560, 668; 2/34, 522, 523; 3/924, 927; 4/628
- Валиум 4/1224, 1225; 5/520
- Валковские аппараты 1/1188; 2/352, 982, 1130; 3/633; 4/180
- Валлаха перегруппировки 1/669, 84, 272
- Валлезнахотаман 2/457
- Валокордин 1/667
- Валокс 3/1220–1222
- Валоцел 2/633, 634; 3/126, 127, 718
- Вальдена–Писсаржевского правило 5/899
- Вальденовское обращение 2/128, 313, 906; 3/133, 186, 187, 268, 350, 602, 1024; 4/858, 859, 867; 5/96, 195, 904, 1015
- Вальпурова кислота 4/241
- Вальтерилacetат 1/669; 2/653
- Вальцевальные аппараты 1/1188; 2/40, 358, 1050; 3/303, 1115; 4/7, 57, 960, 965
- Вамидотон 2/471
- Ванадометрия 1/669, 670; 2/1180; 3/796, 797
- Ванадаты 1/670, 618, 671–673, 679; 3/165, 166, 969; 4/359; 5/253
- Ванадиевая коррозия 4/399
- Ванадиевые кислоты 5/366
- соли, см. *Ванадаты*
- Ванадий 1/672, 673–675; 2/1251; 3/871; 4/431; 5/937
- антимониды 1/331
- арсенид 1/384
- бериллид 4/585
- борид 1/583, 584, 673
- бромид 1/677
- галлид 1/673, 935
- галогениды 1/676, 673; 5/712
- германид 1/1037
- гетерополикислоты 1/1060
- гидриды 1/1081
- гидроксиды 1/677, 678
- интерметаллиды 2/483
- ниодиды 1/677–679
- карбиды 1/673, 675; 2/260, 624, 625; 3/75; 4/1009
- карбинол 2/641
- коррозионная активность 4/399
- нитрид 1/673; 4/1009
- оксиды 1/677, 618, 665, 667, 673, 675, 678, 679, 1055; 2/26, 112, 663, 664, 666, 672, 1092; 3/168, 371, 372, 390, 699, 973, 1019, 1056, 1067; 4/193, 567, 627, 644, 657, 835, 869, 885; 5/223, 333, 378, 795
- определение 1/121, 381, 670, 674, 675, 763; 2/139, 205, 569, 710, 838, 1090, 1104, 1224; 3/169, 272, 703, 969, 1044; 4/397; 5/118, 128, 379
- органические соединения 1/675, 169, 364, 365, 676, 902; 2/203, 984, 1035, 1092; 3/83; 4/54, 1191; 5/992
- получение 1/562, 672, 674; 2/596, 597, 1235; 3/90, 98, 413; 4/559, 561, 712, 1057; 5/298, 789, 923
- применение 1/675; 3/71, 161, 334; 4/669, 670, 835; 5/712, 730, 920
- свойства 1/673, 674, 1015; 2/671, 672, 1099; 3/74, 93, 955, 958, 1093; 4/574, 584, 723, 813, 1009; 5/49, 455

- силициды 1/673; 4/584, 684, 685  
сплавы 1/618, 671, 678; 2/249, 250, 257, 260, 261, 263, 625, 827, 828, 949, 1153, 1241–1243; 3/15, 88, 249, 482–484, 498; 4/984, 1174, 1175, 1180, 1181; 5/619  
сульфат 3/796, 797  
сульфиды 1/674; 4/585  
тиосоли 2/710  
токсичность 1/398, 399, 1107, 1108; 2/32, 680, 681; 3/454, 456–458, 849, 1194  
феррит 2/483; 5/163  
фосфаты 5/249  
фосфид 5/256  
фториды 1/673, 676, 950; 2/1090  
хлориды 1/673, 677; 2/263, 673; 3/439, 552; 5/5, 712, 992  
цианиды 5/703  
Ванадил 3/79, 577  
Ванадий 1/672  
Ванадиопириль 5/788  
Ванадигты 1/670  
Ванадоцен 1/676; 3/91  
Ван Везера теория 5/246, 247  
Ван Демерса уравнение 1/919  
Ван ден Верга реакция 2/279  
Ван дер Ваальса  
взаимодействие 3/16, 164, 211, 224–227, 331; 4/994; 5/463  
кристаллы 2/1056; 3/226  
постоянная 3/1171  
радиусы 1/412; 3/227, 228, 331, 1145  
уравнение 1/679, 57, 926; 3/16, 261; 4/762; 5/70–72  
Ваниль 1/680  
Ванилиламин 2/617  
Ванилин 1/680, 195, 198, 453, 511, 557, 681, 988; 2/237, 238, 1173–1175; 3/658, 686, 693, 1089; 4/868, 920; 5/386  
Ванилиновая кислота 2/1173  
Ванниид 5/386  
Ван Лаара уравнение 3/828, 829  
Ван Ниль уравнение 5/349  
Ваниные печи 3/999, 1001, 1002  
Ван Слайка метод 1/681, 252, 273  
Вант Гоффа  
закон 4/365, 372, 373, 388; 5/857  
принцип 2/1168  
уравнение 2/902; 3/827–829  
Вантгоффт 3/361  
Ван Флека парамагнетизм 3/882  
Ванцид 4/225, 226  
Вар 3/894  
Варбурга импеданс 2/429; 5/919  
Варбурганаль 1/342  
Вариабельные петли 2/423–425; 4/1238, 1239  
Вариантность системы 5/98–100  
Вариационный метод 1/681, 666, 682; 2/721, 723, 726, 904; 3/233, 234, 468; 5/875  
Вариационный принцип 1/681  
Варисцит 1/218  
Варка  
«сернистая» 4/1117  
стекла 3/1000; 4/709  
целлюлозы, см. *Целлюлоза*  
Варфарин 2/342  
Васка комплекс 2/537  
ВАСК-уравнение состояния 5/71  
Вассермана реакция 2/188, 876  
Вата 2/327  
медицинская 1/733  
минеральная 2/733; 4/1041, 1042  
Ваули 5/49  
Вазит 3/486  
Ватхин 2/171, 172  
ВВ и ВВВ, волокна 5/22  
Вебера число 3/1183  
Вегарда правило 4/1006  
Ведрил 4/22  
Везикулы  
в фотографии 4/501, 507, 509; 5/245  
липиды 2/1199, 1200  
Вейбулла модуль 2/903  
Вейса постоянная 2/1238  
Векное равновесие радиоактивного ряда 4/322, 325  
Векстра 3/1213  
Векторы  
Бюргера 2/51, 52  
директор 2/289  
межатомные рассеяния излучений 2/191  
обратной решетки 2/189  
Векшинского метод 3/255  
Велака 4/90  
Вёлера реакция 1/682, 683  
Велосиметрическая дефектоскопия 2/49  
Велосит 2/463  
Велпар 1/1033  
Вельц-процесс 3/1069; 5/749  
Велюровое никелирование 1/975  
Вендлекс 1/108  
«Венерины волосы» 4/567  
Венкера реакция 5/989  
Вентиляторы 2/881, 880, 882; 1/1183, 1184; 3/340, 853, 1190; 4/954, 959–962  
Вентури  
скрубберы 1/899, 906, 907; 2/613; 5/24, 25  
сопла 2/1281  
трубы 4/384  
Вепсин 5/421  
Верапамил 1/683, 320; 4/773  
Вератровая кислота 2/171; 5/17  
Вератровый альдегид 3/880  
β-Вератроилпропионовая кислота 5/793  
Вератрол 1/988; 3/1057; 5/1008  
Вербанол 4/588  
Вербеновое масло 1/683  
Вербеиол и вербеион 1/683; 3/60, 1027; 4/588  
Вербоксид 1/683  
Вердазилий-катион 1/684  
Вердазильные радикалы 1/683, 562, 684; 4/302; 5/219  
Верде  
постоянные 5/107, 108  
уравнение 5/546  
Верел 3/192  
Веретинные масла 2/463, 1243; 4/1115, 1116  
Веркблен 4/183, 184  
Вермикулит 2/1233; 3/992; 4/724, 1007, 1041  
Вермокс 4/225, 226  
Вернальдегид 3/178  
Вернал 1/1030  
Вернейля метод 1/214, 1184; 2/223; 3/256; 4/879; 5/164  
Вернера  
перегруппировка 1/469  
периодическая система элементов 3/956–958  
теория 2/778  
Вернолат 1/1030; 4/1132  
Верографии 4/477, 478  
Веронал 3/281; 4/742  
Верофиксы 1/129  
Верошпирон 4/800  
Вероятностный множитель 4/871  
Вероятность  
доверительная измерений 3/136–139, 638, 639; 4/181, 182  
квантовых переходов 2/124, 125, 726–728  
состояния системы 5/957  
термодинамическая 5/499  
туннелирования 5/27  
эффекта Мёссбауэра 3/65  
Версалид 3/292, 293  
Версалон 3/741, 742  
Версамиды 3/741, 742  
Вертекс 1/650  
Вертикальные потенциалы ноннзации 4/151, 152  
Верховый горф 1/827; 4/1222  
«Веселящий газ» (геммоксид азота) 1/94–96, 1070, 1094; 2/221, 561, 566, 610; 4/196, 477, 812  
Весовой анализ, см. *Весовые методы, Гравиметрия*  
Весовые дозаторы 2/218, 219  
Весовые коэффициенты 2/749  
Весовые методы, см. также *Весы, Взвешивание, Гравиметрия*  
дозирование 2/218, 219  
определения адсорбции 1/54  
– давления пара, см. *Тензиметрия*  
Вестауд В 3/1220–1222  
Вестамид 3/1210  
Вестан 3/1139; 4/90  
Вестеамеры 5/731  
Вестерберга реакция 1/684, 685  
Вестирон 4/39, 40  
Вестолен 3/1139  
Вестолит 1/725; 3/1232–1235  
Востока элемент(ы) 1/223; 2/553, 557; 3/582, 583; 4/549; 5/917  
Вестфалья весы 3/1148  
Весы 1/685, 686–697; 3/144. См. также *Взвешивание*  
Вестфалья 3/1148  
газовые 3/217  
кольцевые 2/1282  
крутильные 1/685, 687, 688, 693, 694  
Ленгюра 3/260  
магнитные 2/1238  
Мак-Бена 3/217  
Мартина 3/217  
микрохимические 1/687, 688; 4/158  
Мора 3/1148  
Мора-Вестфалья 3/1148  
пленочные 3/260  
Претля 4/158  
пробирные 1/686  
термические 1/1182  
технологические 1/686, 694–697, 693  
токовые 1/685, 695, 696  
электронные 1/685, 687–690, 692–697, 700, 701  
Ветиверилатетат 1/697  
Ветиверктон 1/697  
Ветиверовое масло 1/545, 697; 5/1003, 1004  
Ветиверол 5/1004  
Ветивая 5/1004  
Ветинилатетат 1/697, 698  
Ветинилпропионат 1/697, 698  
Ветииол 1/697  
Ветииол 1/697, 698; 2/237  
Вечный двигатель 1/839; 3/935  
Вещественный анализ 5/104, 105  
Вещество(а) 1/698  
биогенное 1/553  
в алхимии 1/189–191  
взрывчатые, см. *Взрывчатые вещества*  
живое 1/553, 554, 1019; 2/963; 3/161  
индикаторное 2/756, 757  
интегральные молекулярные признаки 3/231  
ключевые 4/718  
космического происхождения 1/554  
названия, см. *Номенклатура*  
метаболизм, см. *Обмен веществ*  
«наследственности», см. *ДНК, Нуклеиновые кислоты*  
отравляющие, см. *Отравляющие вещества*  
постоянство состава, закон 4/150; 3/413  
природные 3/784  
простые 1/698; 3/575, 577; 4/23, 102; 5/936, 954  
радиоактивные 1/554  
снитчатые 3/784  
сложные 1/698  
состояния, см. *Агрегатные состояния*  
стандартные образцы 4/819  
термодинамически подобные 4/763  
фрагментация, направления 2/1316  
чистота абсолютная 3/835  
– высокая и ультравысокая 3/834, 835  
– особая, см. *Особо чистые вещества*  
– суммарная 3/834  
– «ядерная» 3/414  
ВЖК, см. *Высшие жирные кислоты*  
Взаимные процессы  
диффузия 2/196–199, 478, 1072, 1074  
растворение 5/604  
Взаимодействие гем – гем, см. *Гемоглобин*  
Взаимопроникающие полимерные сетки 4/53, 57, 661  
«Взвешенный слой» 4/259  
Взвешивание 1/698, 701. См. также *Весы*  
двойное 1/700  
компенсационное 1/685  
наибольший предел 1/686  
простое 1/699  
прямое 1/685  
точное 1/700  
Взрыв(ы) 1/701, 702, 703, 715; 2/1164. См. также *Взрывные процессы, Взрывоопасность, Взрывчатые вещества*  
аднабатический 3/954  
бризантный и фугасное действия 1/607, 705  
вырожденный цепной 5/691  
давление и категория помещения 3/1187  
и горение 2/466  
и ультразвук 5/60  
как метод нанесения покрытий 2/950  
как окисление горючей смеси 1/608  
процессы, см. *Взрывные процессы*  
тепловой 1/828; 5/689  
термоударные 4/318; 5/3, 802, 1018, 1019  
ударные волны 5/52, 53; 2/46, 47, 146, 466, 623; 3/146, 429  
Взрывная волна 1/702  
Взрывные процессы 2/119, 630, 652, 767, 769, 796, 1108, 1277; 3/348, 517, 518, 648; 5/12. См. также *Взрыв твердодиффузные* 4/252, 414  
формы, детонация 2/46, 47  
фотоинтографические 5/334  
электронная эмиссия 3/97  
Взрывозащита, устройства 1/704, 705  
Взрывоопасная среда 1/703  
Взрывоопасность 1/703; 2/47. См. также *Взрыв, Взрывчатые вещества* и пожароопасность 3/1187–1191  
и сигнализаторы горючих газов 4/666  
и флегматизация 3/1191  
и категорирование объектов 3/1189  
Взрывчатые вещества 1/705; 2/1088; 3/319, 324; 3/505–507, 519, 558, 1020, 1228; 5/117, 514. См. также *Взрыв, Взрывоопасность*  
антритузные 1/706  
бризантные, см. *Бризантные взрывчатые вещества*  
вторичные 1/607, 608, 705; 2/466, 467  
дробящие 1/607, 608  
индивидуальные 1/607, 705, 706

- иницирующие, см. *Иницирующие взрывчатые вещества*  
 металлы 1/705, 706; 2/934  
 первичные 1/705; 2/466, 467  
 пластификаторы 3/683  
 пороха 4/134, 135, 136; 1/705  
 предохранительные 4/157, 158, 731; 1/281, 706  
 распад, механическая активация 3/146  
 самовоспламенение 1/829  
 селективно-детонирующие 1/706; 4/162  
 смесевые 4/730, 731; 1/608; 3/360, 988, 1020  
 температура вспышки 1/838  
 термостойкие 4/1082, 1254; 1/608, 706, 1000
- Внадрил Г 4/812
- Вибрационная техника 1/706; 2/490, 1307; 3/144; 5/715, 824, 831  
 веса 1/685, 696, 697  
 грануляторы 1/1187  
 грохоты 1/1205–1207  
 и материалы 2/328, 708; 4/137, 138  
 и методы (процессы), вискозиметрия 1/729  
 —, дилатансия 2/112  
 —, коагуляция 2/816  
 —, прессование 2/736  
 —, псевдооживление 4/259, 963  
 —, реология 4/487, 490, 491  
 измельчители 1/707, 708; 2/146, 339, 353, 354; 4/139  
 мешалки 3/943  
 питатели 3/1083, 1085, 1086  
 плотмеры 3/1151  
 сепараторы 3/633, 636  
 сушилки 4/963  
 уровнеры 5/88  
 центрифуги 5/675, 676
- Вибронное взаимодействие 5/28, 880  
 Виоанит 2/266; 5/281
- Ви-газ 3/842–844, 846; 5/981, 982, 1045. См. также *О-Этил-S-β-ди-изопропиламиноэтилметилфосфонат*
- Видарабин 4/218  
 Видемана–Франка закон 3/97, 98  
 Видлон 3/1201
- Видоспецифические белки, см. *Интерфероны*
- Вика метод 4/1053, 1054  
 Викалин 1/557  
 Викаллой 2/828, 1242  
 Викасол 1/322, 749, 750  
 Викалска 4/15  
 Викакса метод 4/998  
 «Викор», стекло 2/1028  
 Викрол 3/1241  
 Викрон 4/90  
 Викапан 4/49, 50  
 Виктрекс 4/43  
 Виллемент 4/977  
 Виллемент 5/746, 749  
 Вильгельми метод 3/1171  
 уравнение 5/509
- Вильгердта реакция 1/708  
 Вильгердта–Киндлера реакция 1/708, 709
- Вильсмайера реакция 1/709; 2/419; 5/223, 224
- Вильсмайера–Хаака реакция 1/709, 710
- Вильямсона синтез 1/710, 170, 711; 3/817; 5/1008
- Вильсона камера 2/505  
 уравнения 5/71
- Вина эффект 2/8; 3/182; 5/900  
 Винаблэин 4/236  
 Винил, заместитель 3/569
- Винил- и дивинилшестиленовые лаки 1/711, 712, 714  
 α-Виниллазды 1/77  
 Виниллазолы 1/712, 713  
 Винилалкиловые эфиры 1/723; 2/697; 3/832  
 Винилаллиловые эфиры 2/786  
 α-Винилаллилоксиды 1/711  
 Виниламины 2/516; 4/500; 5/974  
 Винилацетат 1/713, 199, 420, 427, 717, 718; 2/665, 806, 807, 1150; 3/54, 79, 84, 351, 875, 1223; 4/265, 304, 418, 581, 693, 734; 5/56, 57, 982  
 сополимеры 1/114, 118, 716, 724, 725, 788, 789; 2/103, 808, 809, 997, 1080; 3/110, 114, 278, 905, 907, 991, 1013, 1136–1139, 1197, 1199, 1227, 1234, 1236, 1237; 4/175, 306, 590, 764, 765; 5/983
- Винилацетилен 1/713, 430, 711; 2/36, 85, 100, 245; 3/110, 1043; 5/96, 570  
 N-Винилбензимидазол 1/712, 713  
 Винилбензол 4/868–870  
 3-Винилбензотиофен 2/90  
 N-Винилбензотриазол 1/712  
 Винилбораны 1/596  
 Винилборная кислота 1/594  
 Винилбромид 1/717, 718; 5/195  
 Винилбутилены 2/1103  
 Винилбутиловый эфир 1/118, 717, 718, 1063; 4/765  
 Винилбутират 1/717, 718  
 N-Винилбутиролактан 1/721  
 Винилгалогениды 1/150, 360; 2/14  
 дис-Винилдифосфиндоксида 5/441  
 Виниленакарбонат 2/638, 639  
 Винилдиеновые комплексы переходных металлов 3/825  
 Винилденфторид 1/714, 995, 1045; 2/1150; 4/285; 5/389, 397, 402–404  
 Винилденхлорид 1/715, 80, 723, 724, 948; 2/14, 837; 3/10; 4/304, 1106; 5/12  
 сополимеры 1/715, 114, 625, 716, 717, 724, 725; 2/544, 1150; 3/114, 192, 262, 263, 646, 905, 991, 1136–1139; 4/445, 590, 765, 1013; 5/233, 234  
 — латексы 2/1150
- Винилизобутиловый эфир 1/717, 718  
 N-Виниллимазол 1/712  
 Винилин 3/1227  
 N-Винилиндазол 1/712  
 Винилсирование 1/149, 717; 2/889; 3/876; 4/500, 581  
 Винилит 3/1223, 1224  
 N-Винилкарбазол 2/618, 619; 3/1226; 4/508, 509  
 Винилкетоны 2/245; 4/718; 5/95  
 Виниллитий 1/150  
 Винилмагнийгалогениды 1/150  
 Винилметилкетон 2/85, 456  
 Винилметиловый эфир 1/717, 718; 3/1227
- 5-Винил-2-метилпирдин 5/447  
 1-Винилнафталин 4/418
- Виниловые соединения  
 комплексы переходных металлов 1/433; 3/1131  
 мономеры 1/716; 2/432  
 олимеры 2/411  
 спирты 1/717, 718; 5/96  
 эфиры 1/716, 429, 430, 494, 508, 710, 1040, 1134; 2/325, 403, 648, 697, 1266; 3/289, 1239; 4/1027; 5/1007  
 — кислот(ы) α-галогенкарбонных 4/513  
 — β-гидроксикарбонных 4/513  
 — кротовой 2/1080  
 — уксусной, см. *Винилацетат*  
 — определение 4/549  
 — простые 3/1226, 1230  
 — сложные 3/1227; 5/1011  
 — сополимеры 1/721
- фосфорсодержащие 3/966, 967  
 Винилология 1/718, 182, 1163  
 5-Винил-1,3-оксазолидин-2-тион 4/652, 653  
 3-Винил-4-пиперидинуксусная кислота 5/522  
 N-Винилпирозол 1/712  
 Винилпиридиновые каучуки 1/718, 719, 720, 847; 3/111, 1229  
 Винилпиридины 1/720, 311, 721; 3/54, 110, 1019, 1197, 1199, 1228, 1229; 4/418; 5/122  
 сополимеры 1/118, 718, 719, 790; 2/427, 520, 1150; 3/1229  
 1-Винил-2-пирролидон 1/721; 2/1082; 3/1080, 1227, 1230  
 N-Винил-α-пирролидон 1/721; 3/1227, 1230; 5/975, 976  
 Винилпропионат 1/717, 718; 3/1227  
 Винилстеарат 1/717; 3/1227  
 Винилсульфиды 2/93, 94; 4/500, 913  
 Винилсульфон(ы) 1/128–130; 2/94  
 Винилсульфоновые красители 1/128, 129; 3/998  
 2-Винилтетрагидропиримидин 4/225, 226  
 N-Винилтиопирролидон 1/721  
 Винилтолуолы 3/121, 122; 4/91  
 Винилтрихлорсилан 2/1032; 3/799  
 Винилтриэтоксисилан 1/171  
 Винилуксусная кислота 1/181; 2/417  
 Винил-3-фенил-1,2,4-оксадиазола 3/674  
 Винилфенолы 5/135  
 Винилфосфаты 1/361; 5/255, 266  
 Винилфосфиты 5/267  
 Винилфосфонат 3/672; 5/13  
 Винилфталмид 1/721  
 Винилфторид 1/722, 948  
 Винилхлорид 1/115; 3/1227  
 Винилхлорат 1/722, 80, 429, 723, 946, 948, 990; 2/14, 204, 533, 1266; 3/10, 127, 407, 450, 740, 1100, 1232, 1233, 1266; 4/306, 308, 343, 757, 1111; 5/12, 13, 777, 973, 982  
 как канцероген 2/606  
 лаки 1/72  
 определение 1/887  
 сополимеры 1/724, 117, 118, 438, 625, 713, 716, 717, 721, 725; 2/808, 997, 1150, 1228; 3/113, 114, 192, 257, 262, 263, 646, 905, 917, 991, 1013, 1140, 1196, 1227, 1230, 1236; 4/445, 590, 764, 765, 840, 850, 870, 1013; 5/233–235  
 — латексы 2/1150
- Винилхлорофиллы 5/573  
 Винилхлорсилан 3/801  
 Винилцетиловый эфир 1/717, 718  
 Винилидиан 1/117  
 4-Винилциклогексан 2/99; 4/869; 5/963  
 4-Винил-1-циклогексен 1/628  
 Винилциклопропаны 5/443  
 Винилцетиловый эфир 1/717, 718; 4/418; 5/995
- Винилэтилдиметилкарбинол 4/192  
 Винилпласт 3/1234; 4/1054  
 Винилпол 1/286; 2/310  
 Винистрол 1/290, 291  
 Винифос 5/306  
 Викамин 2/459, 460  
 Викаминная кислота 4/774  
 Викантици 2/458, 459  
 Викалора газогенераторы 1/879  
 Викалозилин 5/420  
 Виказан 2/457  
 Виказид 2/457, 458  
 Викаристин 2/605, 606; 4/236  
 Винокаменная кислота 1/726  
 Винол 1/725; 3/1232–1235  
 Виноградная кислота 1/725–727; 2/365; 4/391; 5/1015
- Винные кислоты 1/725, 195, 199, 726, 727; 2/292, 365, 452, 1211, 1272, 1273, 1294; 3/572, 785, 1089; 4/299, 397, 943, 1174, 1220; 5/130, 160, 456, 952, 957, 1015, 1058  
 D-изомер 1/391, 392, 726; 3/570, 741; 4/397  
 D, L-изомер 1/726; 4/391. См. также *Виноградная кислота*  
 — K-соль, см. *Винный камень*  
 L-изомер 1/726, 727; 3/570  
 рацемат, см. *Виноградная кислота*  
 тарtrato 1/726
- Винный камень 1/726; 3/785  
 Винный спирт 1/191; 3/120; 5/994.  
 См. также *Этиловый спирт*
- Виниоштин 3/578  
 Винтовые дислокации 2/51, 52  
 Винтовые устройства компрессоры 2/883–886  
 насосы 3/342–344  
 питатели 3/1083, 1085  
 сепараторы 3/631, 632, 636; 5/206
- Винил 1/732  
 Виноль 3/1236  
 Винозин 3/174  
 Виолантрон 1/489; 2/86, 978, 979; 4/74, 75  
 Виологены 2/142  
 Виолоксантин 2/656–658  
 Винолурная кислота 1/455  
 Виомонция 3/924, 926, 927  
 Виоспит 4/230  
 Виноформ 4/230  
 Виллавил 1/725  
 Вириальное уравнение 1/727, 679, 926; 4/828; 5/69, 70
- Вириальные коэффициенты 1/727  
 Виридоновые кислоты 5/412  
 Вирирующие составы 2/555, 556; 5/455, 456
- Виртуальные молекулярные орбитали 2/865; 3/233, 783  
 Виртуальные фазы 5/105  
 Вирусы 2/1064; 3/149–152, 211, 212  
 белки 4/218  
 геномы 1/470  
 ДНК- и РНК-содержащие 2/1324; 3/587, 588, 594, 719  
 мембраны, см. *Биомембраны*  
 нуклеокапсиды 3/599  
 нуклеопротеиды 3/599  
 СПИДа 3/1242
- Висбрекинг 1/727, 728; 2/169, 1005; 3/441, 444, 1058, 1061; 4/1059, 1060
- Вискеи 3/1026  
 Вискерсы 3/499–501  
 Вискоза 1/730, 731; 4/654, 888, 904; 5/389, 660, 754
- Вискозиметрия 1/728, 729, 730, 873; 2/291, 384, 860; 3/1123; 4/449; 5/899
- Вискозно-лавсановая ткань 2/324  
 Вискозные волокна 1/730, 731, 733, 802–807, 1078; 2/1086; 3/262, 435, 436; 4/93, 1012, 1130; 5/232–236, 389, 664, 665. См. также *Вискоза*  
 крашение 1/732; 2/993, 1093; 4/649; 5/382  
 мерсеризация 3/64  
 набивка 3/997  
 формирование 2/993
- Вискозоксин 5/1051  
 Висмут 1/733, 768; 3/89, 90; 4/431, 1005; 5/895, 920, 936, 937  
 амальгамы 1/222, 223; 4/552  
 бромиды 1/737, 1084; 2/179  
 галогениды 1/736, 734, 735, 737  
 германат 1/137, 138, 1035  
 гидроксид 1/736, 738  
 гидроксоли 1/734–736, 870  
 интерметаллиды 2/1201; 3/348; 4/556, 593  
 иодиды 1/736, 737

- как полуметалл 4/102  
карбид 2/384  
карбонат 1/736  
моллибдаты 1/1057; 2/13, 665, 672; 3/516  
моллибденд 4/197  
никельд 4/584  
нитраты 1/734, 737, 738, 870  
оксиды 1/737, 581, 734, 736, 738, 1122; 2/663; 4/359, 564, 584-587, 835, 869; 5/862  
определение 1/336, 736, 739, 940; 2/84, 177, 451, 709, 822, 1090, 1219, 1230; 3/62, 63, 1044, 1058; 4/555, 1142, 1165, 1221; 5/128, 149, 431, 637, 837  
органические соединения 1/739, 336, 337, 740, 958; 2/174, 409, 1104; 3/81, 765  
перхлораты 1/734; 3/990; 4/97  
получение 1/735, 736, 977; 2/1043; 3/412; 4/561, 591, 593; 5/205, 222, 651, 854, 923  
применение 1/736; 2/51, 801, 1227; 3/87; 4/508, 835  
самородный 1/733  
свойства 1/733-735, 1092, 1215; 2/282, 334, 384, 667, 672, 788; 3/126, 432, 955, 958; 4/322-324, 584, 723, 813; 5/656, 929  
селениды 1/734, 735; 4/617-619  
силикаты 1/734, 736; 4/682  
силикосилилит 1/734, 738  
сплавы 1/736; 2/801; 3/753; 4/115, 601, 809; 5/897, 898  
сульфаты 1/734  
сульфиды 1/738, 734-736, 739; 2/709; 4/630, 637  
теллуриды 1/734, 735; 3/165; 4/1018, 1023, 1024  
титанаты 2/1072; 4/1176, 1183, 1184  
феррит 5/163  
фосфаты 1/736; 5/247, 249, 284  
фториды 1/736, 737, 740  
хлориды 1/735-737, 740; 2/179; 3/89, 90, 761; 5/552  
хромат 1/736; 5/630, 631  
Висмутиды 1/734, 735; 4/102  
Висмутид, соли 1/734  
Висмутит 1/733, 738  
Висмутиды 1/739  
Висмутистое золото 2/334  
Висмутиды 1/739; 4/1021  
Висмутоний, соли 1/739, 74  
Висталон 5/993  
Вистанексы 3/1243, 1244  
Висциновое масло 4/1115  
Витавакс 4/247  
Витализм 1/558; 3/281  
Виталлиум 2/828  
Витамеры 1/741-743, 752  
Витаминоподобные вещества 1/750  
Витамины 1/750, 558, 751, 752; 2/658; 3/156, 612; 4/613, 630, 634  
антиоксиданты 1/334; 2/91  
витамеры 1/741-743, 752  
водорастворимые 1/750  
группы, А 1/740, 741, 750-752; 2/116, 303, 308, 517, 533, 657, 972; 3/110, 285, 1242; 4/381, 511, 744; 5/774, 1000, 1059  
-, - А<sub>1</sub> 1/740, 741; 2/378. См. также Ретинол  
-, - А<sub>2</sub> 1/740, 741  
-, - В 1/750, 751; 2/232, 233  
-, - В<sub>1</sub> 1/85, 440; 2/1274; 3/470, 1051; 5/708. См. также Тиамин  
-, - В<sub>2</sub> 2/975; 3/156, 470, 786, 877-880; 4/270. См. также Рибофлавин  
-, - В<sub>3</sub>, см. Пантотеновая кислота  
-, - В<sub>5</sub> 2/1298  
-, - В<sub>6</sub> 1/741, 742, 751, 752; 2/967, 969, 1274; 3/679, 710, 786, 937; 4/430, 524; 5/2, 767, 1059  
-, - В<sub>9</sub> 5/214-216  
-, - В<sub>12</sub> 1/742, 39, 85, 552, 609, 610, 743, 744, 750-752; 2/22, 365, 412, 822, 830, 874, 943, 945, 946, 968, 975, 1326; 3/156, 161, 790, 794, 864, 1079; 4/519; 5/441, 591  
-, - В<sub>13</sub> 3/812  
-, - В<sub>15</sub> 1/750; 3/877  
-, - В<sub>7</sub> 2/654, 655  
-, - В<sub>8</sub> 4/270; 5/214. См. также Фолиацин  
-, - С 1/744, 745, 750-752; 3/786; 4/769. См. также Аскорбиновая кислота  
-, - D 1/745, 746-748, 750-752; 2/232, 303, 308; 3/627, 883, 884, 1242; 4/381, 382, 860, 861, 865; 5/358  
-, - D<sub>2</sub> 1/745-747; 2/342  
-, - D<sub>3</sub> 1/183, 952; 5/589, 590  
-, - E 1/748, 749-752; 2/116, 303, 606, 786; 4/258, 311, 381, 744; 5/143, 1000  
-, - H, см. Биотин  
-, - K 1/749, 322, 750, 751; 2/111, 303, 972; 3/200, 786; 4/249, 381, 744; 5/126, 535, 1000  
-, - K<sub>1</sub> 1/749, 750; 2/342; 5/535  
-, - K<sub>2</sub> 1/749, 750  
-, - K<sub>3</sub> 1/322, 533, 749; 3/117, 390; 5/535  
-, - K<sub>4</sub> 1/750  
-, - K<sub>5</sub> 1/750  
-, - K<sub>6</sub> 1/750  
-, - K<sub>7</sub> 1/750  
-, - P 1/519, 556, 557; 2/973; 5/143, 203  
-, - PP 1/751. См. также Ниацин  
-, - U 3/133, 134  
жирорастворимые 1/740, 741, 745-748, 750-752  
как искусственная пища 2/539  
как красители 2/972, 973, 975  
как факторы роста бактерий 2/1192, 1193  
коферментные формы 1/742, 743, 749-752; 2/967; 3/156  
нормы потребления 1/751  
определение 2/293, 1219  
растительных масел 4/378, 381, 382  
Витерит 4/60  
Витрен 2/596  
Витта теория 5/651  
Виттинит 1/1086; 2/596; 4/579  
Виттига  
перегруппировка 5/905  
реактивы 5/258, 259, 606  
реакция 1/752, 313, 198, 753; 2/246, 410, 416, 621, 647, 717, 746, 1103, 1158; 3/396, 397, 540, 739, 765, 790, 1243; 4/713; 5/258, 311, 606, 783, 790  
Виттига-Хорнера реакция 5/606, 607  
Витур 5/87  
Вихревые процессы 2/48; 3/1213  
Вихревые устройства  
мельницы 4/139  
насосы 3/341, 342  
пленочные 3/1143  
пылеуловители 4/282  
расходомеры 4/383, 385-387  
сушилки 4/962  
холодильная труба 5/604  
Вихтер реакция 1/312  
Внш... 1/753  
Видиальные соединения 1/361, 753, 955, 1133, 1134; 2/1248, 1250, 1251; 2/14, 129, 174, 175; 3/103, 531, 539, 541, 552, 738, 739, 1025, 1026; 5/402  
Вишневый клей 2/799  
Ви-экс 2/9; 5/981, 982. См. также О-Этил-β-β-диизопропиламиноэтилметилфосфонат  
Включения соединения 1/758; 3/482; 5/43. См. также Внедрения реакции, Клапраты  
благоприятных газов 1/363, 568, 569; 2/1037, 1088; 4/339  
графитовые, см. Графита соединения  
интеркалаты 2/477, 798; 3/96, 250, 295, 394, 395; 4/584, 791, 793, 1024  
карцеаралды 4/858  
молекулярные комплексы 1/1193  
«остаточные» 1/1194  
с крахмалом 2/988  
с мочевиной 3/280  
Вкравленные руды 4/559  
Вкусовые добавки 2/539; 3/156, 1090  
Влагомеры и гигрометры 1/753, 754-756; 4/539  
Влагопроницаемость полимеров 1/757, 630; 2/708; 3/1136, 1269  
Влагосодержание 1/757, 905, 906; 5/196. См. также Влажность, Сушка  
«Влажное сожжение» органических веществ 3/987  
Влажность 1/757  
газов, см. Газов увлажнение, Росы точка  
и атмосферная коррозия 1/401; 2/321  
и удаление влаги, см. Сушка  
измерения 1/108, 109; 2/209, 210. См. также Влагомеры и гигрометры  
индикаторы 2/823, 824  
критическая 2/321  
почв 2/348  
цис-, транс-Влияние, см. Лигандов взаимное влияние  
ВМН, волокно 5/49  
Внедоменная металлургия 2/258  
Внедрения реакции 1/758, 963, 993; 2/75, 276, 374, 874, 933; 3/475, 761, 763, 825, 873, 1130; 4/177, 416, 554, 976, 1185; 5/740. См. также Включения соединения, Внедрения соединения  
Вольфа перегруппировка 1/810, 758, 811  
замещение 2/651  
интеркаляция 2/477  
карбоксилрование 2/632, 633, 640  
карбонизация 2/640  
Курчуса 2/1106; 1/758  
металлокомплексный катализ 3/77-80  
обратимые 2/477  
озонирование 3/660  
полимеризация 3/80  
Внедрения соединения 3/433, 490, 491; 4/814, 980, 1173. См. также Включения соединения, Внедрения реакции  
твердые растворы 2/255; 4/980, 994, 1006, 1009, 1076, 1077  
фазы 2/485; 3/75, 76; 4/107  
Внеконкурентные ингибиторы 2/433  
Внехромосомные ДНК, см. Плазмиды  
Внешнесферная хроматография 2/1171  
Внешние и внутренние индикаторы 2/446  
Внешний и внутренний стандарты, методы анализа 4/472, 476  
Внивлон 1/805  
ВНТ, фенол 2/91  
Внутреннее азотирование 1/908  
Внутреннее вращение молекул 1/758, 759-761; 3/392  
и их гибкость 2/1264, 1265  
- - конформации 1/758-761; 2/369, 907, 908; 3/205  
и топомеризация 4/1215, 1216  
полимеров 2/1263, 1264  
с изомеризацией, см. Псевдообращение  
Внутреннее окисление сплавов 1/908  
Внутреннее трение 1/873; 4/136, 137, 1247  
Внутренние соединения  
комплексные 1/505, 594; 2/923, 924; 5/440. См. также Хелаты  
соли 1/1149; 2/72; 3/951; 4/745; 5/276-278  
эфиры 2/1141-1144; 4/930  
Внутренняя энергия 1/761, 762; 4/825, 1029, 1030; 5/100  
баланс, см. Первое начало термодинамики  
и гибкость макромолекул 2/1264, 1265  
и объем системы 4/1071  
и принцип равновесия Гиббса 4/1073  
и теплоемкость 4/1038  
и химический потенциал 5/498, 499  
и химическое строение 5/505  
и энтропия 4/1071; 5/955  
как термодинамический потенциал 1/762; 4/1071  
калорическое уравнение состояния 5/69  
молекул, см. Молекулы  
Внутримолекулярные изомеризации 2/364, 365  
Внутримолекулярные реакции 1/464, 521, 860; 2/117, 461, 462; 5/338, 356, 360  
алкиламнинирование 5/778  
С-алкилирование 3/554  
амидирование 1/278  
аммонолиз 5/1010  
алирование 5/537, 713  
Бартона 1/464; 3/535  
водородная связь 1/781, 783, 784; 2/644  
дегидратация 2/11, 629; 3/187  
Дикмана 2/110, 111, 785  
динамическая стереохимия 2/128  
диспропорционирование 2/604; 3/542; 5/712  
«домно»-дневной синтез 2/101  
ениолизация 2/105  
замещение 3/555; 5/274, 275  
- аллильное 1/182  
- селективность 1/604  
изомеризация 1/2, 3; 2/369, 925; 4/991; 5/274, 275  
изотопный обмен 2/810, 811, 930  
иминирование 5/241  
Канишиаро 2/104, 742  
конденсация, см. Конденсация (реакции)  
Маннича 3/1022  
Михаэля 3/181  
модифицирование полимеров 3/202  
невалентные 3/390  
нитрозирование 1/464; 3/535  
нуклеофильные 2/628; 3/555; 5/274, 275  
обменные 2/932  
окислительно-восстановительные 1/1025; 2/537, 604; 3/664; 5/241  
перегруппировка(и) 1/543; 2/21, 36, 369, 621, 622; 3/938; 5/27  
- бензидиновая 1/490, 491  
- бензидиновая 1/494, 495  
- Клайзена 2/786, 787  
- Ортона 3/815  
- политоппные 4/46  
- сигматропные 4/664, 665; 2/628, 787  
- Смэйлса 4/728, 729, 933  
- фосфонат-фосфонатная 5/274, 275



- Шенберга 4/1152  
 переэтерификация 2/304  
 перикачические 2/787  
 пирамидальная инверсия 3/1036, 1037  
 присоединение 4/314; 5/943  
 протонирование 4/244  
 радикальные 1/464; 2/810, 811; 4/313, 314  
 тиокарбамоилирование 4/1168  
 трансфосфорилирование 4/518  
 Угн 5/36  
 Фишера–Хеппа 5/200  
 фосфорилирование 3/601  
 фотохимические 4/589; 5/733  
 Фриса 5/372  
 циклизация 1/1180; 2/36, 212, 438, 460, 694, 695, 986, 1138, 1166; 3/28, 181, 722, 1210, 1254, 1256, 1261; 4/799, 909, 1084; 5/58, 116, 132, 641, 692, 927  
 циклодегидратация 5/943  
 циклометаллирование 2/537; 3/72; 4/534  
 циклополимеризация 4/70, 71  
 циклоприсоединение 5/733, 736, 738  
 электроциклические 5/927, 928  
 элиминирование 1/1180  
 этерификация 3/601  
 эффект(ы) изотопные 2/386, 387, 758, 759  
 – Керра 2/739  
 – клетки 2/811, 812  
 – конформационные 2/910, 911  
 – матричный 2/986  
 Внутривластовое горение 1/882, 1171  
 Внутривязостатические методы  
 газовый анализ 1/915  
 лазерная спектроскопия 1/762, 763; 2/1120, 1121; 3/141  
 Вобитали 3/837  
 Вода(ы) 1/763, 189, 190, 764–769, 1066, 1215; 2/143, 210, 402, 522, 640, 646, 709, 711, 767; 3/785, 788, 1160, 1162; 4/152, 820, 1037, 1039; 5/4, 16, 206, 333, 709, 820, 825, 854–856, 922, 936. См. также *Влажность*, *Фотометризм*  
 адсорбционная 2/12; 3/165  
 аммиачная 1/277, 278; 2/233, 290, 845; 3/244; 4/85; 5/796  
 аниогенные 1/768, 769  
 аэрация 1/773  
 баритовая 1/460  
 биомембранная 3/48  
 биосферная 1/339, 400, 1109  
 бромная 1/504, 612, 614; 2/140; 4/469, 910, 915, 973; 5/133, 522  
 выпаривание 1/847, 848–855  
 гели, см. *Гидрогели*  
 гигроскопическая 1/1182  
 горячая 4/1050  
 легазация 1/773  
 денонизация 3/663  
 декарбонизация 1/771, 772  
 деминерализованная 2/159  
 ди- и тримеры 3/18–20  
 диссоциация 1/786, 787; 4/693  
 дистиллированная 2/158, 159, 574; 1/730, 772; 3/829, 1148  
 жесткость 2/282, 283, 521, 637; 1/769, 771, 772; 3/39, 367, 511  
 затворение с вязжущими 1/870  
 и водность системы 3/188  
 и неполярные молекулы, см. *Гидрофобное взаимодействие*  
 и октан 1/560  
 и растекание других жидкостей, см. *Поверхностные явления*  
 и сольватированный электрон 4/75  
 и углеводород, коэффициент распределения 2/942  
 и ультрафиолет 5/60  
 изотопные эффекты 2/385, 387, 388  
 индекс насыщения 1/771  
 ионизация 1/1216  
 ионное произведение 2/448  
 как агент распыляющий 4/139  
 – – транспортирующий, см. *Пиетро- и гидротранспорт*  
 как антирасторитель 4/611  
 как асцитат 2/299  
 как диэлектрик 2/208  
 как катализатор 2/661  
 как каталитический яд 2/668; 5/1047  
 как кислотно-основной комплекс 2/282, 777, 779, 782  
 как минерал 3/164, 165  
 как нуклеофил 2/640; 3/602–604  
 как окислитель-восстановитель 1/767, 833  
 как пассиватор 3/880–890  
 как пластификатор 5/171  
 как полярная жидкость 2/300  
 как поробразователь 3/903, 909, 911  
 как протондонорная добавка 2/697  
 как растворитель 1/6–8, 767, 768; 4/356–359, 372–376. См. также *Гидрофильность и гидрофобность*  
 как средство пожаротушения 3/648, 649  
 – – радиационной защиты 3/401, 402; 4/289  
 как кладагент 5/593  
 капиллярная 3/165  
 катиогенные 1/768, 769, 771, 772  
 конденсация 1/897, 898  
 конституционная 1/1078; 3/165  
 конфигурационная функция состояния 2/904  
 коррозионная активность 2/321, 322  
 кристаллизационная 1/1182; 2/12; 3/165  
 критические параметры 2/1077  
 «легкая» 5/395  
 лечебные 1/769; 3/170, 171  
 межзвездных облаков 2/962  
 межмолекулярные взаимодействия, см. *Лиофильность и лиофобность*  
 межслоевая 3/165  
 меченая 3/272  
 минеральные 3/170, 171; 1/769, 1115  
 морская 1/97, 630, 976; 2/895, 1043; 5/744  
 надсмольная 2/842; 3/1054, 1055  
 номенклатура 3/576  
 обезжелезивание 1/772, 773  
 обеззараживание 1/770, 771; 2/18, 19  
 обессоливание 1/772; 2/515  
 обескремнивание 1/773  
 обмен в организме 2/958; 3/623, 625  
 – ионный 2/513, 514  
 озонирование 1/771; 3/658, 661  
 омагничивание 3/764  
 определение 2/291, 292, 499, 896, 1100; 3/168; 4/1056; 5/819  
 осветление 1/770; 3/351  
 отщепление, см. *Деидратация*  
 пар, см. *Водяной пар*  
 параметр растворимости 2/834  
 пирогеиетическая 3/1054, 1055; 1/1177; 2/842; 4/101  
 питьевая 1/768, 769, 903; 3/161, 171, 356–358, 658  
 пластовая в нефтях 3/608–610  
 плотность 2/788  
 поглощение 1/787; 2/322, 1209  
 подготовка и очистка, см. *Водоподготовка*  
 подземные 1/768, 772, 773, 1109; 2/1201; 3/1193  
 подсмольная 3/1054, 1055; 4/100, 101  
 потребление, см. *Водопотребление*  
 пресные 1/768, 772, 847, 912; 3/856, 1193  
 природные 1/768. См. также *Гидрохимия*  
 радиолит 1/786; 4/292  
 разложение двухфотонное 2/5  
 – термодимические циклы 1/786, 787; 2/497  
 рекарбонизация 1/769, 771  
 реология 4/487  
 свободная 3/165  
 связанная 3/165  
 снабжение, см. *Водоснабжение*  
 соединения включения 2/1088; 3/1044; 4/339  
 – продукты присоединения, см. *Гидратация*  
 соленые и солоноватые 1/768  
 спектры 1/834; 2/854  
 стабилизация 1/771  
 сточные, см. *Сточные воды*  
 строение 1/764, 765, 1117; 3/226, 227; 4/689, 690, 693  
 твердые растворы 2/254, 255  
 термальные 3/170, 171, 1193; 5/654  
 техническая 1/769  
 тройная точка 4/1077  
 тяжелая 5/31, 32, 33, 922; 1/764; 2/25, 387, 393; 3/402; 5/922  
 умягчение 1/771, 772; 2/283, 514, 515, 571, 579, 587, 872; 3/351, 367, 663; 5/988  
 фазовая диаграмма 1/765  
 формы связи с материалом, см. *Сушка*  
 фотолиз 1/786, 787  
 фторирование 3/368  
 фторирование 1/770; 3/658; 4/469; 5/522  
 циркуляционная, испарительное охлаждение 1/1183, 1184  
 электролиз 1/778, 785, 786; 3/665; 5/33, 206, 363  
 Водно-глицериновые смеси 1/342, 1068  
 Вододисперсионные краски 1/788–790; 2/1133  
 Водно-жировые фармацевтические составы 3/127  
 Водно-солевые системы 3/188  
 и обмен веществ 3/611, 623, 624, 626  
 Водно-спиртовые смеси 2/620  
 Водность системы 3/188  
 Водно-топливные эмульсии 1/205  
 Водно-углемазутные смеси 1/205  
 Водно-угольные суспензии 1/769, 205, 770; 2/112  
 Водные растворители, взаимная диффузия 2/199  
 Водный аммиак, см. *Аммиачная вода*  
 Водоактивируемые гальванические элементы 1/973  
 Водокольцевые устройства  
 компрессоры 2/884  
 инасысы 3/344  
 Водонаполненные взрывчатые вещества 1/281  
 Водоположение 1/787  
 Водоподготовка 1/770, 768, 771–773; 2/504, 514, 515, 702, 731, 817, 1246; 3/39, 55, 663, 856; 5/204, 211, 248, 393, 554, 988. См. также *Умягчение воды*  
 Водопотребление 3/855, 856, 862, 863  
 Водопроницаемость  
 кожи 2/836  
 резин 1/630  
 Водоразбавляемые лакокрасочные материалы 1/773, 153, 774, 775; 2/1130, 1131; 3/1140; 4/51  
 Водорастворимые соединения  
 белки 3/49, 51  
 витамины 1/750–752  
 ионообменные полимеры 2/504  
 карбодимиды 2/630  
 контакт Петрова 4/928  
 красители 2/990, 994  
 – азинозные 2/462; 3/472  
 – активные 2/977, 978  
 – антрахиноновые 4/907, 908  
 – индული 2/462  
 – кислотные, см. *Кислотные красители*  
 – кубогены 2/1095  
 – набычочные 3/977, 978  
 – нигрозины 3/472  
 – основные, см. *Основные красители*  
 – пшечные 3/1089  
 – протравные 4/247, 248; 2/977  
 – прямые, см. *Прямые красители*  
 – сернистые 2/993; 4/649  
 – тиозоли 4/649  
 – цианалы 5/700  
 нефтяные сульфаты 4/927  
 удобрения 2/869, 870; 3/172; 5/305, 306  
 Водород 1/775, 399, 400; 2/789; 3/575, 955–961; 5/54, 936, 937  
 азид 4/597  
 активный 1/251; 2/1236. См. также *Церевитинова метод*  
 аstatный 1/397  
 атмосферность 1/1015  
 атомарный 3/575  
 – боровский радиус 1/590  
 – как заместитель 3/569  
 – квантовые числа 2/721  
 – мезо-форма 3/32  
 – спектры 1/413  
 – уронин энергии 1/404  
 – фактор 2/189  
 – «флашкоковый» 2/909  
 – электронные конфигурации 1/405, 406  
 – эстафетная передача 1/548  
 – ядро 1/775; 2/329; 3/32. См. также *Протоны*  
 бромистый, см. *Бромистый водород*  
 дейтерид 2/386  
 диссоциация 3/240  
 жидкий 1/776, 778, 779; 4/300, 587  
 и «болезнь» металлов, см. *Водородное охрупчивание*  
 и pH среды, см. *Водородный показатель*  
 и сервоитные пленки 3/85  
 изотопы 1/403; 2/385, 386, 388, 394, 610, 758; 3/575. См. также *Дейтерий*, *Тритий*  
 иодистый, см. *Иодистый водород*  
 ионы, см. *Гидрид-ионы*  
 как литотроф 3/624  
 как энергоноситель, см. *Водородная энергетика*  
 коррозионная активность 2/957  
 космического вещества 2/962  
 ксантоновый 4/1164  
 металлический 1/777; 2/1035  
 молекулярный 2/642  
 – комплексы 3/18  
 – конфигурационная функция состояния 2/905  
 – потенциальная энергия 2/528  
 мышьяковистый 1/308, 309; 2/453  
 нормальный 1/776  
 окклюдия 1/4  
 оксиды, см. *Вода*, *Тяжелая вода*  
 определение 1/121, 210, 778, 885, 886, 894, 896, 915–917; 2/960; 3/113, 168, 795; 4/158, 159, 628, 666, 667, 883; 5/68, 693, 916  
 орто- и пара-формы 1/776, 778, 835, 1158, 1194; 2/477; 3/813

- откачивание, см. *Вакуум-насосы*  
перекись, см. *Водорода пероксид*  
пламя 2/43, 44  
получение 1/275; 767, 777, 778, 878, 879, 883, 905, 926–928, 930, 1087, 1088; 2/497, 843, 845, 846, 1205; 3/42, 53, 101, 134, 147, 412, 414, 727, 1063–1066, 1075, 1076, 1100, 1130; 4/8, 705, 1175; 5/45, 342, 854, 922, 925  
применение 1/778; 2/326, 477, 486, 521, 522, 648, 711, 712, 847, 1035, 1146; 3/134, 905, 1069, 1099; 4/134, 154, 155, 325, 785, 819–821, 1211; 5/33, 206, 593, 604, 926  
присоединение, см. *Гидрирование*  
равновесный 1/776  
свойства 1/6–8, 18, 306, 431, 648, 664, 764, 767, 775–777, 779, 833, 835, 903, 904, 924, 936, 950, 1050, 1052, 1054, 1109, 1113, 1114, 1191; 2/25, 77, 198, 199, 271, 272, 282, 432, 533, 642, 744, 767, 782, 793, 851, 1077, 1172, 1252; 3/72, 78, 96, 99, 169, 325, 347, 606, 698, 785, 955, 956, 958, 960, 961, 1069, 1092, 1146; 4/320, 331, 337, 514, 515, 574, 639, 723, 750, 755, 790, 813, 818, 828, 872, 1005, 1077, 1143, 1215; 5/16, 33, 43, 53, 173, 332, 333, 387, 502, 503, 608, 630, 646, 714, 724, 889, 890, 896, 897, 904, 930, 995, 1024  
связь с другими элементами, см. *Водородная связь*  
смеси с газами, см. *Водородсодержащий газ*, *Синтез-газ*, *Фишера-Тропша синтез*  
соединения включения 2/477, 1076, 1077; 3/490, 872  
– номеклатура 3/576  
– с металлами и неметаллами, см. *Гидриды*  
спяльвер 4/786  
«сплавы» 5/503, 516  
сульфиды 2/179, 783; 3/576. См. также *Серооксид*  
твердый 1/777, 1215; 2/1035; 3/226  
технический 1/877, 878  
тяжелый 2/23–25  
фосфиды, см. *Фосфин*, *Фосфора гидриды*, *Фосфористый водород*  
фтористый, см. *Фтористый водород*  
хлористый, см. *Соляная кислота*, *Хлористый водород*  
роданистый, см. *Цианистый водород*  
шугообразный 1/779  
эффузия 3/237  
Водорода пероксид 1/779  
коррозионная активность 2/1333  
определение 1/615; 2/292, 499, 1224; 3/254; 4/1198; 5/151, 819  
получение 1/156, 778–780, 1115; 2/240, 241, 569; 3/652, 658, 697, 977, 978; 4/524; 5/60, 148, 902, 922  
применение 1/780; 3/154, 835, 1088; 4/342, 343; 5/950  
свойства 1/271, 425, 450, 452, 461, 520, 595, 597, 599, 643, 647, 650, 656, 668, 671, 674, 675, 759, 767, 780, 955, 995, 1073, 1115, 1147, 1153; 2/9, 18, 19, 21, 134, 139, 142, 186, 336, 439, 452–454, 464, 465, 497, 568, 579, 647, 660, 661, 663, 701, 757, 782, 850, 851, 862, 1102, 1138, 1156, 1205, 1218; 3/62, 63, 79, 106, 114, 133, 169, 279, 289, 319, 360, 492, 513, 517, 545, 558, 666, 678, 680, 691, 694, 711, 739, 969–975, 982, 1033, 1050, 1060, 1230, 1233; 4/126, 159, 274, 287, 288, 310, 569, 768, 868, 878, 899, 915, 916, 924, 926, 934, 974, 975, 985, 1022, 1108, 1122, 1128, 1137, 1143, 1147, 1151, 1152, 1158, 1164, 1174, 1251, 1257; 5/7, 8, 20, 56, 84, 115, 117, 145, 195, 202, 376, 444, 610, 683, 686, 794, 1058  
твердые носители 3/974  
Водородная бомба 5/1018  
Водородная связь 1/780, 665, 777, 781–784; 2/105, 113, 294, 300, 643, 644, 780, 781, 798, 834, 876, 877, 919, 991, 1000, 1181, 1264, 1266; 3/18, 19, 40, 164, 211, 223, 226, 267, 586, 664, 699; 4/366, 367, 674, 994; 5/15, 21, 72, 299, 338, 405, 424, 462, 463, 546, 663  
«Водородная теория» кислот 2/777  
Водородная энергетика 1/784, 767, 785–787, 1082; 2/497; 4/1210, 1211  
Водородно-дейтериевый обмен 5/904  
Водородное окрупчивание 2/271, 952, 956, 957; 3/5; 4/1180, 1256; 5/895  
Водородные устройства  
кислородные топливные элементы 4/1211; 5/487, 488, 917  
кулонометры 5/914  
лампы накаливания 4/785  
электроды 3/134; 4/154, 155, 819–821; 5/839–843, 920  
Водородный показатель 1/787, 763, 1092, 1116  
буферных растворов 1/652, 653  
и водно-солевой метаболизм 3/624, 625  
и ингибиторы коррозии 2/435, 436  
и индикаторы 2/446–449  
и пенная сепарация 3/899  
и селективность комплексонометрии 2/871  
изоэлектрическая точка 2/408, 1187; 3/1166  
колориметрический анализ 2/446  
крови 1/1008; 2/637  
определение 2/1216, 1217; 4/627.  
См. также *pH-Метрия*  
титрования 2/447  
Водородоподобные атомы 1/787; 4/796; 5/931  
и орбитали 3/778, 779  
Водородопроницаемость материалов 1/921  
Водородсодержащий газ 1/1087, 1088, 1090, 1091, 1107, 1108; 2/169, 326, 684, 687  
Волосаближение 3/856, 857, 862, 863, 1187, 1190, 1191; 5/718  
Водостойкость 1/787, 788; 2/603, 706, 708, 1129, 1132  
Водоустойчивые нвсысы 3/342  
Водоэмульсионные материалы  
краски 1/788, 789, 790; 2/1133, 1151; 3/1140, 1223; 5/989  
мастики 2/1319  
резольные смолы 4/446  
Водяной газ 1/767, 778, 839  
Водяной пар 1/765, 766, 777, 778, 786, 877, 878; 2/163, 164, 205, 254, 356, 357, 505, 663, 690, 706, 1310; 3/99, 116, 119, 123; 4/139, 755, 1050. См. также *Пары*  
вторичный 1/847–854  
образование, см. *Дистилляция*, *Испарение*, *Кипение*  
сжигание, см. *Конденсация*  
Возбужденные состояния 1/790, 548, 682, 702, 791–794; 2/135, 501, 530; 3/628; 5/869, 876, 881–885, 930, 1032  
атомных ядер 3/64, 65, 369, 370; 4/316  
горячих атомов 1/1178  
и вынужденное излучение, см. *Лазеры*  
и комбинационное рассеяние 2/865–867  
и конфигурация молекул 2/1221, 1222  
и механические воздействия, см. *Механохимия*  
и реакции двухквантовые 2/5  
– ионно-молекулярные 2/509  
– радиационно-химические 4/296, 297  
и рекомбинация 4/450  
и свечение вещества, см. *Люминесценция*  
и симметрия молекул 4/690  
и химилюминесценция 5/445, 446  
и цветность соединений 5/645–650  
мезоатомов 3/32  
многофотонные 3/189–191  
мультиплетность 2/727; 3/287  
под действием света, см. *Фотохимические реакции*, *Фотохимия*  
потенциалы ионизации 2/1104  
реональные 3/189–191  
синглетные и триплетные, см. *Синглетные состояния*, *Триплетные состояния*  
франк-кондоносские 5/351  
электронные 2/727, 729, 905  
Возаратные жидкокристаллические фазы 5/104  
Возгонка 2/540, 1299, 1300; 4/889–893; 5/15  
Возгораемость, см. *Горючесть*  
Воздух 1/189, 924, 926, 1039; 5/593.  
См. также *Воздушные соединения*, *Воздушные устройства*  
атмосферный, см. *Атмосфера*  
влажность 1/753, 754; 2/210; 4/539; 5/806, 807  
дезинфекция 2/19  
дезодоранты 2/19  
загрязнение и защита 2/446; 3/852–855, 864, 865  
ионизация 2/217, 532  
как агент распыливающий 4/139  
– – транспортирующий 3/1156  
как диэлектрик 2/208  
как плазмообразователь 3/1099  
как порообразователь 3/903, 905  
как рентгеноотрицательное средство 4/477  
как химический дозиметр 2/221  
как хладоноситель 4/1050  
кondиционирование 1/903, 905  
наддув 2/882  
обогащение кислородом 1/62, 63; 3/42  
озонирование 3/661  
осушка 1/9  
разделение 1/794, 63, 363, 795–798, 847; 2/767, 1037, 1038, 1088; 3/411; 4/461; 5/599, 600, 602  
регенерация 2/561  
сепарация, см. *Сепарация воздушная*  
«фиксированный» 5/508  
эффективные параметры, атомный номер 2/220  
– – молекулярная масса 3/215  
Воздухоудержив 4/954  
Воздушные соединения  
вовлекающие, для цементных растворов 2/226  
вяжущие 1/870, 871  
известь 1/870; 2/349, 350  
механическая пена 3/648  
Воздушные устройства  
ленные огнетушители 3/1191  
разделительные установки 1/794–798  
сепараторы 2/352; 4/629  
тигудыевые 2/882; 4/954. См. также *Вентиляция*  
фильтры 1/899  
цинковые гальванические элементы 1/972, 973; 3/355  
эквивалентные камеры 2/220  
Возмущенная теория 1/798, 799, 800; 2/329, 721, 723, 726; 3/236, 468, 788; 5/789  
и динамическая поляризуемость 4/124, 125  
и конформационные эффекты 2/911, 912  
и межмолекулярные взаимодействия 2/905; 3/20  
и мезомерия 3/30  
и молекулярная теория растворов 4/367, 368  
и реакционная способность 4/419  
и л-электронное приближение 5/876  
и Яна-Теллера эффекты 5/1056  
Возникающие реагентов метод 4/1126  
Войлоки 1/2, 386; 2/153; 3/74, 438, 802–804, 1237; 4/572  
Вокелена соль 3/872  
Вокелетин 5/608  
Волгопаты 1/148  
Волкензин 5/1051  
Волконсконт 1/1141; 5/608  
Волластонит 2/578, 588; 3/328; 4/675–677, 707, 708; 5/113  
Волновая механика, см. *Квантовая механика*  
Волново уравнение 2/718. См. также *Шрёдингера уравнения*  
Волновые функции 1/45, 404, 405, 665–667, 791–793, 855, 1066, 1067; 2/717–724, 1104; 3/205–207, 467, 468; 5/461, 869, 880–883. См. также *Квантовая механика*  
бозонов и фермионов 4/826  
возмущенных систем 1/799, 800  
донорно-акцепторных комплексов 3/224  
и люминесценция 2/1223  
и обменное взаимодействие 3/627, 628  
и принцип Паули 3/892  
и самосогласованное поле 4/576  
и сплин 4/787–789  
и теория зонная 4/995  
– – резонанса 4/446, 447  
и электронная плотность 4/420  
и эффект(ы) туннельный 5/26–28  
– – Яна-Теллера 5/1056, 1057  
квантовые числа 2/726  
конфигурационная электронного состояния 2/904, 905  
ЛКАО-приближение 2/1210, 794, 1211; 3/235, 468, 780, 781, 783, 787; 4/119, 120  
молекулярные интегралы 3/222, 223  
определение, метод  
валентных схем, см. *Валентных связей метод*  
вариационный 1/681, 666, 682; 2/721, 723, 726, 904; 3/233, 234, 468  
орбиталей, см. *Молекулярных орбиталей методы*  
пробные 1/681  
радиальные 3/780  
симметрия, см. *Симметрия молекул*  
угловые 3/778, 779  
уравнения, см. *Шрёдингера уравнения*  
эксплексов 5/811, 812  
Волновые числа 2/492, 852  
Волны  
акустические 2/763, 1074; 5/59–62  
бегущие концентрационные, см. *Коллебателльные реакции*  
взрывные 1/702  
вольтаперметрические 1/808, 809  
горения 1/828, 1166–1168  
длины, см. *Волновые числа*

- и запаха, теория 2/238, 239  
и расширение газов 5/604  
капиллярные 3/1171, 1174  
каталитические и кинетические, см. *Полюграфия*
- Полюграфия**  
спинные 4/789. См. также *Самораспространяющийся высокотемпературный синтез*  
ударные 5/52, 53; 2/46, 47, 146, 466, 623; 3/146, 429
- Волокна**  
бюкаталлизаторы 5/157, 158  
высокомолекулярные 1/731–733, 803–805; 3/1217, 1219; 4/27, 61, 1013, 1014, 1082  
и материалы, см. *Волокнистые материалы*  
и нити, см. *Нити*  
искусственные 1/731–733, 802–806; 2/1228, 1329; 3/3  
– ацетатные 1/425, 426, 427; 3/131, 192, 836, 1236; 5/665, 666  
– вискозные, см. *Вискозные волокна*  
– гидратцеллюлозные 1/1078; 5/663, 665  
– медноаммиачные 3/3; 1/1078; 5/665  
– полинозные 1/731–733, 803, 804  
крашение 2/990, 440, 991–994, 1094–1097, 1228; 1/127–129, 139; 3/676, 677, 698–700, 833; 1/199, 1200, 1230, 1236, 1269; 4/72, 255, 256, 648, 649, 919  
– узорчатое и одностороннее, см. *Печатание тканей*  
металлические 3/73, 74, 417; 4/844, 845  
неорганические, см. *Неорганические волокна*  
отбеливание 3/836, 837  
природные 1/800, 801, 802, 806; 2/1156; 5/22, 447, 662  
– антистатик 1/337  
– гидрофобизация 3/1165  
– для бумаги 1/620  
– животные 1/800–802. См. также *Шелк, Шерсть*  
– прекурсы 5/47  
– растительные (целлюлозные) 1/127–129, 139, 800–802; 2/990–992, 1094–1097, 1228; 3/676, 677, 833; 4/72, 221, 255, 256, 648, 649, 912. См. также *Лен, Хлопок*  
стеклянные, см. *Стекланные материалы*  
текстильно-вспомогательные вещества 4/1012, 1013. См. также *Замасливатели*  
термостойкие 4/1082, 26, 48, 58, 61, 1083, 1084; 1/802; 2/324, 397; 3/674, 802–804, 1202, 1205, 1210, 1214, 1237, 1249  
– трудногорючие 5/22; 4/1083  
углеродные, см. *Углеродные материалы*  
ферментсодержащие 5/157, 158  
фторсодержащие, см. *Фторволокна*  
хемосорбирующие 5/447  
химические 1/802, 803–807; 2/440, 698–700; 3/435–437, 676, 677, 833, 1217, 1219, 1230, 1236; 4/255, 649, 1013, 1014, 1082; 5/389, 390  
– бicomпонентные 3/1202  
– «бок о бок» 3/1202  
– для шкиного корда 3/1204, 1205  
– как искусственная пища 2/539  
– как наполнители 3/327, 329  
– окислительно-восстановительные 5/447  
– ориентированные 4/844, 845  
– пиллинг 4/90  
– полустетичные 4/1082–1084  
– профилированные 3/1202  
– синтетические 1/802–807; 2/1228, 1254; 3/144, 145, 203, 808, 809, 856; 5/22. См. также *отдельные представители*  
– формование, см. *Формование волокон*  
– штапельные, см. *Штапельные волокна*  
– «ядро-оболочка» 3/1202  
– электрообменные 5/447
- Волокнистые материалы**. См. также *Волокна*  
бумажные 1/622, 623  
волокнистые 1/807, 369; 3/806, 1119–1121; 4/1, 845, 847, 848, 970; 5/144  
и фильтры 1/899  
кожа искусственная 2/836, 837, 838  
композиты 2/877–880; 3/417  
мембраны 3/44, 45, 53  
наполнители 3/87, 327–329  
нетканые 3/435, 436–438  
огнеупорные 3/646, 650  
оптические, см. *Волокнистая оптика*  
пексовые 3/895; 5/47, 48  
пленочные, см. *Пленки полимерные*  
препреги 4/163, 164  
самовозгорание 4/572, 573  
уплотнительные 1/370; 5/48, 49  
фильтровальные 5/25  
цементнокровельные 3/1200
- Волокнистая оптика** 3/775–777; 4/627, 840, 848; 5/503, 764  
«Волосатики», см. *Рутия*  
Волчки, см. *Вращательные спектры*  
«Волчья пена», см. *Вольфрам*  
Вольфротоксины 5/1050  
Вольфрит 3/1198–1200
- Вольф**  
потенциалы 1/560; 3/23, 24  
проблема 4/154  
столб 5/489
- Вольтамперометрия** 1/807, 288, 1073; 2/145, 194, 292, 293, 916, 1098; 5/105, 172, 638, 915, 924  
детекторы 2/45  
полярография 4/125, 126; 1/808–810  
сенсоры 4/627
- Вольтарен** 1/297; 2/110
- Вольфа перегруппировка** 1/810, 370, 758, 811; 2/69, 623, 741; 4/610
- Вольфа-Шрёттера перегруппировка** 1/810, 811
- Вольфрам** 1/811, 768; 4/1202; 5/937  
аква- и гидроксокомплексы 2/933  
амальгамы 1/223  
антимонид 1/331  
бориды 1/583, 584, 812, 813  
бромиды 1/815, 816  
галогениды 1/815, 816  
гетерополикислоты 1/1060, 1061  
интеркадаты 2/477  
интерметаллиды 1/813; 2/485  
нодиды 1/815, 816, 950  
карбиды 1/816, 812, 815, 817, 818, 820; 2/260, 264, 625, 734, 736, 827, 828; 3/493, 499; 4/142, 333, 1009, 1010  
карбонилы 1/812, 823; 2/69, 629, 641; 3/79; 5/332  
максиды 1/818, 618, 812–814, 816, 818, 819, 822, 823, 1077; 2/583, 709; 3/103, 390, 577, 698, 949; 4/627, 685, 835, 983, 1010; 5/217, 332, 925  
определение 1/120, 336, 508, 670, 814, 815, 1116; 2/205, 709, 710, 1271; 3/369, 969; 4/1165; 5/128, 637  
органические соединения 1/823, 167, 168, 364, 365, 432, 813, 824; 2/203, 374, 923–925, 984; 3/62, 84, 103, 104, 875; 4/1160; 5/721, 735  
пероксокомплексы 3/975  
получение 1/813, 814, 869; 2/519; 3/888, 635, 637, 698, 824, 1068–1070, 1100; 4/560, 561, 712, 1057, 1104; 5/206, 503, 833, 854, 923  
применение 1/815; 2/250, 878, 949; 3/73, 74, 87, 768; 4/114, 139, 142, 784, 835, 1018, 1244; 5/186, 503  
свойства 1/812, 813, 950, 1015, 1060; 2/596, 671, 767, 924, 925; 3/74, 96, 97, 240, 243, 255, 949, 955, 958, 1093; 4/431, 723, 813, 1009; 5/142, 681, 928  
селевиды 1/812, 813; 4/619; 5/925  
силициды 1/812, 813; 4/684  
сплавы 1/819, 618, 813, 815, 816, 820, 821, 823, 977, 987; 2/249, 250, 257, 260, 261, 263, 537, 736, 737, 827, 828, 1153, 1154, 1242, 1243; 3/15, 88, 249, 482, 483, 825; 4/467, 565, 685, 708, 712, 809, 984, 985, 1008–1010, 1180; 5/895  
сульфиды 1/821, 812; 2/663, 666, 670, 675; 3/727; 4/1007  
тросоли 2/710  
фториды 1/816, 812, 814, 815, 950, 1104; 2/925; 3/577, 824; 5/389  
хлориды 1/815, 816; 3/79, 103, 577, 1216; 5/16, 730  
цианиды 5/703
- Вольфраматы** 1/821, 616, 811–813, 818, 822, 823; 2/223, 710; 3/166  
кальция 2/583
- Вольфрамит** 1/811, 813, 814, 821; 2/263; 3/242, 636
- Вольфрамовая синь** 1/814
- Вольфрамовые кислоты** 1/813–815, 818, 822  
соли, см. *Вольфраматы*
- Волоуметрия** 1/54, 915; 2/768; 3/245, 542, 645, 1147, 1148; 5/388, 489, 490, 762
- Воля-Циглера реакция** 1/824, 183, 535, 825, 952, 953
- Воннель** 3/1198–1200
- Ворвань** 2/235
- Воробьевит** 2/222
- Воронение** 3/695
- Воск(и)** 1/825, 564, 826–828; 3/345, 347, 1125, 1186; 4/378, 381; 5/12, 551, 568, 631, 835, 974, 1003, 1006. См. также *Воскоподобные материалы*  
анализ 2/770  
вымораживание 4/382  
горный 1/338, 565, 825–827; 4/101  
для замазливателей 4/1012  
для литейных шлифкоров 2/735  
для мастик 2/1318, 1319  
для полиролей 4/34  
защитные 1/333  
как каустобилиты 2/703  
как нейтральные липиды 2/1188, 1189  
как твердые смазки 4/1007  
микронизированные 4/91, 92  
монтан 1/565, 827  
озокерит 1/338, 565, 825–827; 4/101  
очистка 2/1044; 3/837  
эмульсионные 1/164
- Воскоподобные материалы** 1/826; 2/187; 5/551. См. также *Воски*
- парафин**, см. *Парафин*
- петролатум** 3/995, 996, 1125; 1/826; 2/103, 312, 601, 900, 901, 1320; 4/173, 725, 726; 5/693
- церезин**, см. *Церезин*
- Воспламенение** 1/828, 829, 830, 1166, 1175, 1176; 2/47, 1259  
**бризантных ВВ** 2/466  
в пожарном деле 1/830, 831, 832; 3/1187, 1188; 4/571, 666; 5/22  
дизельных топлив 2/102; 5/696  
зажигательные смеси, см. *Воспламеняющиеся составы*  
концентрационные пределы 1/703; 4/666  
поверхностное, см. *Бензины*  
полустроств 5/688, 689  
порохов 2/467  
принудительное 2/46  
воспламеняющие составы 1/832; 3/972, 1076  
воспроизводимость показаний весов 1/685  
результатов анализа 3/136, 138, 139  
«Восстанавливающая способность» 3/267  
восстановители 1/832, 669, 670, 833, 904, 972, 973, 1070, 1073, 1093, 1115, 1116, 1120; 2/10, 73, 204, 264, 321, 465, 498, 499, 525, 526, 561, 585, 603, 625, 711, 840, 913, 1010, 1093–1096, 1205; 3/88–91, 93, 99, 363, 414, 663–667, 698, 746–749, 969, 1056; 4/252–255, 433, 592, 593, 651, 750, 943, 1183; 5/45, 46, 114, 264, 437, 694, 750. См. также *Восстановительный газ, Восстановление, Окислительно-восстановительные реакции*  
восстановительные процессы, см. *Восстановление*  
восстановительный газ 1/847, 878, 903, 904; 2/847; 4/101  
восстановление 1/542, 545, 941, 942, 964, 1049, 1050, 1075, 1095, 1113; 2/76, 119, 331, 360, 516, 642, 645, 646, 716, 742, 744, 745, 1138; 3/519, 526, 527, 553, 554; 4/1165; 5/217, 508, 523. См. также *Восстановительный газ, Восстановительные газ амальгамное*  
Буво – Блана 1/619, 620  
в звуковых полях 5/60  
диагностический, см. *Несемьянова реакция*  
и алкилирование 2/117  
и аминирование 1/271, 272; 2/82, 83, 116, 121, 1138, 1155; 3/107, 289, 470, 622; 4/196; 5/979  
и ацилирование 3/407, 408  
и дезалкилирование 2/6  
и диспропорционирование 4/554  
и иодирование 3/1025  
и карбоксилирование 2/633  
и коррозия металлов 2/952–955  
и метаболизм 5/109  
и металлизация полимеров 3/71  
и металлотория 2/579, 580, 1154, 1235, 1287; 3/88–91; 4/139  
и метилирование 2/123  
и минерализация 3/169, 170  
и обжиг 3/1000, 1001, 1068; 4/639  
и одноэлектронный перенос 2/831; 3/78; 4/623  
и окисление, см. *Окисление, Окислительно-восстановительные реакции, Окислительные процессы*  
и очистка газов 1/903, 904  
и пирометаллургия 3/1069  
и плавка 3/474; 4/592, 593, 1173, 1174  
и процессы дыхания 2/241, 242  
и расщепление 2/170  
и уничтожение химического оружия 5/502  
и фрагментация 5/365  
и гемиллюминесценция 5/446  
и дилкизация 3/408, 409, 1081; 5/520  
и элминирование 2/874, 934; 3/77, 79, 80, 1130  
карботермическое 5/257  
каталитическое 1/306; 2/117, 129, 364, 646, 663, 944; 3/78–80, 121, 515, 549; 4/538, 539, 1200  
кислотно-основное 2/751

- красителей, см. *Лейкосоединения*  
по Бёру 1/542; 2/886; 4/511  
по Клемменсену 2/809, 810; 4/1143  
по Меервейну – Понидорфу – Верлею 3/10, 11, 767, 768; 4/804  
по Нефу 3/439  
по Розенмунду 4/538, 539  
под действием света 5/332  
полярографическое 2/417  
присоединительное 2/129  
радикальное 2/524, 526; 4/310, 314  
реактивами Гриньяра 1/1203, 1204  
селективное и стереоселективное  
2/129, 546; 3/11  
совместное 2/1154  
стереоспецифическое 2/655  
фотохимическое 5/332, 354, 355  
электрохимическое, см. *Электро-  
восстановление*
- ВПК-402 3/1212
- Вращательные квантовые числа 2/721
- Вращательные постоянные 1/834; 3/157
- Вращательные спектры 1/833, 792, 834–837, 855; 2/143, 330, 386, 726, 727, 853, 865; 3/157, 158, 220, 230, 394, 892; 4/160, 780, 784; 5/789
- Вращательные (вращающиеся) устройства  
дисковые электроны 2/144, 145  
мельницы 4/139  
касасы 3/344  
печи 3/999, 1001, 1002, 1009; 4/632; 5/749
- Вращение  
внутреннее молекул, см. *Внутреннее  
вращение молекул*  
оптическое 1/388, 619; 2/128, 292; 3/772, 773; 4/859; 5/107, 108, 539, 546. См. также *Мутарота-  
ция*, *Хироптические методы*  
плоскости поляризации 2/292, 366, 368. См. также *Фарадей эффект*  
под магическим углом 5/1029
- Вревского законы 1/837, 66
- Временная жесткость воды 2/282, 283, 637
- Время (времена)  
жизни квантового состояния 2/726  
– клева 2/799  
– критического зародыша 2/319  
– нестойких веществ 2/145  
– «оседлой», см. *Реакции в раство-  
рах*  
– свободных радикалов и атомов  
4/164, 165  
задержки зажигания 1/830  
запаздывания деформации 4/484  
затухания люминесценции 2/1221, 1224  
защитного действия 1/61; 2/324, 514; 4/221  
и критерии подобия 3/1183–1185  
индукции 1/828  
оборота катализатора 2/691, 715  
пробытия частиц в аппарате 4/881  
релаксации 2/208, 691, 715, 1073, 1074, 1255, 1257, 1265; 3/645, 948; 4/484, 794, 795  
сушки 4/959  
удерживания компонентов в хрома-  
тографической колонке 2/295, 296
- Фиксированное, метод анализа 2/757
- Фильтрация 5/183, 194  
характеристическое для макромолекул 2/1265  
– процесса 5/156  
характерные, см. *Макрокинетика*
- Время-пролетные масс-анализаторы 2/1314
- Всаливание 1/856, 857; 3/25
- Всесезонные масла 3/277
- Всесоюзное химическое общество 1/838
- Вспененные материалы 1/624; 3/646. См. также *Пенопласты*
- Вспениватели 2/154, 1091; 3/328; 5/208. См. также *Порообразовате-  
ли*
- Всплывные масла 2/15
- Вспышки температура 1/838, 830, 831, 1175; 2/102, 103, 304; 3/1187
- Встречная диффузия 3/256
- Втор... 1/838
- Вторичная структура  
белков 1/471, 473, 474; 2/877  
макромолекул 2/1263, 1266  
нуклеиновых кислот 2/1323, 1324; 3/587, 588, 1051, 1052  
пептидов 3/930  
ферментов 5/159
- Вторичные взрывчатые вещества 1/607, 608, 705; 2/406, 467
- Вторичные процессы  
кинетические изотопные эффекты 2/758  
эмиссия ионная 2/511, 512, 1212, 1318  
– электронная 2/499, 501, 529; 3/97; 5/338, 362, 871, 872, 877
- Вторичные ресурсы 2/356, 358; 3/120, 848, 852, 864, 865; 5/77, 469, 470, 593, 955–957
- Вторичные ростовые вещества 4/428
- Вторичные частицы  
ионы 2/511, 512, 1212, 1318; 3/431  
электроны 2/499, 501, 529; 3/97; 5/338, 362, 871, 872, 877
- Вторичный пар 1/847–854
- Второе начало термодинамики 1/839, 573, 762; 3/841, 936; 4/825, 1028, 1066, 1085, 1211; 5/464–466, 593, 955–957
- ВТ-электролиз воды 1/785, 786
- Вуда сплав 1/813; 4/601, 809
- Вудворда  
реактив(ы) 1/840  
реакция 1/841  
синтез 5/576–580
- Вудворда–Хофмана правила 1/841, 1186; 2/101, 127, 247, 509, 628, 724, 755, 905, 917; 3/235, 236, 783, 788, 939, 964, 965; 4/416, 417, 665, 692, 693, 744; 5/339, 353, 736, 877, 927, 928
- Вудрифта печь 1/409, 410
- Вулканизаты 2/286, 704; 3/1116; 4/583, 661. См. также *Резины*
- Вулканизационная сетка 1/844, 845; 2/1266; 4/661–663
- Вулканизация 1/844, 845–847, 859, 1044–1046, 1109; 2/377, 705, 1013, 1017, 1018, 1149, 1150; 3/838, 972, 973, 1116; 4/3, 4, 42, 43, 129, 130, 203, 204, 440, 443; 5/86  
агенты, см. *Вулканизующие агенты*  
«динамическая» 4/1089  
и антинонаны 3/661  
и радиоломиниесценция 4/1076  
оптимум 1/844, 845  
плато 1/845  
«полнприсоединенное» 2/1023  
преждевременная 1/844, 846  
при удароволновом сжатии 5/52  
радиационная 4/293  
серная 1/846, 847; 3/62, 1244; 5/571, 572  
ускоритель 1/306, 630, 634, 636, 645, 846, 847, 867; 2/177, 183, 187, 377, 620, 694, 1086, 1091, 1149; 3/62, 107, 1030; 4/926, 969, 1155, 1199; 5/11, 47, 86, 414, 572, 586, 799  
«холодная» 1/846; 2/1022
- Вулканизующие агенты 1/115, 116, 845–847; 2/66, 94, 406, 1013, 1016, 1102, 1248; 3/683, 978; 4/120, 633, 654, 655, 969, 1089, 1152, 1269; 5/86, 138, 998. См. также *Вулканизация*
- Вулканизующее происхождение нефти 3/457
- Вулкапит ВЛ 4/134
- Вулкапит AZ 3/62
- Вулканол 5/86
- Вултекс 2/1149
- Вульфа уравнение 2/318
- Вульфа–Брэгга уравнение 4/995; 5/878, 879
- Вульфенит 3/241, 242
- Выборка случайная измерений 3/638, 639
- Выборочное среднее измеряемой величины 3/638–640
- Выбросы (выхлопы)  
автотранспорта 2/666, 668; 3/873, 1129, 1134; 4/1058, 1210; 5/43, 45, 46  
как отходы, см. *Отходы производ-  
ства и потребления*  
промышленные 3/852, 853. См. также *Сточные воды*  
пылевые 3/1194  
радиоактивных газов 4/319–322  
тепловые 3/864, 865  
технологические 3/852, 853
- Выварочная соль 3/369
- Выветривание как твердофазная реакция 4/414
- Выдавливание 4/6, 7. См. также *Экструзия полимеров*
- Выморачивание 1/847, 902; 2/1041; 3/117, 323, 420; 4/382, 893, 954, 1092
- Выпаривание 1/847, 848–855, 1105; 2/885, 1052, 1053, 1299; 4/350
- Выплавка металлов 3/1001, 1004
- Выпускные формы 2/981, 982; 3/1010, 1013, 1017; 4/19, 33, 34, 286
- Выравниватели окраски 2/694; 3/716–718; 4/580, 1012
- Вырожденные энергетических уровней 1/855, 404, 405, 856; 2/720, 727; 5/107, 108, 882, 886  
в полупроводниках 4/105, 107  
и электронная корреляция 5/869  
и эффект(ы) туннельный 5/26, 28  
– – Яна–Теллера 5/1057, 1058  
конформеров 2/907  
кратность, см. *Мультиплетность*  
объемное 3/627  
снятие, см. *Зеемана эффект*
- Вырожденные реакции  
изомеризация, см. *Топомеризация*  
как молекулярные перегруппировки 3/938  
протонный обмен, см. *Водородная  
связь*  
разветвленные 2/755; 5/691, 692  
таутомерные 4/416, 991  
фосфотропные 5/308
- Вырожденные системы  
геистический код 1/1013  
пространства состояния 5/99  
энергия, см. *Вырождение энергетических уровней*
- Вырубка пластмасс 4/10
- Высаливание 1/856, 857; 2/163, 1053; 3/25, 256, 303, 420, 818; 4/78, 86; 5/827
- Высоковольные источники излучения 2/502, 503
- Высокоизбирательные реагенты 2/347
- Высококоэффициентные материалы 2/1241, 1242
- Высокомодульные материалы  
волокна 1/731–733, 803–805; 3/1217, 1219; 4/27, 61, 1013, 1014, 1082; 5/48  
стеклопластики 3/746
- Высокомолекулярные соединения 1/857, 858–861; 3/784; 5/481. См. также *Полимеры*  
и олигомеры 3/742–744. См. также *Смоля синтетические*  
молекулы, см. *Макромолекулы*  
получение, см. *Биополимеры*, *Биосинтез*, *Поликонденсация*, *Полимеризация*  
применение, см. *Пластические массы*, *Полимерные материалы*  
свойства, см. отдельные физические и физико-химические параметры эластомеры 1/859. См. также *Каучуки*, *Резины*
- Высокообъемные химические нити 4/1014–1017
- Высокоогнеупорные материалы 3/650
- Высокопористая керамика 2/733
- Высокопрочные сплавы 2/257, 828, 1249, 1250
- Высокосернистые нефти 3/442
- Высокотемпературные материалы керамика 2/733  
сверхпроводники 3/414, 415; 4/585–587  
теплоносители 2/185, 202; 4/1095  
химико-лабораторное стекло 4/837, 838
- Высокотемпературные процессы  
в плазме, см. *Плазма*, *Плазмохимическая технология*, *Плазмохимия*  
калориметрия растворов 2/576  
переработки нефти, см. *Крекинг термический*  
– углей, см. *Коксование*, *Полукоксование*  
пиролитические, см. *Пиролит*  
поликонденсация 3/1259, 1261  
получения горючих газов, см. *Газификация*  
самораспространяющийся синтез 4/574, 575, 685; 1/584, 1169; 2/1261; 3/415, 421; 5/516, 755
- Высокохромистые стали 2/261
- Высоочастотное титрование 2/898, 899
- Высоочастотные процессы  
плазмохимические 4/777–779  
распыление 3/334  
сварка 4/582
- Высоочастотный анализ 2/209, 210  
кондуктометрия 2/897–899
- Высокоэластические деформации 1/859, 861, 862
- Высокоэластическое состояние 1/861, 859, 862, 873; 2/54, 55, 328; 3/1118; 4/440, 488, 489, 662, 1017, 1076
- Высокоэнергетические вещества (частицы)  
нейтроны 3/401  
фосфаты 1/558
- Высокоэффективная жидкостная хроматография 2/294, 295, 298; 3/1096; 5/23, 35, 245, 246, 270, 425, 628, 630
- Высота  
аппаратов 2/1306, 1307  
единицы переноса 2/1306, 1320; 5/830  
ископтящего пламени 2/738, 739, 1225; 3/448  
эквивалентная теоретической ступени контакта 2/391, 1306, 1307; 5/625, 830, 831
- Высшие жирные кислоты 1/862, 265, 717, 826, 827, 863–865, 1137, 1144, 1145; 2/226, 283, 616, 643, 646, 660; 3/1160, 1161; 4/903, 977, 990; 5/57  
амиды 1/1179  
димерные 3/741  
как присадки 4/172  
как телогены 1/150, 151  
незаменимые 3/395, 396, 397; 1/863–865

- сложные эфиры 2/1184; 3/1227; 4/172, 770, 861, 919  
соли, см. Мыла  
сульфирующие 4/919, 920  
трипириды 4/377  
хлорангидриды 1/744  
Высшие жирные спирты 1/865, 866, 867, 998; 2/27, 210; 3/78, 450, 922; 4/804, 907  
Высыхающие продукты  
масла 2/982, 1215, 1273; 3/1139, 1140; 4/377, 383; 5/26, 134  
смолы алкидные 1/153, 157  
– алкил(арил)фенило-формальдегидные 1/157  
Вытеснительные методы  
тепловая десорбция 5/621, 625, 626  
титрование 2/871  
хроматография 2/295, 296; 5/621, 625–627  
Вытопка жиров 2/307–309  
Вытравная набивка 3/998  
Вытяжные дымовые шахты 3/1190  
Выход(ы)  
ионные 4/298  
квантовый, см. Квантовый выход  
оптический 1/388–392  
по току 5/106, 854, 895  
радиационно-химический 4/290, 293  
реакций 2/901, 902; 5/60  
– ядерных 5/1022  
флуоресценции 1/410  
целевых продуктов 2/1239; 3/793, 794  
энергетический, процессов 3/146, 147; 5/60  
Вычитания твердые растворы 4/1005, 1006  
Вычитающие реакторы 4/425  
Выщелачивание 1/867, 468, 1050; 2/553, 669, 670, 731, 822, 1287; 3/7, 93, 244, 245, 474, 475, 492; 4/265, 435, 550, 615, 944, 1020, 1173; 5/704, 762, 833  
агитационное 1/867  
бактериальное 1/868, 869  
и капиллярная пропитка 2/613  
и растворение 4/350  
и экстрагирование 5/819  
как толохимическая реакция 4/1216  
кучное 1/868; 5/77  
«нейтральное» 5/749  
перколяционное 1/868  
подземное 1/1021; 2/1246; 3/369, 416; 5/77  
радионуклидо из мест захоронения 4/321  
ВЭЖХ, хроматография, см. Высокоэффективная жидкостная хроматография  
Вюрстера  
хреститель 5/339  
соли 5/124  
Вюрца реакция 1/869, 392, 947; 2/10, 313, 621, 889, 1016; 3/125, 350, 727, 981; 4/512; 5/744, 785, 973  
Вюрца–Гриньяра реакция 1/1203  
Вюрца–Михаэлиса реакция 4/946  
Вюрца–Фиттига реакция 1/869; 4/62  
Вюрцит (вюрцит) 2/556, 832; 4/109, 618, 630, 1023; 5/746, 754, 755  
Вюстит 1/907; 2/254, 270, 271  
Вюститовый электрод 4/821  
Вязущие материалы 1/870, 871; 2/587, 589; 3/64, 418, 863, 1001, 1140, 1264, 1265; 4/752, 977; 5/143, 585. См. также Таннины  
алюминаты 1/206  
и лекарственные средства 1/870; 4/979  
известковые, см. Известь  
как защита от излучений 3/353  
крахмально-каолиновые 2/327  
порошковые 4/138. См. также Цементы  
твердение 1/1076; 2/582  
Вязкое течение 1/873; 3/644, 947, 948; 4/486, 1065, 1069, 1073  
Вязкостные вакуумметры 1/662  
Вязкостные присадки 1/286; 3/277, 1126; 4/167, 173, 1114  
Вязкость 1/871, 872, 873, 887, 888, 915  
бингамовская 4/486  
вихревая 3/947, 948  
динамическая 3/1183, 1185  
единицы 3/13  
жидкостей 2/285, 286; 3/144  
и давление 1/1215, 1218  
и «живучесть» полимеров 3/1113, 1114  
и компенсационный эффект 2/868  
и ползуцет 3/1161  
и релаксация 4/463  
и реология 4/484–492  
измерение, см. Вискозиметрия  
кажущаяся 4/486, 490  
как перенос импульса 4/870  
кинематическая 3/1183–1185; 4/166, 167; 5/29, 30  
критические аномалии 2/1074  
нефтей и нефтепродуктов 3/446, 453, 455, 457, 458, 462, 463, 465  
ньютоновская 1/872; 4/486; 5/30  
олигомеров 3/743  
пластичных смазок 3/1123, 1125, 1126  
полиэлектролитов 4/78  
понижители 2/227, 1165, 1174, 1175  
порошков 4/138  
расплавов 3/219  
растворителей 4/359  
регуляторы 3/728  
соляной кислоты 4/754  
структурная 1/789, 872  
сдвиговая 4/831, 832  
среды и реакционная способность 4/423  
– – степень поляризации люминесценции 2/1224  
уларная 4/808  
характеристическая 1/873; 4/488  
эффективная 1/728, 872; 3/1113; 4/138, 486, 490  
Вязкотекучее состояние 1/873, 859, 860; 2/54; 3/319, 840, 1119, 1121; 4/3–5, 887–889, 1017  
Вязкоупругость 2/54; 4/484–486, 488  
сульфид 5/363  
Гадолинит 1/875, 1156; 2/156, 243, 544, 546; 4/434, 570  
Галфилля сталь 2/262  
Гажа 2/348  
Газ(ы) 1/923, 924, 926; 5/508  
абсорбция 1/4, 5–9, 11–14, 904, 905  
адиабатическое насыщение 2/542  
адсорбция 1/797, 905; 2/860  
анализ, см. Газоанализаторы, Газовый анализ, Газовые методы  
ассоциированные 2/789  
барботирование 1/455, 456  
благородные, см. Благородные газы  
болотный 3/101  
бытовой 1/1177; 4/194  
«веселящий» 1/94, 96  
водородосодержащий 1/1087, 1088, 1090, 1091, 1107, 1108; 2/169, 687  
волюной 1/767, 778, 839  
воспламенение, пределы 1/831, 832  
восстановительный 1/847, 878, 903, 904; 2/847; 4/101  
вымораживание 1/847  
вязкость 1/728–730, 871, 872, 887, 888  
генераторные 1/878–880; 4/633, 651  
гидраты, см. Газовые гидраты  
горение 1/1169, 1170  
гремучий 3/824  
давление 1/1215, 1216, 1219. См. также Дальтона законы  
детонация 2/46, 47. См. также Взрыв деформация 2/54  
дисперсные системы 2/153  
диссоциация 2/158  
дозирование 2/217, 218  
жирный 1/930; 2/680, 682  
защитный 2/326, 327; 1/798  
и коррозия металлов, см. Газовая коррозия  
и обмен веществ 3/611  
и проницаемость материалов, см. Газопроницаемость  
идеальные 1/17, 924, 925, 988; 2/22, 23; 4/364; 5/465, 499  
инертные 1/568; 3/82, 83  
ион-радикалы 2/524  
ионы, см. Ионы в газах, Плазма  
источники 3/413. См. также Водородная энергетика  
– вспениватели, см. Порообразователи  
– пиротехнические 3/1075, 369, 988; 2/768  
как минералы 3/164  
как наполнители, см. Газонаполненные материалы  
как пар 1/923  
как распыливающие агенты 4/139  
как растворы 4/360  
как реагенты для обработки стекла 4/836–838  
как средства пожаротушения 3/648, 649  
как температурные метки 4/1244  
как транспортирующие агенты, см. Пневмо- и гидротранспорт  
«капельные», см. Критические явления  
коксовый 2/845, 592, 595, 841, 842, 846, 847; 1/901, 904; 3/101, 863, 1054, 1055; 4/633, 651, 696, 969, 1115, 1202; 5/44, 806  
комплексы ион-молекулярные 2/505  
– молекулярные 3/18–20  
конверсионные, см. Газификация твердых топлив  
конденсатные, см. Газовые конденсаты  
летучие 2/1166–1168  
методы, см. Газовые методы, Газовые приборы  
нефтепереработки 1/926, 728, 785; 2/843, 844; 3/441, 445, 461, 1053, 1060–1066; 4/494, 651  
нефтяные попутные 1/928, 929; 3/441, 445, 452; 4/194, 1210; 5/973  
нитрозные 3/357, 505, 518, 530  
носители 4/889–892. См. также Хромография  
одоризация 3/653; 4/915  
окклюзия 1/4  
оптическая активность 3/772, 773  
осветительный 3/1061  
осушка 1/896, 62, 847, 897, 898, 912; 2/327, 613; 4/540; 5/291, 292, 605, 682  
отбензинный 1/929  
охлаждение 1/906, 907. См. также Градирни  
очистка 1/898, 467, 777, 847, 898–904, 931, 932, 1105; 2/215, 255, 613, 666; 3/855, 860; 5/25, 447. См. также Пылеулавливание  
– каталитическая 2/668, 672; 3/325, 873, 1129  
перемешивание 3/943  
перемещение 3/339. См. также Гидромеханические процессы, Диффузия, Компрессорные машины  
плотность 1/887, 889, 925, 1215; 2/55; 3/1145, 1146. См. также Плотномеры  
поглотители, см. Геттеры  
постоянная 1/908; 2/788; 3/13  
природные горючие 1/930, 431, 703–705, 831, 832, 894, 895, 912, 1002, 1003, 1175; 2/118, 680–682, 703; 3/119, 445, 446, 449, 450, 452, 863, 1001, 1187, 1193; 4/100, 101, 697, 1139; 5/42, 806, 927, 973  
пузыри 1/455, 456. См. также Коалесценция  
разделение 1/904, 11–14, 905, 912; 2/843, 1039, 1046, 1053; 3/42, 45, 53, 56; 3/1213; 5/682. См. также Газовая хроматография  
разрежение, см. Вакуум-насосы  
растворимость 1/14–19, 924, 1111, 1215, 1216, 1221; 4/356, 357. См. также Генри закон  
расход 4/383–387  
реагентный 2/1310  
реальные 1/679, 727, 924, 926; 5/70, 499  
редкие 1/568  
релаксация 4/463  
рудничный 3/101  
сжатие 1/923; 2/880–886; 3/278  
сжигание 1/204, 205, 924; 2/166–168; 3/278. См. также Холодильные процессы  
сжимаемость 1/1215; 4/664  
сигнализаторы 4/665, 666; 1/886, 892; 3/1190  
– утечки 4/667, 668  
содержание в минеральных водах 3/170, 171  
сольватированные электроны 4/750  
состояние, вакуум 1/661  
– диаграммы 1/923; 2/57, 61, 62  
– – закон(ы) Авогадро 1/17, 988  
– – Бойля–Мариотта 1/573, 988  
– – Гей-Люссака 1/988  
– – кратных отношений 2/984  
– критическое 1/924; 2/299, 1076  
– теория 1/924, 955  
– уравнение Ван дер Ваальса 1/679  
– – виральный 1/727  
– – Клапейрона–Менделеева 2/788, 789  
спектры 1/3, 4; 3/157, 158  
сухие 1/928, 930; 2/680, 681  
теплоемкость 4/1038–1040  
теплопроводность 4/1043

- топливный 1/878; 3/1066; 4/194, 1061, 1139  
 топочные 1/771; 4/1050  
 угарный 5/45, 46. См. также *Углерода оксид*  
 увлажнение 1/905, 753–756, 758, 906, 907; 2/210, 1300; 4/539, 540  
 фононов 4/463  
 химические процессы 2/124, 125.  
 См. также *Газофазные реакции*  
 хранение 2/799. См. также *Газгольдеры*  
 число, см. *Газовое число*  
 электрические разряды 3/1094, 1099, 1101, 1102. См. также *Ионизационные приборы*  
 электронный 2/2; 3/73, 96; 5/462  
 электрохимически активные, см. *Электроды газовые*  
 энергетический 1/878  
 эффузия 3/237
- Газгольдеры** 1/876, 877; 2/595
- Газификация**  
 древесины 2/1165  
 кокса, см. *Коксование*  
 нефтяных остатков 1/877; 3/119, 441, 443; 4/1061; 5/46  
 твердых топлив 1/878, 778, 785, 879–881, 904, 1087; 2/348, 597, 606, 665; 3/719; 4/100, 101, 697, 701, 705, 1115; 5/43, 46  
 – подземная 1/881, 882, 883; 2/597
- Газлифты** 3/339, 943
- Газоанализаторы** 1/884, 885–896; 2/768; 3/795; 4/665, 666; 5/554. См. также *Газовый анализ*, *Газовые приборы*  
 состава пылей, см. *Пылемеры*
- Газовая коррозия** 1/907, 973, 974, 1050; 2/348, 946, 950–953; 3/76, 888–890
- Газовая постоянная** 1/908; 2/788; 3/13
- Газовая хроматография** 1/908, 909–911; 3/566, 795, 884, 885, 916, 1067; 5/172, 610, 620  
 адсорбционная 1/883, 908, 920; 5/620  
 детекторы 2/43–45  
 жидко-твердофазная 5/620, 621  
 капиллярная 2/608–610, 1172; 3/1067  
 лигандообменная 2/1171, 1172  
 пиролизическая 3/1066, 1067; 4/425  
 распределительная 4/833  
 реакционная 4/424, 425  
 с программированием температуры 5/625, 626–628  
 твердофазная 5/620  
 токсикологическая 4/1208
- «Газовая» экстракция** 5/834, 835
- Газовое число** 1/1069; 4/134  
 кинетическое 3/259
- Газовые гидраты** 1/911, 767, 896–898, 912, 930; 2/798, 1043; 3/347; 4/889
- Газовые конденсаты** 1/912, 930, 991; 2/1175; 3/452
- Газовые методы**  
 адсорбционная радиография 4/325  
 аналитические, см. *Газовый анализ*  
 пламенная обработка металлов 4/195  
 радиоспектроскопия 3/157, 158  
 статическое прессование 2/732; 4/140  
 формование 1/814  
 электронография 2/191; 3/21; 4/882–884
- Газовые приборы (устройства)**  
 весы 3/217  
 генераторы, см. *Газогенераторы*  
 детекторы 4/322, 330  
 лазеры 2/431, 505, 1117–1120, 1124–1128; 3/411; 5/812
- лампы 2/1116, 1117, 1119; 3/349  
 лифтовые, см. *Газлифты*  
 пламенные печи 4/839  
 разрядные, см. *Газы*  
 расходомеры 4/383–387  
 сигнализаторы 1/886, 892; 4/665–668  
 термометры 4/1079  
 электроды 2/522; 4/1211; 5/150, 170, 839–844
- Газовые разряды, см. Газы**
- Газовые смеси, см. Растворы**
- Газовые угли** 2/597
- Газовый анализ** 1/914, 915–918; 2/709, 1315, 1317; 3/460, 645, 795, 797, 1054
- Газовый бензин** 1/1177, 1178; 4/100, 101
- Газовый обмен веществ** 3/611
- Газогенераторы** 1/878–880
- Газодисперсные системы** 2/153
- Газодувки** 2/882
- Газо-жидкостная хроматография, см. Хроматография газо-жидкостная**
- Газойли** 1/920, 728, 927, 991, 1089, 1108; 2/166–170, 680, 682, 1005; 3/278, 325, 377, 449, 450, 739, 1061; 4/399, 461, 725, 928, 1059, 1060; 5/208
- Газокинетические параметры**  
 сечение реакции 2/192; 4/870  
 число 3/259
- Газолит** 2/1202
- Газонаполненные материалы**  
 бетоны 1/544; 4/133  
 вспениватели, см. *Порообразователи*  
 полимеры 3/327, 328, 1119, 1121.  
 См. также *Пенопласты*  
 резиновые, см. *Пористая резина*  
 стеклянные, см. *Пористое стекло*
- Газообразователи, см. Порообразователи**
- Газопереносящие среды** 5/410
- Газоперерабатывающие заводы** 1/929
- Газопоглотители** 1/1063; 5/283, 284
- Газопроницаемость** 1/920, 757, 921  
 каучуков 2/706, 708  
 константа 2/198  
 полимеров 1/630, 920, 921; 3/1137  
 резин 1/630, 634, 637; 4/441, 442; 5/572
- Газотурбинные нефтепродукты**  
 масла 1/921, 922; 2/900; 3/276  
 топлива 1/922; 2/1005; 3/278
- Газофазные реакции** 1/43, 44. См. также *Парофазные методы (процессы)*, *Реакции химические*  
 алкилирование 5/982  
 бимолекулярные 1/546, 547  
 влияние среды 4/422, 423  
 гетерогенные 1/1049, 1058  
 гидрирование 5/133  
 гомогенные 1/1158; 2/850, 851  
 гомолиз 1/1162  
 горение 4/574  
 двухквантовое 2/4, 5  
 дегидрохлорирование 5/11, 12  
 и хемосорбция 5/448  
 ионное распыление 3/334  
 ионно-молекулярные 2/508, 509  
 кинетика 2/192, 754, 755, 897, 898, 902, 912, 913; 3/259, 426–430; 4/870  
 колебательные 2/850, 851  
 «концертные» 3/143  
 металлизация полимеров 3/71  
 механизмы 3/140–143  
 мономолекулярные 3/143, 257–260  
 обработки стекол 4/836–838  
 напыление 3/344  
 озонирование 3/659  
 окисление 2/850, 851; 3/346  
 – аммонолиз 3/672, 673; 5/381
- осаждение, см. *Химическое осаждение из газовой фазы*  
 плазменные 3/1099, 1101  
 полимеризация 1/922, 923; 3/1266; 4/81, 893  
 рекомбинация 3/222  
 теория столкновений 4/870, 871, 872  
 фрагментация 5/364  
 фторирование 5/391, 393, 548  
 хемилюминесцентные 5/445, 446  
 химическое полирование 4/33  
 – травление 4/33, 1223  
 хлорирование 5/13, 580  
 цепные 5/688  
 эпитаксия 4/113  
 эффект джамповер 4/786  
 – клетка 2/810, 811  
 – комплексационный 2/868  
 – спиновый 2/1239
- Газофракционирующие установки** 1/927, 928; 2/843
- Гайтлера–Лойдона приближение** 1/665, 666
- Г-актин** 1/130
- Галазонин** 1/51, 52, 229; 2/413
- Галазон** 5/558
- Галаксит** 5/788
- Галактаны** 3/615, 616, 896; 4/34, 35; 5/39
- Галактопикоманнаны** 1/1006; 2/1278
- Галактоза** 1/484, 744, 979, 1006, 1022, 1131, 1135, 1137, 1138; 2/232; 3/198; 4/35, 190, 215, 920, 1010; 5/201, 692, 693
- D-изомер** 2/659, 660, 857, 1162, 1163, 1196, 1228; 3/264, 269, 286, 748, 896; 4/431, 578, 1169; 5/37, 218, 605
- Галактозамин** 1/263, 264; 2/486; 4/1010
- Галактозиды** 1/472, 551, 552; 2/464; 4/431
- Галактозилтрансфераза** 4/1242
- D-Галактозофосфаты** 3/615, 616
- Галактолипиды** 2/141
- Галактоманнаны** 2/1278; 4/35, 38; 5/39
- L, D-Галактоматы** 3/615, 616
- D-Галактопираноза** 1/31; 2/658, 1278
- 4-O-β-D-Галактопиранозил-3,6-ангидро-L-D-галактозы** 1/32; 2/659
- 3-O-1,6-O-(α-D-Галактопиранозил)-β-D-галактопиранозилдиацил-глицерин** 1/1130, 1131
- 4-O-β-D-Галактопиранозил-D-глюкоза** 3/747
- 3-O-β-D-Галактопиранозилдиацил-глицерин** 1/1130, 1131
- α-D-Галактопирано-β-D-маниопиранан** 4/35
- β-L-Галактофураноза** 5/607
- D-Галактофреброзиды** 5/693
- D-Галактоуронат** 3/615, 616
- Галактуроновая кислота** 2/1233; 3/895, 896; 5/92, 93
- D-Галактуроно-1-фосфат** 3/615, 616
- Галалит** 2/802
- Галантами** 1/223, 224, 346; 5/1052
- Галантизин** 2/1178, 1179
- Галеит** 5/988
- Галениит** 2/51, 334, 443, 551, 1159; 3/633; 4/560, 591, 603, 613, 630, 680, 911, 972, 1018
- Галерта** 2/802
- Галидор** 4/774, 775
- Галилея**  
 термоскоп 4/1077  
 число 3/1184; 4/1047
- Галит** 1/956; 2/562, 572; 3/164, 347, 369, 631, 863; 5/205, 551, 563
- Галламы** 1/935, 936; 5/669, 844
- Галшаты** 1/935, 936, 939
- Галлеи** 5/128
- Галлиды** 1/935
- Галлий** 1/933, 1015; 4/431; 5/651, 936–938  
 амальгамы 1/222, 223  
 антимонид 1/937, 332, 935, 938; 2/1124; 4/1111, 112, 948  
 арсенид 1/938, 385, 936, 940; 2/77, 209, 1042, 1124, 1318; 3/305, 774, 776; 4/102, 109–112, 114, 115, 117, 118; 5/363, 895, 898, 925  
 бораты 2/222  
 бромиды 1/604, 939; 5/367  
 галогениды 1/938, 937, 939  
 гидрид 1/1080  
 гидроксид 1/934, 935, 939, 1092; 4/711  
 гранаты 1/1035, 1185  
 интерметаллиды 3/348; 4/556  
 иодиды 1/939  
 нитрат 1/935, 939  
 нитрид 1/935; 2/209; 3/508, 509  
 оксиды 1/939, 935, 936, 1055; 4/835  
 определение 1/381, 936, 1218; 2/451, 710, 731, 1090, 1104, 1217, 1318; 3/124, 714, 1044, 1058; 4/397, 936; 5/335, 637  
 органические соединения 1/937, 166, 1104; 3/62, 314  
 перхлорат 3/990  
 получение 1/936, 977, 1020; 2/87; 3/413; 4/559, 1165; 5/746, 749, 898  
 применение 2/801, 936, 1119, 1226; 4/103, 106, 114, 115; 5/669, 920  
 свойства 1/934–936, 1092, 1093, 1215; 2/282, 383, 671, 788; 3/165, 439, 957, 958; 4/152, 349, 359, 813  
 селенид 1/935; 4/109, 115, 618, 619  
 сплавы 1/673, 935; 2/1008; 4/1180; 5/844, 897, 898  
 сульфиды 1/935; 4/637, 910  
 теллуриды 1/935; 4/109, 1023, 1024  
 феррит 5/163  
 фосфаты 1/935; 5/249  
 фосфид 1/940, 935; 2/1043, 1124; 3/256; 4/102, 107, 109, 111, 112, 118; 5/257, 925  
 фториды 1/939  
 халькогениды 1/935; 4/109, 115, 547, 618, 619, 637, 910, 1023, 1024  
 хлориды 1/673, 935, 936, 938, 939; 4/345, 1020; 5/16, 367  
 хлороарсенат 3/307  
 цианаты 5/702
- Галлит** 1/934, 936; 2/451; 3/1054
- Галловая кислота** 1/940; 3/692, 693, 1054; 4/428; 5/202
- Эфиры** 1/334; 2/305; 3/1088; 4/978
- Галлодубильная кислота** 1/870
- Галлотанининовая кислота** 4/978
- Галлофлавин** 1/940
- Галуазит** 1/1141; 4/131
- Галлюциногены** 1/654; 2/457, 1176; 4/269, 654, 843–846; 5/968
- Головаксы** 3/371; 5/568
- 2-Галогенадамантаны** 1/35
- Галогеназиды** 1/93
- α-Галогенакролеин** 1/118
- Галогеналкилфосфорные кислоты** 1/1027, 1028
- β-Галогеналкантиолы** 3/733
- Галогеналканы** 3/407; 4/805
- ω-Галогеналкилацетоуксусные эфиры** 5/641, 642
- α-Галогеналкилбораны** 1/599
- бис-(2(β)-Галогеналкил)дисульфиды** 3/733
- α-Галогеналкилсульфамиды** 5/96
- Галогеналкилсульфиды** 4/915
- β-Галогеналкилсульфенилгалогениды** 3/733
- α-Галогеналкилсульфоны** 5/96
- β-Галогеналкильные радикалы** 4/313



- Галогенальдегиды и галогенкетоны 1/941, 237, 361, 567, 942, 943, 956, 981, 1221, 1222; 2/67, 245, 887, 911; 3/967; 4/68, 623, 1118, 1126, 1250
- N-Галогенамиды 1/1179, 1181; 2/1138, 1139
- Галогенамины 1/93, 1181; 4/931, 932
- Галогенангидриды, кислоты карбоновые 1/942, 199, 270, 370, 371, 440, 442, 715, 718, 943, 1089, 1091, 1099, 1133, 1203; 2/14, 71, 82, 187, 417, 554, 645, 741, 887, 888, 1085; 3/21, 112, 280, 407, 498, 513, 523, 554, 671, 704, 707, 764, 782, 796; 4/272, 341, 538, 539, 802, 898, 925, 932, 990, 1135, 1136, 1164, 1200; 5/57, 65, 141, 238, 239, 265, 368, 369, 394, 786, 974, 978
- сульфиновые 4/915
- сульфоновые 3/952, 980; 4/899, 900, 923, 1151
- угольная, см. *Фосген*
- фосфиновые и фосфоновые 2/122, 671, 811, 812; 5/260, 280, 296, 297
- Галогенантрахины 1/943, 139, 240, 356, 944, 945; 4/73, 1204
- Галогенарены 4/1123, 1124, 1160
- Галогенарилрование 3/9, 10
- Галогенариллитий 2/1203
- Галогенарсины 3/310
- N-Галогенациланилиды 3/814, 815
- Галогенациллены 5/1000
- N-Галоген-N-ацетилнафталиламины 3/815
- N- $\alpha$ -Галогенациламиноамониевые эфиры 2/1139
- Галогенациламины 1/361
- Галогенациланилиды 3/814, 815
- o-Галогенбензойные кислоты 4/1146
- N-Галогенбензолсульфамиды 1/515
- Галогенбензолы 1/945, 983
- Галогенбензохионы 1/533
- $\alpha$ -Галогенбораны 1/602
- Галогенбуталены 5/373
- $\beta$ -Галогенвинилкетоны 1/942; 2/887
- Галогенвисмутаты 1/736
- Галогенгерманы 1/1039, 1040
- Галогенгидантоны 2/18
- Галогенгидридная перегруппировка 1/960
- Галогенгидриды 1/959, 960, 1134; 2/14, 379; 3/732, 1024; 4/201; 5/961, 991, 993, 994. См. также *Галогеносиристы*
- Галогендекарбонилирование 2/28
- 1-Галоген-2,2-дифенилэтаны 2/182
- 1-Галоген-1,2-дифенилэтилены 2/182
- Галогензамещенные углеводороды 1/945, 941, 943, 946–949, 955; 2/82, 432; 3/405, 573, 738, 739, 764, 785, 833, 884, 938, 1059, 1117; 5/60, 137, 391
- Галогенидные стекла 4/835–838
- Галогениды 1/949, 606, 950, 951, 970, 1164, 1191; 2/183, 495, 639; 3/392, 938, 1055, 1069; 4/272, 549, 979–983; 5/925, 926. См. также *Галогенфториды*, *Межгалогенные соединения*, *Полигалогениды* и *псевдогалогениды*
- 3/576 как ионофоры 4/372
- как кристаллофосфоры 2/1061
- как минералы 3/165, 166
- как оптические материалы 2/1072
- как растворители 4/359
- металлов 1/137, 1193, 1194; 2/641, 1061, 1072; 3/510, 1044; 4/372, 668; 5/238. См. также соединения отдельных химических элементов номенклатура 3/577
- определение 2/1217; 3/64; 4/159
- органические 2/315, 639, 874, 889, 1103, 1166, 1193, 1194; 3/32; 4/595. См. также *Галогенангидриды*, *Галогензамещенные углеводороды* редкоземельных элементов 4/436, 435, 437
- N-Галогенимиды 1/951; 2/416; 4/895; 5/557
- Галогенирование 1/952, 140, 592, 593, 941, 942, 948, 1004, 1005; 2/10, 90, 95, 116, 121, 245, 247, 285, 360, 411, 416, 419, 642, 645, 943, 1137; 3/346, 387, 414, 556, 710, 738, 938, 951, 1054; 4/66, 273, 581, 740, 933, 1055, 1156, 1165, 1201, 1202; 5/10, 141, 294, 295, 553. См. также *Перегалогенирование*, реакции соответствующих галогенов
- гетеролитическое 1/1060
- заместительное 1/952–954; 2/409, 441, 651, 745; 3/101; 5/428, 907
- по Бородину–Хунсдиккеру 1/592, 593
- по Волю–Шиглеру 1/824, 825
- по Гаттерману–Коху 1/983
- по Гелло–Фольгарду–Зелинскому 1/1004, 1005
- по Зандмейеру 2/315
- по Финкельштайну 5/195; 1/948, 953; 2/32; 3/938
- по Шиману 5/781
- низкотемпературное 2/1034
- присоединительное 1/954, 955. См. также *Гидрогалогенирование*
- радикальное 4/304; 5/682, 683
- расщепление, см. *Галоформная реакция*
- твердофазное 4/1002
- электрохимическое 5/923
- $\alpha$ -Галогенкапролактамы 2/1176
- Галогенкарбиновые комплексы переходных металлов 2/626
- Галогенкарбонильные соединения 1/602, 1221, 1222; 2/457; 3/966, 967; 5/195, 256, 260, 266, 778
- Галогенкарбонные кислоты 1/955, 543, 956, 981, 1221, 1222; 2/643, 646, 648, 1141, 1143, 1144, 1262; 3/530, 967; 4/73; 5/582, 584, 784. См. также *Трифторнадуксунная кислота*, *Трифторуксунная кислота*, *Фторуксунная кислота*, *Хлорпропионовая кислота*, *Хлоруксунные кислоты*
- азиды 2/1106
- амиды 2/1139; 5/96
- галогенангидриды 1/1005; 2/741; 5/197
- эфиры 1/198, 1005, 1147, 1148; 2/647, 1139; 3/32, 557; 4/512, 513
- Галогенкарбораны 2/651
- Галогенкарбосиланы 3/800
- Галогенкетоны 5/95, 96
- Галогенколлидины 2/858
- 8-Галогенксантины 2/1084
- Галогенкетоны, см. *Галогенальдегиды и галогенкетоны*
- Галогенметаны 3/661
- $\alpha$ -Галогеннитрилы 1/602
- $\alpha$ -Галогенинтроалканы 3/531, 557
- $\alpha$ -Галогенинитрозооксиды 3/702
- Галогенинитрозоосоединения 1/172; 3/702
- Галогенные газоанализаторы 1/894, 895
- Галогенные породы 1/956, 957
- Галогеноаураты 2/332, 333
- Галогеноводородные кислоты 1/949, 951, 1099, 1145, 1146; 2/75; 3/246, 761, 764, 796; 4/636, 638, 877. См. также *Галогеноводороды* хлористоводородная, см. *Соляная кислота*
- Галогеноводороды 1/118, 429, 943, 948, 951, 953–956, 1083, 1084, 1134; 2/13, 14, 71, 92, 100, 140, 246, 282, 887, 889, 1103; 3/58, 59, 109, 119, 513, 732, 738, 761, 762, 832, 1025, 1027, 1028, 1059; 4/205, 660, 713, 1056; 5/548, 570, 710, 714, 733, 939, 991. См. также *Бромистый водород*, *Галогеноводородные кислоты*, *Иодистый водород*, *Фтористый водород*, *Хлористый водород*
- Галогенодиоксины 3/225
- Галогенокислоты, см. *Галогенкарбонные кислоты*
- Галогеноксиаты 2/1088
- Галогенооксиды 1/1191
- Галогенооксисиланы 2/1022
- Галогеноолефины 4/525, 1123, 1124
- Галогенолиз 3/983
- $\alpha$ -Галогенолы 1/1005
- Галогеномасляные кислоты 2/1080
- $\beta$ -Галогеномасляный альдегид 2/1081
- Галогенометаллаты 1/949, 950
- 3-Галогенометилен-2,2-диметиленорборан 2/598
- Галогеноиновые соединения 1/957, 958, 959; 3/722
- Галогеноионообменные кислоты 3/495, 496
- Галогеноорганосины 3/315
- Галогеносеребряные фотоматериалы 1/623, 624, 952; 2/37, 233, 234; 3/132; 4/252–255, 504–506, 624–627; 5/315–333, 339, 357, 452–457
- Галогеносеребряные электроды 5/841–844
- Галогеносили, см. *Минералы*
- Галогеноспирты 1/952, 956, 960, 1005; 4/800. См. также *Галогенгидриды*
- Галогеностаннаты 3/750
- Галогенотехнетаты 4/1112\*
- Галогенофильные реакции 3/981
- Галогеноформаты 5/610
- Галогеноцирконаты 5/764
- 4-Галогенпропазолы 3/1034
- Галогенипридазины 3/1043, 1044
- N-Галогенипиридиниевые соли 2/645
- Галогенипиридины 2/142
- Галогениполисилоксановые масла 2/961
- 3-Галогенпропанола 3/685
- $\gamma$ -Галогенпропиламины 1/71
- $\beta$ -Галогенпропионовый альдегид 1/118
- Галогенсалициланилиды 1/337
- Галогенсиланы 3/180, 807; 5/60
- Галогенстиролы 5/122
- N-Галогенсукцинимиды 1/633, 951; 4/895
- N-Галогенсульфамиды 4/898, 899
- $\alpha$ -Галогенсульфиды 4/272, 913
- $\alpha$ -Галогенсульфоксиды 4/926
- Галогенсульфониевые соединения 4/931
- $\alpha$ -Галоген- $\alpha$ -сульфонилкетоны 4/343
- Галогенсульфониевые кислоты 4/906, 907, 917
- $\alpha$ -Галогенсульфоны 1/1221; 4/343, 344, 933
- Галогентерфенылы 4/1095
- Галогентиофосфаты 1/960, 961. См. также *Галогенфосфаты*
- S-Галогентиоугольная кислота, O-эфиры 4/1153
- Галогентиофосфаты 1/361, 362
- Галогенуглеводороды, см. *Галогензамещенные углеводороды*
- Галогенульфиды 4/1192. См. также *Четыреххлористый углерод*
- Галогенуксунные кислоты 1/602; 3/938. См. также *Трифторуксунная кислота*, *Фторуксунная кислота*, *Хлоруксунные кислоты*
- 5-Галогенурацилы 3/295
- Галогенфенолы 1/1026, 1027; 4/59, 94, 340, 448; 5/942
- Галогенфеноляты 4/60
- Галогенфосфаты 1/961, 962; 3/111, 112, 124. См. также *Галогентиофосфаты*
- Галогенфосфины 1/963, 964, 965; 2/122, 811, 812, 926; 3/111; 5/264
- Галогенфосфиты 1/965, 360
- Галогенфосфонаты 3/124
- Галогенфосфониты 5/279
- Галогенфосфораны 5/242, 259, 264, 294, 295
- N-Галогенифталимины 1/951
- Галогенифториды 1/966, 949, 967, 968; 3/11, 12; 4/339; 5/388, 389, 390, 391, 393, 553
- Галогенифторсиланы 2/1031
- Галоген-( $\beta$ -хлоратил)пиридины 1/63
- Галогеницианы 1/968, 969; 3/370, 516; 4/1253; 5/369, 702
- Галогеницианы 4/1166
- $\alpha$ -Галогенициклобутаноны 5/96
- $\alpha$ -Галогенициклопексаноны 2/911
- Галогенициклопексаны 2/913
- Галогенициклопропаны 5/740
- (Галогенициклопексаноны 5/980
- Галогены 1/969, 970; 2/416, 767; 3/142, 226, 346, 411, 414, 956, 974, 986; 4/177, 805; 5/386, 494, 605, 776, 904. См. также *Галогенирование*, *Перегалогенирование*
- астат 1/397, 398, 969, 970
- бром, см. *Бром*, *Бромистый водород*
- иод, см. *Иод*, *Иодистый водород*
- как лиганды 2/793; 3/735
- как нуклеофилы 3/602–604
- как окислители 3/662
- как органиены 3/785, 950; 4/533
- коррозионная активность 2/948, 949, 1333
- определение 2/654, 1083, 1100, 1148; 3/169, 170; 4/158, 159, 1056; 5/781
- радикальная миграция 3/932
- соединения межгалогенные 3/11, 12, 1237
- «остаточные» 1/1194
- сродство к электрону 4/813
- фтор, см. *Галогенфториды*, *Фтор*, *Фтористый водород*
- хлор, см. *Соляная кислота*, *Хлорцианиды*, см. *Галогеницианы*
- Галогенэфиры карбоновых кислот 1/423; 2/14; 4/512
- Галоидирование, см. *Галогенирование*
- Галоиды, см. *Галогены*
- Галолактонизация 2/646
- Галомины 1/302
- Галоперидол 1/238; 3/398, 1031; 4/269
- Галофлекс 4/28, 803
- Галоформная реакция 1/970, 941, 971; 2/647; 5/995. См. также *Галоформы*
- Галоформы 1/602, 970, 971; 2/36, 622, 623; 4/340. См. также *Хлороформ*
- Галофосфатные люминофоры 2/1225, 1226
- Галургия 1/971, 972; 2/562, 563; 3/416; 4/354, 355, 358, 746
- Гальвани-потенциал(ы) 2/2, 23, 24; 3/431
- равновесная разность, см. *Окислительно-восстановительные потенциалы*
- Гальваническая защита материалов 2/323
- Гальванические газоанализаторы 2/768
- Гальванические покрытия 1/973–977; 2/950
- Гальванические элементы 1/972, 109, 111, 973; 3/134; 4/544, 638, 1115; 5/917, 918, 921–923
- в потенциометрии 4/154, 155
- Вестона 3/582, 583
- воздушно-цинковые 1/972, 973; 3/355

- Даниеля-Якоби 1/1221; 5/489, 919  
деполяризаторы 4/546  
Кларка 3/583; 5/915, 916  
Лекланше 2/1162  
марганцево-магниево 2/1162  
марганцево-цинковые 1/972, 1221;  
2/1162  
нормальные 3/582, 583; 4/549;  
5/918  
окислительно-восстановительные  
реакции 3/664; 4/155  
резервные 1/973  
ртутно-цинковые 1/972; 3/583  
сухие 2/1162  
электрическая работа 2/1269, 1270  
электроды сравнения 4/819–821
- Гальванопластика 1/973, 977; 5/926,  
988  
Гальваностегия 1/973–976; 5/911  
Гальванотехника 1/973, 974–977;  
2/321, 872, 950; 3/71, 94; 5/703, 853,  
854, 895, 922. См. также отдельные  
методы  
Гальвиноксильный радикал 1/977,  
371, 978  
Гамилтоннан(ы), операторы 1/404;  
2/718, 719, 721–723, 918; 3/206,  
222, 223, 233, 778, 1174, 1175, 1178;  
4/119, 120, 688, 787, 788, 796–798,  
824; 5/31, 643  
ГАМК, кислота 3/578  
Гамма-абсорбционные методы  
анализ 1/978  
обогащение полезных ископаемых  
3/636  
Гамма-излучение 3/64–68, 403, 635,  
758, 1151; 4/289, 294, 295, 297, 298,  
321, 325–327, 329–332, 1076. См.  
также *Ионизирующее излучения, Ра-  
диоактивность*  
Гамма-кислота 1/255, 257  
Гамма-лазеры 2/1119  
Гамма-резонанс ядерный 3/64–68, 229.  
См. также *Мёссбауэровская спект-  
роскопия*  
Гамма-резонансная спектроскопия  
3/141, 229. См. также *Мёссбауэров-  
ская спектроскопия*  
Гаммафос 4/226  
Гамметта  
постулат 5/423, 424  
уравнение и константы 1/604, 605;  
2/435, 461, 646, 939; 3/30, 551;  
5/907  
функция кислотности 2/773, 783,  
784  
Ганглерон 4/774; 5/592  
Ганглиоблокаторы 1/979  
Ганглиоблокирующие средства 1/979;  
4/773, 813; 5/278, 525, 591  
Ганглиозиды 1/979, 980, 1137, 1140;  
2/1189; 3/49; 4/968; 5/692, 693  
Ганглиотики 1/979  
Ганглиоплетки 1/979  
Ганглиотетраозилцерамид 1/1139,  
1140  
Ганглиотетраозы 1/980, 1140  
Ганий 3/488; 5/929  
Ганит (ганнит) 2/1206; 2/222; 5/788  
Ганиошпинель 5/788  
Гантанол 4/901, 902  
Гантрацы 3/1227  
Ганча  
синтезы 1/980, 981; 2/858; 4/1118;  
5/713  
химическая теория кислот 2/778  
Ганча-Бейера синтез 1/980  
Ганча-Видмана номенклатура 3/575  
Гаптры 2/232  
Гаптемы 1/323; 2/188  
Гапто... 1/981; 2/274–276  
Гаптосоединения 1/980. См. также  
*Комплексы переходных металлов*  
железоорганические 2/274, 275,  
276, 362  
Гаптотропные реакции 4/665  
Гарноидориты 4/561  
Гардоиа 2/472  
Гарлон 1/1028  
Гармалин 2/636  
Гарман 2/457, 636  
Гармин 2/636, 1218  
Гармонического осциллятора модель  
1/926  
Гарнирит 3/472  
Гаринссаж, метод 2/223  
Гарпунный механизм реакции 3/142  
Гармана излучатель 4/348  
Гастриксин 4/217  
Гастрин 1/981, 982; 3/199; 4/758  
Гаттермана синтез 1/982, 199, 201,  
487, 948, 983; 2/73, 75, 90, 315, 419;  
3/689, 703; 5/224, 449  
Гаттермана-Коха реакция 1/983, 199,  
943, 954; 3/682; 4/1200; 5/224, 369  
Гаусманит 2/1286, 1291  
Гаусса  
базисные функции 2/1210, 1211  
линия спектра ЭПР 5/887, 888  
метод взвешивания 1/700  
орбитали 3/223, 783  
Гаусса-Зейделя метод 3/1111  
Гафний 1/983, 380, 381; 4/349, 350,  
431; 5/936, 937  
арсенат 1/986  
борид 1/583, 584, 986  
германаты 1/1035  
германий 1/1037  
гидроксиды 1/985, 986  
гидроксопроизводные 1/985  
интерметаллиды 2/485  
иодид 1/985  
карбид 1/986; 2/624, 737; 3/499,  
1093; 4/1009  
нитрид 1/985, 986; 2/737; 3/249,  
509, 1093; 4/1009  
оксиды 1/984–986; 2/734; 3/91, 498,  
5/861  
определение 1/986; 2/710, 731,  
1104, 1224; 3/124; 4/786; 5/128,  
762  
органические соединения 1/987,  
364, 365; 2/731; 4/856; 5/383  
пероксокомплексы 3/975  
перхлорат 3/990  
получение 1/986, 1022; 2/496, 519,  
1045; 3/90, 91; 4/562, 621, 681,  
1103, 1104, 1165; 5/497, 833  
применение 1/819, 986, 987; 2/537;  
4/142, 809, 835  
свойства 1/983–986, 1018; 2/84;  
3/96, 99, 165, 958, 959; 4/434, 574,  
813, 1009; 5/760, 762, 928  
селенид 4/618  
сульфид 4/684  
сплавы 1/819; 2/537, 548; 3/249;  
4/809, 984, 985, 1180; 5/80  
сульфат 1/985  
фосфат 1/986  
фторид 1/985, 986  
хлориды 1/985–987; 2/1107;  
3/1069; 4/892  
цианиды 1/986
- ГАХ, см. *Газоадсорбционная хрома-  
тография*  
Гачи 4/1059  
Гашеная известь 1/771, 870; 2/348–  
350, 586  
Гаюн закон 2/1065  
Гвайазулен 1/104, 105  
Гвайол 1/105  
Гваяковая смола 2/336  
Гваякол 1/987, 573, 680, 988; 2/15,  
226; 3/1057; 4/576; 5/800, 1008  
Гвианит 5/616  
Гвоздичное масло 1/510; 2/408, 654;  
5/130, 800, 1003, 1004, 1006  
ГДФ, см. *Гуаноциндифосфат*  
Геле насосы 3/344  
Геделит 5/144  
Гейбергерит 4/708  
Гейгера-Мюллера счетчики 1/978;  
2/220; 4/329, 330, 1111  
Гейкилит 4/1184  
Гейландт цикл 5/602  
Гейландит 5/681  
Гей-Люссака законы 1/988, 924;  
3/413; 4/866; 5/508  
Гейровского метод 1/808  
Гейтера-Клайзена конденсация 1/195  
Гексаалкилдианилины 3/762, 763  
Гексаалкилтрималоаклилфосфоний  
1/752  
Гексаамминокобальтхлорид 2/934  
Гексаарилдианилины 3/762, 763  
Гексаарилэтаны 4/1254  
Гексабарбитал-натрий 1/999  
Гексабораны 1/590  
Гексабораты 1/580, 581  
Гексабромбензол 1/335; 4/1138; 5/722  
Гексабромоловая кислота 3/752  
Гексабромостаннаты 3/752  
Гексагалогенбензолы 2/396  
Гексагелицен 2/367; 3/773  
Гексагидроазепин 1/989, 990  
Гексагидро-2-азепинон 2/615, 616,  
1137  
1,2,4,5,6,8-Гексагидроантрахинон  
1/940; 3/689, 691  
Гексагидробензиламины 1/494  
цис-Гексагидроизофталевая кислота  
2/396  
1,2,3,4,4а,9а-Гексагидрокарбазол  
2/618  
Гексагидроксиантрахинон 1/986;  
5/762  
4,4',5,5',6,6'-Гексагидрокси дифеновая  
кислота 4/978  
Гексагидроксициклогексаны 3/723;  
5/714, 715  
Гексагидрооксантимонаты 4/944, 948  
Гексагидросульфурная кислота  
4/944  
2,3,3а,4,5,6-Гексагидро-8-метил-1Н-  
пипразин[3.2.1-*jk*]карбазолгидрохлор-  
ид 3/1032  
Гексагидропериллен 3/950  
Гексагидропипразин 3/1029  
1,2,3,6,7,10-Гексагидропирен 3/1039  
Гексагидропиридин 3/1029, 1030  
Гексагидро-*o*-толуиловая кислота  
5/378  
Гексагидро-1,3,5-триазины 4/1249  
Гексагидрофенол 4/801, 802  
Гексагидрофталева кислота 5/378  
Гексагидрофталевоый ангидрид 3/1201;  
5/964  
Гексагидрохинолиновая кислота 5/527  
Гексалекаборан 1/588  
(*E*)-10-(*Z*)-12-Гексалекадиенол 1/415;  
5/161  
Гексалекан 3/345  
Гексалекановая кислота 1/827, 863,  
864; 2/643, 644; 3/876. См. также  
*Пальмитиновая кислота*  
Гексалекановый спирт 1/826  
Гексалеканол 3/876  
Гексалекафторотриэликаты 5/407  
9-Гексалецеиновая кислота 2/303, 307  
16-Гексалецил-7-еноид 3/291, 292  
1-*O*-Гексалецил-2-ацетил-*sn*-глицеро-  
3-фосфохолин 1/165  
Гексалециловый спирт 1/866  
1,4-Гексадиен 5/991  
Гексадиеналь 4/768  
Гексадиеновая кислота 4/206, 768  
*транс*, *транс*-2,4-Гексадиеновая кис-  
лота 4/206, 768  
*транс*, *транс*-2,4-Гексадиенол 4/800  
Гексадиены 1/628; 2/99; 3/104, 519  
2,4-Гексадин-1,6-диол 4/195  
Гексадион 1/1033; 4/1249  
Гексаизопропилбензол 2/380  
Гексакани 3/68  
Гексакарбонилванадий 1/675  
Гексаказоновая кислота 1/826, 827  
Гексаказанол 1/827  
Гексаметанол 1/112; 2/105, 647;  
3/110, 186, 552; 4/750, 1135, 1160;  
5/304, 305, 449  
«Гексаметафосфат» 5/248  
Гексаметилбензол 3/478  
Гексаметилвольфрам 1/824  
Гексаметилдибутоксисилан 2/1023  
Гексаметилдисилазан 2/1020, 1022;  
3/805; 4/682, 1135  
Гексаметилдисилан 2/1020  
Гексаметилдиоксисилан 2/1020, 1022,  
1023; 3/806  
Гексаметилдифенилтрисилоксан  
2/1022  
Гексаметиленадипамид 3/1251  
N-Гексаметилен-N'-бутансульфонил-  
мочевина 4/495  
Гексаметилендианин 1/988, 47, 989,  
990, 1210; 2/867; 3/1206, 1239;  
5/961  
Гексаметилендиизоцианат 1/989, 988;  
2/401, 406; 4/54  
Гексаметилендисилазан 3/717  
Гексаметиленимины 1/989, 453, 990;  
2/421  
Гексаметилениминый, гексаметилен-  
дитиокарбамат 1/989, 990  
N,N'-*бис*-(Гексаметилен)мочевина  
1/495, 990  
Гексаметилентетрамин 1/990, 86, 194,  
197, 337, 338, 590, 1000; 2/1, 31, 32,  
340, 694; 3/108, 113, 568, 729, 1088;  
4/256, 449, 508, 759, 760, 1200;  
5/134–137, 143, 222, 224, 430, 561.  
См. также *Уротролин*  
1,1,2,3,3,5-Гексаметилендиан 3/292  
Гексаметилкарбодифосфоран 2/631  
Гексаметилломеламины 3/35  
2,6,10,15,19,23-Гексаметилтетраказо-  
2,6,10,14,18,22-гексаен 4/713  
2,6,10,15,19,23-Гексаметилтетраказан  
4/713  
Гексаметил-3-триа-2,4-диокса-1,5-ди-  
силан-3,3-диоксид 2/1023  
Гексаметилтриамлофосфат  
5/304, 305  
Гексаметилтрисилоксан 2/1023  
Гексаметилфосфортриамид 1/943;  
3/360, 1209, 1210; 4/60, 750; 5/304,  
305  
2,2,4,4,6,6-Гексаметил-1,3,5-циклогек-  
сантрион 4/1269  
Гексаметилциклоктрисилазан 3/805  
Гексаметилциклоктрисилоксан 3/807  
Гексаметилэтан 3/330  
3',4',5,6,7,8-Гексаметоксифлавоин  
5/200  
Гексамидин 4/240, 241  
Гексамин 1/990  
Гексаминиевые соли, моноалкилы  
1/990  
Гексан 1/991, 6–8, 52, 648, 909, 913,  
914, 930; 2/5, 297, 365, 376, 638;  
3/225, 345, 347, 462, 466, 891, 1040;  
4/169, 359, 631, 750, 969; 5/681, 714,  
791, 992  
Гексаналь 5/1004  
1,6-Гександиамин 1/988, 989  
1,6-Гександиизоцианат 1/989  
1,6-Гександинитрил 1/47  
1,6-Гександиол 5/981  
Гексанитробензол 1/991, 607  
Гексанитродифенил 2/133  
2,2',4',6,6'-Гексанитродифениламин  
1/999  
Гексанитрокобальтаты 2/821, 822  
Гексанитростильбен 4/1082

- Гексаноат, метаболизм 3/613  
Гексановая кислота 1/863, 864; 2/616, 643, 644; 3/613, 1089  
3-Гексанол 1/140; 5/779  
Гексаиноы 2/744  
4,7,10,16,19,24-Гексаокса-1,3-диазабенцикло[11.8.5]гексаокзан 2/1036  
1,2,6-Гексаитринитрил 1/1071  
Гексаокациклоазохром 5/719, 720  
Гексвоксибензол, «соли» 1/170  
Гексаоксидифторид 2/769  
Гексаорганилдисвинец 4/596  
Гексаорганодисилоксаны 2/1011, 1017  
Гексапентаины 2/1102, 1103  
Гексарезорциновая смола 4/449  
Гексарпен 5/443, 647  
Гексафенилдициан 2/1025  
Гексафенилкарбодифосфоран 2/630, 631  
Гексаферриты 2/1240; 5/162–164  
Гексафторантимонаты 1/959; 5/781  
Гексафторацетиладетон 1/991, 992; 3/688; 5/610  
Гексафторацетон 1/992, 993–995, 1077; 3/982, 985; 4/623; 5/405  
Гексафторбензол 1/993, 915, 995; 2/137; 4/67, 1138; 5/404, 406  
Гексафтор-2-бутин 3/1225  
Гексафтордиан 1/993, 994  
Гексафтордисилан 2/1031  
Гексафтордисилоксан 2/1031  
Гексафтордифенилдопропан 1/993, 992, 994  
Гексафторизопропиловый спирт 1/994, 992  
Гексафторсилолы 1/996  
Гексафторсеребаты 3/306  
Гексафтороураты 2/137, 332, 333  
Гексафтороплатинаты 2/136, 137; 3/971  
Гексафторостаннаты 3/751  
Гексафторосурьмяная кислота 2/137  
Гексафтороурановая кислота 5/82  
Гексафторофосфорная кислота 2/798; 5/408  
1,1,1,5,5,5-Гексафтор-2,4-пентадион 1/991, 992  
1,1,1,3,3,3-Гексафторпропан 1/1085  
1,1,1,3,3,3-Гексафтор-2-пропанол 1/994; 3/1247; 4/805  
Гексафторпропилен 1/994, 714, 995, 1045; 2/623, 1150; 3/981, 985; 4/544, 1104; 5/389, 397, 401, 403–405  
Гексафторпропиленоксид 1/995, 992; 5/394  
Гексафторсилкаты 5/407, 781  
Гексафторсульфид 2/300  
1,1,1,3,3,3-Гексафтор-2-трифторметил-2-нитропропан 3/983  
1,1,1,3,3,3-Гексафтор-2-трифторметилпропанол 4/805  
Гексафторфосфаты 5/781  
Гексафторциклобутанол 3/985  
Гексафторциклобутен 3/985, 986  
Гексафторэтан 3/986  
Гексафторэтилен 5/406  
Гексахлоран 1/946, 996, 997. См. также *Гексахлорциклогексан*  
Гексахлоратетон 1/971, 992; 5/580  
Гексахлорбензол 1/995, 993, 997; 2/201, 239; 3/333, 916; 4/554, 668, 1056, 1104, 1105, 1138; 5/418, 588  
2,3,4,5,7,8-Гексахлорбифенил[4.2.0]октан 5/729  
Гексахлорбутандиен 1/948, 949; 3/1059  
Гексахлор-2-бутен 2/85  
Гексахлорсилан 2/1032; 3/801  
Гексахлорсилолы 1/996, 646, 719; 2/397; 4/1056; 5/566  
Гексахлорборборней 1/997  
Гексахлороридаты 2/535, 536  
Гексахлорпалладиевая кислота 3/872  
Гексахлорплатинаты 3/1129  
Гексахлорплатиноводородная кислота 3/79  
Гексахлорополоваты 4/99  
Гексахлороселенистая кислота 4/614  
Гексахлоротеллуриды 4/1020  
Гексахлорофен 1/452  
Гексахлорперилеи 3/950  
Гексахлортитановая кислота 4/1183  
Гексахлорциклогексан 1/996, 512, 946, 948, 949, 997; 2/469; 3/993; 4/247; 5/11, 416  
Гексахлор-1,3-циклопентандиен 1/997, 998; 2/93, 469; 3/579; 5/733, 734  
Гексахлорциклотрифосфазен 4/65  
Гексахлорэтан 1/998, 1216; 2/239, 240; 4/225, 357, 1106; 5/12, 13, 776  
Гексацен 5/647  
Гексацианобензол 5/705  
Гексацианокобальтаты 2/822  
Гексацианоферратная кислота 2/565; 5/703  
Гексацианоферраты 1/976; 4/894  
Гексацианоэтан 5/706  
Гексациклофосфаты 5/249  
Гексаэтилдисилоксан 2/1023  
Гексеи(ы) 1/998, 923, 999; 4/23, 81; 5/779, 983  
Гексенал 1/999, 455; 4/812, 1143  
3-Гексен-1-ол 2/238; 4/800  
Гексил 1/999, 607; 2/133  
Гексил, заместитель 3/569  
Гексилбромид 3/32  
3-Гексил-4-гидрокситетрагидропиран 2/251  
α-Гексилкоричный альдегид 1/487; 2/251; 3/725  
2-Гексил-3-метил-2-циклопентен-1-он 2/252  
Гексильные спирты 1/866; 3/917, 918; 5/382  
Гексильные эфиры, кислота капроновая 2/616  
липиновая 4/207  
4-Гексилрезорцин 4/448  
Гексилтеобромин 4/775  
Гексилтрихлорсилан 2/1032  
Гексилур 1/1032  
Гексилцеллозольв 5/659  
3-Гексии 1/431  
3-Гексинол 4/800  
Гексоген 1/1000, 280, 608, 705, 706, 990; 3/503, 530, 729; 4/162, 731, 1082, 1249, 1267  
Гексозамины 1/979; 3/254  
Гексозаны 1/1006, 1102; 2/223  
Гексозилтрансферазы 1/1131  
Гексозомонофосфатный шунт 3/918–921  
D-Гексозо-6-фосфат 1/1000  
Гексозофосфатизомеразы 3/918  
Гексозы 1/260, 1000, 1006, 1100–1103, 1146; 2/226; 3/263, 268–270, 623, 746; 4/37, 38, 1242  
Гексокиаза 1/1000, 1001, 1136; 4/1242  
Гексулоза(ы) 1/1146  
D-арабино- 3/264; 5/375  
D-ксило- 3/264  
D-лиixo- 3/264  
D-риbo- 3/264  
Гектан 3/345  
Гелевая технология 2/338–340. См. также *Золь-гель процесс*  
Гелеобразные соединения. См. также *Гели*  
водонаполненные, агар 1/32; 2/1187 – ВВ 1/281  
гидратцеллюлоза 1/731  
гидроксиды 1/1092; 2/1329  
декстраны 2/422  
ионообменные смолы 2/520, 701, 1268  
искусственная пища 2/535  
каррагинаны 2/659, 660  
кислота(ы), альгиновые 1/192, 193  
– кремнефтористоводородная 2/1009  
– метакремниевая 4/673  
латексы 2/1149, 1151  
метилцеллюлоза 3/126  
мыла 3/301, 302  
нефтяные битумы 1/565  
пектины 3/896  
полимеры 1/555; 2/395, 422, 867; 3/1199; 4/191, 523  
– сшитые, см. *Полимерные гидрогели*  
полисахариды 4/35  
ракетные топлива 4/342  
силикагель 4/672, 673  
стекла 4/839, 841  
Гели 1/1001, 1002; 2/332, 338–340, 376; 4/662; 5/38, 39, 149, 150, 425, 547, 680, 681, 812–817, 871. См. также *Гель-эффект*  
и золи, см. *Золи*, *Золь-гель процесс*  
и катализаторы 2/674, 675  
и коагуляция 2/816  
и крашение, см. *Крашение волокон*  
и мицеллообразование 3/182, 185  
и отверждение 3/839, 840  
и суспензии 4/952  
и хроматография, см. *Гель-хроматография*  
и электрофорез 3/588, 589, 600; 5/865  
как дисперсные системы 2/153; 4/886  
как пластификаторы 4/731  
как студии 4/887–889  
кольца Лизеганга 2/1259  
лиофильные 2/520, 1183  
липидный слой 2/1186  
плотность упаковки 4/132  
соединения, см. *Гелеобразные соединения*, *Гель-иммобилизованные системы*  
термообратимые 2/659  
Гелий 1/1002, 568, 569, 1003, 1004; 2/789; 5/936, 937  
водородоподобный 1/787  
жидкий 2/299; 4/300, 587  
космического вещества 2/962  
молекулярные комплексы 3/18  
– пучки 3/240  
определение 1/885, 915, 1003  
получение 1/570, 797, 929–931, 1003; 2/25, 392; 3/42, 411; 5/1018  
применение 1/1003, 1004; 2/625, 1117–1119, 1124; 3/885; 4/967, 1244; 5/435, 593, 604, 618, 628, 802  
сверхтекучесть 1/1003; 2/385, 1035; 5/102, 103  
свойства 1/6–8, 399, 400, 406, 949, 1002, 1015; 2/189, 198, 299, 385, 500, 503, 722, 767, 1073, 1077; 3/96, 164, 605, 606, 960, 961, 1093; 4/152, 318, 336, 813; 5/2, 362, 387  
Гелиодор 1/535  
Гелиотермические печи 3/999  
Гелиотриды 3/1082  
Гелиотропин 1/1004, 504, 505; 2/237; 3/134; 4/581  
Гелиофоры 3/837  
Гелицеиы 2/367; 3/773; 4/390, 1214; 5/538, 542, 952  
Гелля-Фольгарда-Зелинского реакция 1/1004, 953, 956, 1005; 2/645  
Гельины 1/535  
Гельволевая кислота 5/411  
Гельволиновая кислота 5/411  
Гельданомиии 1/302  
Гель-иммобилизованные системы 2/422; 3/1229  
Гельмгольда плоскости 2/3, 4  
потенциал 4/1040, 1071  
функция 4/1071  
энергия 2/1269; 3/885; 4/106, 81–825, 1040, 1071, 1073; 5/69, 1046, 465, 498, 505  
Гельминтоспорин 4/428  
Гель-поддерживающее осаждение 2/340  
Гель-точка 1/1001  
Гельфериха модификация 1/1232  
2/732  
Гель-хроматография 1/32; 2/31, 559; 3/719; 4/1011  
проникающая 1/475, 478, 1002; 2/295; 3/221; 5/159, 813, 817  
фильтрационная 2/295, 395, 421; 1187, 1199; 3/929; 5/813, 817  
Гель-формование 5/236  
Гель-электрофорез 3/588, 589, 600  
Гель-эффект 3/840; 4/308  
Гем 1/1006, 1007; 2/22, 279, 1169; 3/175, 1079; 5/771, 772  
Гем... 1/1005  
Гемагглютинация 1/603  
Гематит 2/254, 268–270, 274, 606; 3/165, 167, 633, 634, 698; 4/560  
Гематоксисин 2/974  
Гематопорфирин 4/145, 146, 149  
Гемимеллитовая кислота 1/513, 514; 3/371  
Геминальные соединения 1/360, 953; 955, 1005, 1133; 2/14, 747; 3/324; 529, 531, 1026; 4/309, 340, 341; 5/336, 337  
Гемии 3/786  
Гемииоксиды, см. *Оксиды*  
Гемипноцианы 2/975  
Гемиделлюлазы 3/156  
Гемиделлюлозы 1/1005, 622, 1006; 1100, 1101, 1103; 2/223, 994, 1172; 1174, 1278; 3/43, 896, 1060; 4/35; 36; 5/38, 92, 515, 664  
Гемидициановые красители 3/129; 130, 131  
Гемидицианы 3/129  
Гемовое железо 2/242  
Гемоглобин(ы) 1/1006, 155, 306, 322; 328, 470–472, 474, 484, 533, 1007–1009, 1094, 1096, 1116, 1124; 2/133; 240, 242, 270, 279, 661, 767, 1078; 1224; 3/175, 212, 300, 507, 519, 523; 527, 561, 566, 622, 627, 853, 871; 1080; 4/144–146, 524, 696; 5/46; 121, 123, 126, 441, 560, 819, 1056; 1057  
Гемодез 2/1078  
Гемодиализаторы 3/56  
Гемодинамические кровезаменители 2/1078  
Геможель 2/1078  
Гемозин 2/141  
Гемополиаминокислоты 3/930, 934  
Гемопротенды 5/772. См. также *Цитохромы*  
Гемосорбция 1/63; 2/505; 5/447  
Гемостатические материалы 3/203  
Гемотоксины 5/1035–1037  
Гемодицианы 1/1006; 2/240  
Гемп 5/304  
Гемуховая кислота 2/278  
Гемфиброзил 1/1119  
Гемэритрины 1/1006  
Геамиды 3/741  
Генера число 2/306; 5/25, 551  
Генеральные пробы 4/179–183  
Генераторные газы 1/878–880; 4/633, 651  
Генераторы  
аэрозольные 3/993  
Винклера 1/879  
горючих газов 1/878–880  
изотопные 2/383; 3/1130; 4/332; 335, 337  
катоды 2/548  
квантовые 2/1083

- Копперс-Тотчек 1/879  
криогенные 5/604  
Лурга 1/879  
магнитогидродинамические 5/656  
нейтронов 2/502, 503; 3/403; 5/4, 1022  
пеп 3/921  
термоэлектрические 1/735; 2/537; 5/748  
электродуговые 3/1099  
электрохимические 4/1211; 5/847.  
См. также *Топливные элементы*
- Генетическая инженерия 1/1011, 482, 483, 552, 555, 559, 1010, 1012, 1172; 2/476, 478, 1325; 3/152, 155, 212, 590, 594, 627, 934, 1097; 4/509, 510, 519, 758, 759, 1170, 1196, 1244; 5/111, 818. См. также *Генетический код*, *Гены*, *Мигрирующие генетические элементы*
- Генетический код 1/1012, 1011, 1013, 1163; 2/877, 1323, 1324; 3/211, 300; 4/521, 1229, 1231, 1238, 1240; 5/636
- Генетический ряд 1/1163
- Генины 1/1129; 2/959; 5/1044
- Генная инженерия, см. *Генетическая инженерия*
- Генные карты 1/1009, 1010
- Геномы 1/1013, 1008, 1009, 1014. См. также *Генетический код*, *Гены*, *вирусов* 1/470; 3/587, 588, 94  
ДНК и РНК, см. *Нуклеиновые кислоты*  
мутации 2/293, 299–301  
непостоянство, см. *Мигрирующие генетические элементы*, *Рекомбинация генетическая*  
повреждения, репарации 3/212  
репликация 4/496  
экспрессия генов 5/818, 620; 1/1009; 3/175, 587; 4/426–428, 1236
- Генри  
закон 1/1014, 5, 55, 126, 127, 1015; 2/1254, 1305; 4/356, 365, 388; 5/101  
постоянная 1/1014, 1015  
число 4/378, 380
- Геитаминины 1/245, 246  
Геитанин 4/1116
- Гентизат, метаболизм 3/613  
Гентизи 2/974
- Гентизиновая кислота 3/613, 692, 693  
Генцианин 3/1048
- Геишаноза 3/748; 4/582
- Геншобиоза 2/1144; 3/748, 1089
- Гены 1/1009, 551, 552, 559, 1010, 1172; 2/581, 1322–1325; 3/211, 212, 587, 589–594, 787, 970  
дупликация 4/189, 190  
клонирование 1/1011, 1012  
мобильные 3/149–152  
мутация 1/1009; 3/299–301  
носители, см. *Хромосомы*  
прыгающие 3/149–152  
регуляторные 4/428  
рекомбинация 3/211; 4/450–452  
совокупность, см. *Геномы*  
создание, см. *Генетическая инженерия*  
транскрипция 2/428; 4/1229  
трансляция 4/1231  
триплеты, см. *Генетический код*  
экспрессия 5/818, 620; 1/1009; 3/175, 587; 4/426–428, 1236  
эффект положения 3/299
- Геометрия молекул 2/1065  
и поверхность потенциальной энергии 3/1175–1178  
изомерия 2/368, 928; 3/539, 786  
координационные полиэдры 2/924, 925  
структурный анализ 4/882, 883, 884  
Геостераны 3/379
- Геотехнология серы 4/632
- Геохимическая классификация элементов 1/1015, 1016; 3/96
- Геохимические методы поиска полезных ископаемых 1/1016, 1017, 1019, 1021, 1022
- Геохимические процессы 1/1017, 1018–1022
- Геохимические техногенные барьеры 1/1020
- Геохимический основной закон 2/789
- Геохимическое картирование 1/1021
- Геохимия 1/1017, 1019; 5/480  
городов 1/1021  
ионная концепция 1/1018  
ландшафта 1/1020, 1022  
океана 1/1021  
организмов былых эпох, см. *Палеобиогеохимия*  
органическая 1/1020  
прикладная 1/1021, 1022  
региональная 1/1021  
рек и озер 1/1021  
техногеоиза 1/1020
- Гепаднавирусы 3/1242
- Гепарансульфат 3/286, 287; 4/214
- Гепарин 1/1022, 264, 322, 330, 1023, 1024, 1132; 2/20; 3/286, 287, 1211; 4/19, 20, 35, 39, 214; 5/17, 36
- Гепариноза 1/330
- Гепариноиды 1/1118
- Гепатоканцерогены 3/154
- Гепатопротекторы 5/203
- Геперинин 5/1055
- Гептагелицен 5/952
- Гептаглокозиды 5/195
- Гептадекановая кислота 1/863, 864
- 2-Гептадецил-4,4-диметил-2-оксазолин 3/683
- Гептадециловый спирт 1/866
- Гептакарбонилдиинкель 3/486
- Гептакозанол 1/827
- Гептаметиленимин 3/725
- Гептан 1/1023, 52, 499, 648, 909, 1023; 2/297, 1044; 3/298, 345, 725; 4/852, 969; 5/56, 992
- Гептаналь 1/1023, 1024; 2/251, 252; 3/421; 4/527
- Гептановая кислота 2/643, 644
- Гептадецилментакрилат 3/1196
- Гептажелезогексамолибденид 2/479
- Гепталептиды 3/37
- Гепталпипинакприд 2/480, 481
- Гептаталлиадронимонид 2/481
- 2,2,3,3,4,4,4-Гептафторбутанол 4/805  
*трис*-(1,1,1,2,2,3,3-Гептафтор-7,7-диметил-4,6-октандиона)голантанониды 4/605
- Гептафторидропропан 2/1127
- Гептафторосиликаты 5/407
- Гептахлор 1/949, 998; 2/469, 470; 5/733  
1,2,3,4,5,6,7-Гептахлорфталонлакридин 4/773
- Гептациклофосфаты 5/249
- Гептеоноф 2/472
- γ-Гептил-γ-бутиролактон 5/67
- 2-Гептил-4-гидроксихинолин-N-оксид 2/242
- 4-Гептил-1,3-диоксан 2/251
- Гептиловый альдегид 1/1023, 1024
- Гептиловый спирт 1/866
- 5-Гептилтетрагидрофураноид 5/67
- Гептилкарбиновая кислота 5/217
- Гептозы 2/1196; 3/263, 623
- Гераниаль 5/773
- Гераниевое масло 1/1024; 3/60; 4/539, 1094; 5/130, 774, 1003–1005
- Геранилацетат 5/1004
- Геранилацетон 3/432; 4/713
- Геранилбутират 2/1295
- Геранилгераниол 5/574
- Геранил-геранилфосфат 1/1064
- Геранилпирофосфат 4/1092
- Геранилпропионат 4/207
- Геранилхлорид 5/773
- Гераниол 1/1024, 145, 182; 2/116, 237, 238, 966, 1113; 3/178, 1089; 4/873, 1090; 5/774, 1000, 1004, 1006, 1014
- Герани-Франка потенциал 4/375
- Гербе реакция 1/1024, 1025
- Гербе-Марковникова реакция 1/1024, 1025
- Гербизан 2/213
- Гербициды 1/1025, 74, 559, 1026–1034; 2/37, 38, 54, 591; 3/281, 353, 503, 558, 564; 4/932, 1249, 1250; 5/88, 125, 260, 278, 559, 560, 585, 587, 769  
альгициды, см. *Пестициды*  
антагонисты, см. *Антидоты для растений*  
арборициды 1/1025, 1028, 1033  
2,4Д 1/416, 1028, 1031, 1034; 3/994  
как синергисты 4/695  
2М-4Х 1/416, 1028; 3/994; 5/585–587
- Гершера импеданс 5/919
- Гершулон 4/27
- Гермакран 4/660
- Гермакрил D 4/660
- Герман 1/1039
- Германа-Могена символика 4/687
- Германаты 1/1034, 1035–1037, 1042; 4/835
- Германиды 3/76; 4/107
- Германиевые кислоты 1/1034, 1042, 1043; 3/576
- Германий 1/1036; 3/849; 4/431; 5/937, 938  
алкоголяты 1/169  
арсениды 1/384; 4/105, 107, 782  
бромиды 1/1041, 1042  
галогениды 1/1040, 1037, 1041, 1042; 4/1138  
гидраты 1/1035  
гидрид 1/592, 1037, 1079, 1080; 3/309, 394; 4/110  
гранаты 1/1035  
иоаниат 2/401  
индид 4/584  
иолиды 1/1041; 2/182  
клатраты 2/798  
нитрид 1/1037, 1038  
оксиды 1/1042, 287, 737, 1035, 1037–1039, 1041, 1043, 1110; 3/147, 334, 775; 4/33, 835, 843  
определение 1/336, 940, 1039; 2/709, 731, 972, 1036; 5/128, 781  
органические соединения 1/1039, 1040; 3/978; 5/934  
полимеры 3/419; 5/934  
полупроводники 4/102–118  
получение 1/869, 951, 977, 1020, 1022, 1038, 1039; 2/596, 597, 1043; 3/413; 4/559; 5/746  
применение 1/1035, 1039; 2/676, 685, 1064, 1071, 1072; 3/93, 255, 256, 774, 776, 834; 4/102, 103, 105, 106, 108–118; 4/291, 330, 345, 627, 782, 1079; 5/925  
свойства 1/1036–1038, 1060, 1215; 2/77, 300, 383, 832, 920; 3/96, 165, 958, 1093; 4/349, 813; 5/895  
селенид 1/1038; 4/617, 618  
сплавы 1/217, 218, 1039; 3/421, 483; 4/115, 1180  
сульфиды 1/1037–1039; 2/709; 4/637, 910  
теллурид 1/1038; 4/1023, 1024  
феррит 5/163  
фосфаты 5/251  
фосфид 5/257  
фториды 1/950, 1040, 1041  
хлориды 1/950, 1037–1042; 3/835, 1056; 5/16
- цеолиты 1/1034, 1036  
цианид 5/702
- Германия 4/225, 226
- Германит 1/934, 1036
- Германоводороды 1/1037
- Германогалогениды 1/1040
- Германомолибденовая кислота 1/1039
- Германосиленит 1/1035
- Германотрифторводородная кислота 1/1041
- Герматраны 1/1039, 1040
- Гермадиклопропан 5/443
- Герметизирующие составы, см. *Герметики*
- Герметики 1/1043, 1044–1046; 4/10, 42, 667, 668, 1250  
автокосметика 1/19, 1044  
анаэробные 3/746  
жидкостные затворы 2/595; 3/945  
кремнийорганические 1/1109; 2/1014; 3/808  
напыляемые пенопалаты 3/904  
органосиликатные 3/806  
полимерные 1/646; 3/708, 740, 743, 1244, 1245; 4/1, 1088, 1090  
– компаунды 2/867, 868; 1/19  
– металлосодержащие 3/87
- Гермилены 1/1040; 2/622, 623; 5/443
- Гермилирование 1/1040
- Герлор 5/961
- Герца-Кнудсена уравнение 4/891
- Герценбергид 3/755
- Герцинит 5/788
- Гершеля эффект 5/330
- Геспертин 1/557; 5/203
- Гесперидин 1/557
- Гесса закон 1/1046; 3/413; 4/1037, 1085; 5/464, 466, 509
- Гессит 4/637, 1018, 1024
- Гестагены 1/1046, 1047, 1048; 2/958; 4/236, 862, 865; 5/970, 972
- Гетарилдиарзоны 5/220
- Гетациллин 2/1134, 1135
- Гетератинин 2/171, 172
- 2-Гетериламины 3/1021
- Гетерилизоцианины 2/401
- Гетероазотропы 1/67
- Гетероаллены 3/825, 826
- Гетероароматические соединения 1/376, 952–954, 1062; 2/123, 179, 180, 359, 360, 617–619, 1276; 3/891, 1033, 1078–1080; 5/140, 367, 375, 428, 519, 523. См. также *Ароматические соединения*, *Гетероциклические соединения*
- Гетероатомы 1/1060–1062; 2/621; 3/575, 784
- Гетероатомный 1/416, 451, 1026; 5/1
- Гетеровалентное замещение 4/107
- Гетеровалентный изоморфизм 2/370, 371
- Гетерогенная нуклеация, см. *Аэрозоль*
- Гетерогенно-гомогенный катализ 2/661, 663
- Гетерогенные реакции (процессы) 1/1049, 1050, 1158; 4/415; 5/465, 910. См. также *Гетерогенные системы*  
вблизи критической точки 2/1072  
газофазные 1/1049, 1058  
гидрирование 1/1082; 2/670  
горение 1/1170, 1171; 4/575  
детонация 2/46  
диспергирование 5/172  
и дефекты в кристаллах 1/1049; 2/51, 53  
и измельчение реагентов 2/351  
и коррозия металлов 2/952–956  
и реология 4/487  
и самоорганизация 4/573  
изотопный обмен 2/387, 388  
ингибиторы 2/433  
катализические 1/1049, 1050; 2/663, 664, 688–693. См. также



- моногидрат, см. *Гидразингидрат*  
определение 1/615, 895; 2/710, 1108; 3/797, 969; 4/627; 5/819  
получение 2/68, 70; 3/80, 280, 281, 666; 4/392, 621, 1147  
свойства 1/76, 85, 86, 92, 93, 188, 197, 303, 325, 397, 423, 432, 493, 518, 520, 532, 566, 682, 739, 773, 833, 922, 951, 1070, 1164; 2/65, 67, 69, 88, 117, 179, 282, 321, 346, 402, 465, 495, 709, 710, 745, 746, 750, 751, 816, 1142, 1259, 1331; 3/2, 26, 114, 254, 280, 295, 353, 360, 506, 527, 534, 535, 553, 655, 656, 707, 796, 1034, 1043, 1049, 1050, 1240; 4/48, 200, 342, 343, 359, 554, 622, 627, 635, 670, 686, 731, 750, 908, 1255; 5/8, 264, 339, 454, 456, 487, 488, 658, 723, 778, 794, 837, 1000, 1002, 1010
- Гидразинбисборан* 1/1071  
*Гидразинборан* 1/1071; 5/454, 457  
*Гидразингидрат* 1/85, 350, 521, 739, 1069, 1071; 2/751; 3/169, 501, 523, 686, 715, 1247; 4/74; 5/376, 524  
*Гидразин-гидроксиламинный качественный анализ* 2/710  
*Гидразингидрохлорид* 3/675; 4/1248  
*Гидразиния соли* 1/1074  
1,2-Гидразинкарбоновая кислота, диамид 4/621  
*o*-Гидразинобензойная кислота 2/437  
*o*-Гидразиноокричная кислота 2/437  
*Гидразиноспирты* 1/1074  
*o*-Гидразинофенилглиоксалева кислота 2/437  
1-Гидразинофталазингидрохлорид 1/522  
*Гидразинсерная кислота* 1/1070; 3/169  
*Гидразинсульфат* 1/1069, 1075; 2/887; 4/1147; 5/376  
*Гидразинсульфит* 1/654  
*л*-Гидразинсульфонилфенилкарбамина кислота, метилвый эфир 1/1069  
*Гидразинтиоцианат* 4/1147  
*Гидразобензол* 1/490, 491, 637, 1072, 1073; 3/527  
*Гидразобензол-3,3'-дисульфокислота* 3/527  
*сим*-Гидразоизобутиронитрил 1/1075  
*Гидразонафталины* 3/547  
*Гидразония соли* 1/278, 988, 989, 1070–1072, 1122  
*Гидразоновые красители* 3/129, 130  
*Гидразоны* 1/76, 195, 197, 423, 1070, 1072, 1073, 1075; 2/68, 74, 88, 326, 516, 642, 742, 743, 746, 751, 1153, 1252; 3/317, 513, 723, 734, 1253; 5/220, 790. См. также *Гидразины*  
*Гидразосоединения, см. Гидразины замещенные органические*  
*Гидразоформамид* 3/280, 281  
*Гидракриловая кислота* 3/700  
*Гидралазин* 4/774  
*Гидраргилит* 1/207, 211, 1093  
*Гидратация* 1/1076, 140, 1077, 1078, 1123; 2/214, 402, 527; 3/40, 449, 450, 698, 739; 4/201, 381, 382, 648, 745, 803; 5/984, 985, 995, 996. См. также *Дегидратация, Растворы неэлектролитов, Растворы электролитов* и диспропорционирование 2/552  
■ жидкостная экстракция 5/827  
■ ионный обмен 2/504  
■ кислотно-основное взаимодействие 2/380, 381, 773, 779, 781, 783, 784; 5/585  
■ лиотропное действие 2/1181  
■ подвижность ионов  
■ протонирование 4/244  
■ сольватация 4/747  
*каталитическая* 2/664, 1107, 1108; 3/128, 364  
ковалентная 4/270  
нестереоселективность 4/854  
по Кучерову 2/1107, 1108  
по Майзенхаймеру 2/1252  
правило Марковникова 2/1107, 1293  
продукты, см. *Гидраты, Кристаллогидраты*  
тепловые эффекты 4/1086  
ферментативная 2/1169  
*Гидратированный электрон, см. Сольватированный электрон*  
*Гидратная влага* 4/954  
*Гидратная известь* 2/349, 350  
*Гидратная изомерия* 2/930  
*Гидратроповый альдегид* 1/1077, 1078  
*Гидратроповый спирт* 1/1077  
*Гидратцеллюлоза* 1/731, 1078; 2/993; 5/47  
*Гидратцеллюлозные волокна* 1/1078, 427, 623, 802–807; 2/992, 993; 3/262, 263; 5/47, 237, 663, 665  
вискозные, см. *Вискозные волокна*  
медноаммиачные 3/3, 73, 74; 1/803, 804, 806, 1078; 2/1329; 5/235, 236, 665  
*Гидратцеллюлозные пленки* 3/1135–1139  
*Гидраты* 1/1078, 896, 897, 1076, 1079, 1133, 1160; 2/55, 637, 639, 709, 1088, 1248, 1249; 4/575, 745. См. также *Гидратация*  
газовые, см. *Газовые гидраты*  
и сольваты 4/752  
клатратные 2/798  
комплексные 2/505  
номенклатура 3/577  
протонов 5/424  
тетрафтороборатов 5/400  
*Гидрел* 2/53, 54  
*Гидрил-ионы* 1/1079, 599, 771, 772, 1083; 2/282, 603, 758, 779; 3/575, 723. См. также *Чичибабина реакция*  
*Гидридное присоединение* 3/801  
*Гидридные баки* 1/787  
*Гидридоорганосилоксаны* 1/1108  
*Гидридопентацианокобальтат-ионы* 5/724  
*Гидридсиланы* 1/1108  
*Гидридохлорсиланы* 3/801  
*Гидриды* 1/1079, 777, 779, 787, 1080–1082, 1164; 2/13, 25, 272, 673, 1205; 3/98, 347, 353, 354, 415, 648, 649, 760–763, 1075; 4/342, 433, 596, 625, 945, 946, 980; 5/8, 60, 266, 414, 933, 934. См. также индивидуальные химические элементы и трифиды 5/4  
интерметаллидов 1/784, 787, 1081, 1082; 2/13, 272, 477, 486, 642; 3/415  
ионы 1/1080  
комплексные 2/421; 4/539  
металлоподобные 1/1080, 1081  
номенклатура 3/576  
определение 3/645  
*Гидрин* 5/961  
*Гидрилен* 2/438  
*Гидрирование* 1/1082, 35, 47, 140, 596, 777, 866, 1056, 1057, 1083; 2/12, 82, 285, 373, 456, 685, 693; 3/84, 580, 791; 4/400, 740, 926, 1157. См. также *Гидрогенизация*  
асимметрическое 3/84  
в звуковых полях 5/60  
газофазное 5/133  
гетерогенное 1/1082. См. также *Гетерогенные реакции (процессы)*  
гидроенилиз 1/1089, 140, 1056, 1090, 1101, 1106, 1107, 1129; 2/6, 17, 91, 325, 667, 752; 3/346, 515, 933, 983; 5/409, 429, 680, 739  
*Гидрогеохимия* 1/1020  
*Гидрогерманаты* 1/1035  
*Гидрогермидирование* 1/1040  
*Гидрогётит* 2/254, 270  
*Гидрогипонитриты* 1/102  
гидродеароматизация 1/1090; 2/674–676  
гидролохистка 1/1090  
гидрокрекинг 1/1090. См. также *Гидрокрекинг*  
гидробессеривание 1/1106, 1107; 2/670, 674–676  
гидрохистка 1/1107, 1108; 2/670  
гомогенное 1/1083; 2/670; 3/737  
деструктивное 1/1089, 1090, 1106  
жидкофазное 5/133  
и функциональный анализ 3/795  
ионное 1/1083; 4/1157  
ипсо-превращение 2/533  
катализаторы 2/670, 26, 82, 326, 331, 615, 616, 638, 639, 642, 657, 663, 667, 797, 944, 1155, 1205, 1298; 1/306, 464, 904, 1074, 1082–1090, 1161; 3/28, 45, 78, 246, 250, 325, 347, 372, 474, 478, 495, 515, 553, 561, 665, 737, 739, 1030, 1039, 1045, 1129, 1131; 4/534, 535, 786, 804, 805, 947, 983, 1056, 1143, 1202; 5/87, 133, 141, 198, 199, 332, 378, 723. См. также *Каталитический крекинг*  
оксида углерода, см. *Фишера-Тропша синтез*  
по Клеменсену 4/1143  
по Роземунду 4/538, 539  
при деметаллизации 2/32  
при очистке газов 1/903, 904  
селективность 1/1075, 1161; 2/667; 4/535; 5/733, 735  
теплоты 4/1086  
ферментативное 3/598  
число 1/1083  
*Гидрированные соединения (частицы)*. См. также *Гидрирование*  
канфоль 2/602  
масла, см. *Гидрогенизация жиров*  
электронов 4/749  
*Гидроалюминаты* 2/582  
*Гидроалюминирование* 1/210  
*Гидроаминирование* 2/82  
*Гидробензамид* 1/487, 488  
*Гидробензодиазепины* 2/64, 65  
*Гидробензоны* 1/510  
*Гидроборацит* 1/581, 587  
*Гидроборирование* 1/588, 601, 1162; 2/119, 129; 3/738, 787; 4/804, 964, 965  
*Гидробромирование* 1/1084; 2/1034  
*Гидроанадаты* 1/670, 671  
*Гидрогалогениды* 1/949, 950, 970; 3/513, 1027, 1028  
*Гидрогалогенирование* 1/1083, 140, 948, 954, 1084; 2/1034; 3/738; 5/961  
*α*-Гидрогексафторизомаляновая кислота 1/1085; 3/982  
*Гидрогели* 1/1001; 2/255, 1006; 4/132, 672  
полимерные 3/1268, 1269; 1/1002; 4/21, 85, 889  
*Гидрогематиты* 2/254; 3/288  
«Гидроген» 1/779  
*Гидрогеназы* 2/241  
*Гидрогенизация* 1/928; 2/1148. См. также *Гидрирование*  
жиров 1/1085, 1083; 2/305, 309, 665; 4/383  
углей 1/1085, 1086–1089; 2/596, 665, 670; 4/194, 526, 701–705  
теплота 3/331, 332  
*Гидрогенилиз* 1/1089, 140, 1056, 1090, 1101, 1106, 1107, 1129; 2/6, 17, 91, 325, 667, 752; 3/346, 515, 933, 983; 5/409, 429, 680, 739  
*Гидрогеохимия* 1/1020  
*Гидрогерманаты* 1/1035  
*Гидрогермидирование* 1/1040  
*Гидрогётит* 2/254, 270  
*Гидрогипонитриты* 1/102
- Гидродеалкилирование* 1/1089, 1090; 2/6; 3/46, 372, 373, 441  
*Гидродеароматизация* 1/1090; 2/674–676  
*Гидродеметаллизация* 2/32  
*Гидроинтерметаллизация* 2/107, 113  
*Гидродинамические методы*  
вольтамперометрия 2/145  
моделлеровые 1/1105, 1106; 2/1321  
очистка мембран 3/39  
физико-химические 2/1261; 4/362  
хроматография 2/294  
*Гидродистилляция* 2/169; 5/1005  
*Гидродисториды* 3/489  
*Гидродоочистка* 1/1090  
*Гидроэрозия* 1/1131; 2/154, 331, 332, 817, 1007  
*Гидроэроз* 1/563  
*Гидроэластичные материалы* 1/563; 3/864, 1244, 1245  
*Гидроизомеризация* 5/681  
*Гидрокарбоалкоксилирование* 1/864  
*Гидрокарбокислирование* 1/864; 2/633, 642, 646  
*Гидрокарбонатно-сульфатные воды* 3/170  
*Гидрокарбонатные воды* 3/170  
*Гидрокарбонаты* 1/771; 2/636, 637, 639; 3/608, 1088; 4/133; 5/52  
*Гидрокарбонилирование* 2/640, 646; 3/78; 4/1097  
*Гидрокодон* 1/296, 297  
*Гидрокориная кислота* 2/935; 5/130  
*Гидрокориный спирт* 5/126  
*Гидрокортисон* 1/322; 2/30, 116, 121, 426, 958; 3/571; 4/219, 236  
*Гидрокрекинг* 1/1090, 107, 140, 778, 926, 927, 1083, 1089–1091, 1106, 1220; 2/7, 665, 670, 674, 676, 678, 684, 1005; 3/350, 441–444, 462; 4/526, 650; 5/680  
*Гидрокарбоновые кислоты* 1/1091, 652, 943, 1092, 1094; 2/417, 648, 1213, 1214; 3/438, 552, 796; 5/239, 243, 785, 1010, 1012  
1-Гидроксидиамантан 1/34  
*Гидроксиденины* 3/297; 5/217  
3-Гидроксинадипиновый альдегид 3/687, 688  
*Гидроксизосоединения* 1/84  
бензолы 1/669  
красители 2/150  
*β*-Гидроксиналанин 4/642  
*Гидроксиналкансульфобромиды* 4/896  
*Гидроксиналкансульфокислоты* 4/896  
*Гидроксиналкансульфонаты* 4/928  
*Гидроксиналкиламинды* 1/235  
2-Гидрокси-4-алкил (C<sub>7</sub>–C<sub>9</sub>) гидроксн-бензофеноны 1/530  
*α*-Гидроксиналкилирование 1/2, 3  
*Гидроксиналкилметакрилаты, хлорформиды* 3/744  
1-Гидроксиналкилпероксиды 3/975  
*β*-Гидроксиналкилсульфиды 4/914  
*Гидроксиналкилтиомочевины* 4/1140  
*α*-Гидроксиналкилфосфины 5/265  
*α*-Гидроксиналкилсульфонатные кислоты, эфиры 5/274, 275  
*Гидроксиналкилы* 2/5  
*α*-Гидроксиналкильные радикалы 4/313  
*β*-Гидроксинальдегиды 1/202  
*Гидроксинальдегиды и гидроксикетоны* 1/86, 87, 197, 422, 443–445, 469, 508, 567, 951; 2/21, 120, 751, 969, 1036, 1271; 3/285, 513, 656, 683, 686–689, 702; 4/340, 341, 992, 1191; 5/21, 95, 96, 142, 580, 782. См. также *Альдоли, Ацилоны, Оксинальдегиды и оксикетоны*  
*Гидроксиамиды* 2/1143; 3/549  
4-Гидрокси-ω-аминоацетофенин 3/924



- 4-Гидрокси-4'-аминодифениламин 2/455  
 Гидроксиаминокислоты 1/250, 1138; 2/34; 3/433, 619, 620, 931; 4/1247, 1248  
 Гидроксиаминотрилы 3/702  
 4-Гидроксиамино-5-пиразолон 3/1035  
 Гидроксиаминопиридины 4/253  
 Гидроксиамины 1/193, 194, 264–266; 4/500, 501  
 3β-Гидрокси-5-андростен-17-он 1/300  
 3β-Гидрокси-5α-андростан-17-он 1/300  
 Гидроксиандростаноны 1/300  
 17β-Гидрокси-4-андростен-3-он 1/300  
 Гидроксианилины 1/267  
 Гидроксиантрахиноны 1/573  
 3-Гидроксиантранилат 3/619, 620  
 3-Гидроксиантрахиновая кислота 2/606  
 1-Гидроксиантрахинон-6(7)-сульфо-кислоты 2/136  
 Гидроксиантрахиноны 1/354, 573; 2/1218; 3/686, 689–691; 5/140  
 3-Гидрокси-2-антраценкарбоновая кислота 1/78  
 Гидроксиантрогидрохиноны 3/690  
 Гидроксиапатит 5/251  
 Гидроксиарены 1/709; 5/141  
 β-Гидроксиаспарагиновая кислота 4/249  
 3-Гидроксиаспартат 3/619, 620  
 Гидроксиацетальдегид 3/687, 688  
 Гидроксиацетон 3/687, 688  
 о-Гидроксиацетофенонимид 1/201  
 Гидроксиацетофеноны 2/21; 3/686–688; 5/200, 202  
 Гидроксибензальдегиды 1/990; 2/603, 743, 1005; 3/132, 687, 688, 691–693; 4/569, 570, 1170; 5/942  
 N-(2-Гидроксибензилден)анилин 4/505  
 Гидроксибензиловые спирты 3/691; 4/569, 570  
 Гидроксибензойные кислоты 1/347; 3/693  
 2-изомер 3/692. См. также *Салициловая кислота*  
 3-изомер 3/691–693; 5/942  
 4-изомер 1/337, 338; 2/1004; 3/691–693, 1088, 1213; 4/91, 1170, 1205; 5/34, 132, 202  
 Гидроксибензолитнокарбоновые кислоты 2/177  
 Гидроксибензол 1/338; 5/132, 133, 140. См. также *Фенол*  
 Гидроксибензолсульфо-кислоты 5/138, 139  
 Гидроксибензонитрилы 1/1026; 3/708  
 Гидроксибензотиофены 1/528  
 2-Гидроксибензофеноны 4/588, 589  
 Гидроксибензохиноны 1/533; 3/689; 4/1268  
 Гидроксибензилы 1/711; 5/127, 141  
 3-Гидроксибутаналь 3/687, 688  
 2-Гидроксибутановая кислота 5/1015  
 Гидрокси-2-бутаноны 1/444; 3/110, 687, 688  
 2-Гидрокси-3-втор-бутил-6-изобутилпиранин-1-оксид 1/397  
 бис-(4-Гидроксибутил)терефталат 3/1221  
 Гидроксибутираты 3/617, 618  
 Гидроксибутираты 3/617, 618  
 Гидроксибутироны 4/642  
 2-Гидроксибензальдегид 3/687, 688  
 3-Гидроксибензойная кислота 4/768  
 5-Гидрокси-6-гидрокси-5,6-дигидропиримидин 3/1052  
 5-Гидрокси-2-гидрокси-метил-γ-пирон 2/838  
 1-Гидроксигидропероксида 3/975, 977  
 Гидрокси(гидроперокси)пероксида 3/975  
 5-Гидрокси-6-гидроперокси-пиримидин 3/1052  
 Гидроксигидрохинонкарбоновые кислоты 1/525  
 Гидроксигидрохиноны 3/694; 4/1268, 1269; 5/140, 141  
 3-Гидроксиглутамат 3/619, 620  
 Гидроксиглутамины 1/1151; 2/1195  
 Гидроксиглутараты 3/617, 618  
 Гидрокси-группа 1/1096; 3/569, 573, 574. См. также *Гидроксила*  
 Гидрокси-ди-анионы 1/1092, 1078; 3/143, 602, 603  
 5-Гидрокси-2-декарбоксамидо-2-ацетилтетрациклины 4/1110  
 4,4'-Гидроксидибензолсульфонилазид 1/71  
 4-Гидрокси-2,6-динизопропил-5,5-диметил-1,3-диоксан 2/1297  
 Гидроксидикарбоновые кислоты 3/617, 618  
 1-Гидрокси-2,3-димеркаптопропан 2/175  
 5-Гидрокси-3-(2-диметиламиноэтил)-индол 1/653, 654  
 2-Гидрокси-2,6-диметил-4-гептанон 3/114  
 7-Гидрокси-3,7-диметилотаналь 1/1096  
 8-Гидрокси-5,7-динитро-2-нафтолсульфо-кислота 1/362  
 Гидрокси-дипиридины 1/720  
 Гидрокси-дифениламин 1/286, 334, 628; 3/696, 697; 5/994  
 2-Гидрокси-дифенилсульфиды 4/728  
 Гидрокси-дифенилсульфосная кислота, 3-хинолидинловый эфир 5/536  
 Гидрокси-дифенилы 1/567; 2/90; 3/1058; 5/93  
 2-Гидрокси-1,2-дифенилтанол 1/508  
 4-Гидрокси-2,6-дихлорбензолсульфо-кислота 5/139  
 Гидрокси-ди-анионы 1/1092, 1093; 5/796  
 амфотерные 1/1076  
 гетерокоагуляты 2/818  
 двойные 1/206  
 железомарганцевые конкреции 2/273, 270, 820; 1/1021; 4/874  
 как иониты 2/504  
 как катализаторы 2/668, 669, 673  
 как минералы 3/165, 166  
 неорганические 1/767, 951, 1120, 1133; 2/10, 253–255; 709, 710; 3/99, 1055; 4/415, 438, 711. См. также *Щелочи*, индивидуальные химические элементы  
 номенклатура 3/576  
 определение 2/709, 710  
 органические 1/1093; 2/709, 710; 3/760, 761, 765; 4/582, 595, 596, 669, 670, 931. См. также *Псевдооснования*  
 α-Гидроксиизобутират-ионы 2/1107  
 α-Гидроксиизобутироинитрил 1/438, 439  
 Гидроксиизовалераты 3/617, 618  
 α-Гидроксиизомасляная кислота 1/438, 439; 3/57; 5/160  
 3-Гидрокси-4-изопропилтолуол 4/1125, 1126; 5/140  
 1-Гидроксиизохинолины 2/398  
 α-Гидроксииминоацетонитрилы 5/431  
 Гидроксииминокислоты 5/125  
 л-бис-(Гидроксииминохлорметильные) соединения 3/1218  
 2-Гидрокси-1-индазол 2/439  
 5-Гидрокси-3-индолилалцетальдегид 4/655  
 5-Гидрокси-3-индолилсульфосная кислота 4/654  
 5-Гидроксииндол-3-карбоновые кислоты, эфиры 3/408  
 Гидроксииндолы 2/441; 3/272, 1026; 5/197  
 4-(4-Гидрокси-3-индофенокси)-3,5-дииндолилсульфосная кислота 4/1258  
 8-Гидрокси-7-нод-5-лорхинолины 5/954, 955  
 25-Гидроксикальциферолы 1/746; 3/617, 618, 887  
 3-Гидрокси-2-карбокситропан 5/17  
 Гидроксикарбонилирование 2/633  
 α-Гидроксикарбонильные соединения 2/457; 3/656  
 Гидроксикарбоновые кислоты 1/626, 711, 940, 956, 1005, 1147; 2/235, 305, 306, 629, 632, 863, 864, 968, 1023, 1100, 1179, 1188; 3/253, 387, 388, 699, 709, 1213, 1255; 4/90, 95, 381, 739, 744, 903, 904, 918, 1109, 1197; 5/45, 84, 142, 660. См. также *Оксикарбоновые кислоты*  
 азиды 2/1106  
 амиды 1/1179; 2/1143; 3/707; 4/205  
 арилыды 1/305  
 ацильное число 1/445  
 гидразиды 2/1142  
 желчные 2/777, 278, 605; 1/457; 3/624, 786; 4/865, 1119  
 α-замещенные 1/195, 389, 494, 495; 2/120, 742, 968, 1140, 1141–1144  
 β-замещенные 1/956; 2/344, 345, 1143; 4/170, 512, 513  
 γ-замещенные 2/11  
 ω-замещенные 1/450; 2/863  
 как комплексобразователи 2/517, 518 \*  
 лактоны 2/226; 3/187  
 метаболизм 3/617, 618. См. также *Трикарбоновых кислот цикл*  
 наитионы 2/522  
 нитрилы 3/516, 707, 708; 5/197  
 номенклатура 3/569, 570  
 пантотеновая 3/877, 878–880  
 энантиомеры 2/1172  
 эфиры 1/975; 2/1140–1144, 1262, 1263; 4/34, 512, 513, 930; 5/719  
 Гидрокси-кетали 5/95  
 Гидрокси-кетонная перегруппировка 1/444  
 Гидрокси-кетоны, см. *Гидроксиальдегиды и гидроксикетоны*  
 3-Гидроксикиуренины 2/606; 3/619, 620; 5/970  
 Гидрокси-кислоты, см. *Гидроксикарбоновые кислоты, Оксикарбоновые кислоты*  
 Гидрокси-коричные кислоты 2/1100; 5/201, 202  
 л-Гидрокси-коричный спирт 2/1173  
 Гидрокси-красители 2/1082, 1083  
 2-Гидрокси-сантемы 2/88  
 Гидрокси-сукциматы 1/330, 331; 2/342; 5/66, 942  
 Гидрокси-сукциматы 1/1093, 1096; 2/282, 643, 644; 3/569, 573, 574, 699, 746–749, 813; 4/394, 515, 800, 801, 1192; 5/424, 462, 493, 648, 651. См. также *Гидроксицирование*  
 аномерный 3/269  
 возбужденный 2/1127; 5/683, 684  
 гликозидный 3/269  
 защита 2/325, 326; 3/268, 506  
 как основание 2/779, 782  
 конфигурация 1/464  
 межзвездных облаков 2/962  
 определение 2/770, 795  
 полуацетальный 3/269, 746  
 спиртовый 3/746  
 число 1/1096; 2/306, 660; 3/1186  
 Гидроксилазы 1/746, 747; 2/696; 3/697  
 α-Гидроксилактамы 2/413  
 Гидроксиламы 1/1093, 95, 197, 243, 349, 350, 419, 423, 432, 477, 490, 506, 508, 532, 534, 652, 741, 833, 980, 1091, 1094, 1150; 2/82, 346, 360, 361, 402, 741, 743, 746, 821, 1137, 1140; 3/114, 268, 295, 388, 513, 535, 538, 540–542, 547, 552–554, 686, 715; 4/271, 359, 615, 899, 924, 1204, 1224, 1255, 1267, 1269; 5/118, 243, 722, 791, 792, 837, 1012, 1013  
 гидрохлорид 2/550; 3/702, 796, 1045  
 определение 1/615  
 органопроектируемые 1/1094, 1095, 1096; 2/374, 1251; 3/545, 548–550, 740; 4/590. См. также *Гидрокси-кислоты*  
 сульфат 2/615  
 фосфат 1/1094  
 Гидроксиламы-О-сульфо-кислота 1/1094; 3/678  
 Гидроксиламы-сульфонаты 1/1094; 3/507  
 Гидроксиламы-соли 1/278, 1094; 3/988, 982  
 Гидроксиламфифолы 4/681  
 Гидроксилапатит 2/578, 589  
 β-Гидрокси-лейцины 3/923  
 Гидрокси-леуцины 1/1138; 2/856; 3/199, 927, 928  
 Гидрокси-леуцины 1/659, 841, 1097, 1145; 2/129, 241, 278, 281, 958, 960, 1025, 1152; 3/199, 271, 272, 598, 711, 824; 5/526, 778. См. также *Гидрокси-кислоты*  
 Гидрокси-углероддиоксидные лазеры 2/1127  
 Гидрокси-лиганды, см. *Гидрокси-лиганды*  
 Гидрокси-лиганды 1/1096; 2/306, 660; 3/1186  
 Гидрокси-лиганды альдегиды 2/134; 3/687, 688; 4/1097  
 Гидрокси-лиганды кислоты 2/1143; 3/700; 4/904; 5/1058  
 Гидрокси-лиганды 4/554  
 Гидрокси-металлы 2/605, 606  
 Гидрокси-метил 3/574  
 N-Гидрокси-метиламиды 1/106, 236  
 Гидрокси-метиламины 5/1013  
 трис-(Гидрокси-метил)аминометан 3/701  
 о-(Гидрокси-метил)бензойная кислота 5/379  
 Гидрокси-метилбензолы 1/514  
 2-Гидрокси-метил-1,4-бутандиол 4/800  
 3-Гидрокси-2-метилбутират 3/617, 618  
 γ-Гидрокси-метил-γ-бутиролактон 4/1098  
 5-Гидрокси-метилгидантоны 1/1067  
 7-[2-Гидрокси-3-(N-метил-β-гидрокси-этиламино)пропил]теофиллин, никотинат 2/1085  
 3-С-Гидрокси-метил-D-глицеро-тетроза 5/37  
 3-Гидрокси-3-метилглутамат 3/617, 618  
 3-Гидрокси-3-метилглутарилкофермент А 2/1159  
 2-Гидрокси-2-метилглутаровая кислота 4/578  
 3-Гидрокси-метил-2,6-диметил-1,5-гептадиен 2/1113  
 β-Гидрокси-метилкарбонильные соединения 2/742  
 2-Гидрокси-метиллеуцины 3/573  
 2-Гидрокси-6-метил-3-изопропилбензойная кислота, циклотример 2/798  
 Гидрокси-метилирование 3/34; 4/195, 642; 5/21  
 4-Гидрокси-метил-Δ<sup>2</sup>-карен, ацетат 1/669  
 2-Гидрокси-2-метилмасляная кислота 1/668  
 Гидрокси-метилсалолины 1/268  
 3,3-бис-(Гидрокси-метил)оксетан 3/916  
 4-Гидрокси-метилпентаноны 3/687, 688; 4/1256  
 3-Гидрокси-2-метил-4Н-пиран-4-он 2/1276

- 2,6-*бис*-Гидроксииметилпиридин 3/884  
 5-Гидроксииметил-6-метилпиримидин-2,4-диол 2/1156  
 2,2-*бис*-(Гидроксииметил)-1,3-пропандиол 3/916, 917; 4/801, 802  
 3-Гидрокси-2-метилпропионат 3/617, 618  
 N-Гидроксииметилсукцинимид 4/895  
 2-Гидроксииметилтетрагидрофуран 4/1097  
 2-Гидроксииметил-2-фенил-1,3-индандион 2/439  
*трис*-(Гидроксииметил)фосфин 4/1263, 1264  
*бис*-(Гидроксииметил)фосфиновая кислота 2/118  
*трис*-(Гидроксииметил)фосфиноксид 4/1264  
 Гидроксииметилфосфониевые соли 4/1101, 1263  
 2-Гидроксииметилфуран 4/801, 802. См. также *Фурфуроловый спирт*  
 Гидроксииметилфурфурол 1/1102; 3/268  
 2,3-*бис*-(Гидроксииметил)хиноксалин-N,N'-диоксид 2/137  
 1-Гидроксииметилхинолизидин 5/525  
 Гидроксииметилцеллюлоза 5/41  
 1,4-*бис*-(Гидроксииметил)циклогексан 4/90  
 Гидроксииметилциклопропенон 5/731  
 Гидроксииметилцитозин 3/1051; 4/510  
 1,1,1-*трис*-(Гидроксииметил)этан 4/207, 208  
 4-Гидрокси-3-метоксибенальдегид 1/680, 681  
 4-Гидрокси-3-метоксикоричная кислота 2/972  
 1,7-*бис*-(4-Гидрокси-3-метоксифенил)-1,6-гептадиен-3,5-диол 3/1089  
*транс*-3-(4-Гидрокси-3-метоксифенил)-пропеновая кислота 5/201, 202  
 α-Гидроксииминоацетоксусный эфир 2/814  
 α-Гидроксииминокетон 5/557  
 2(3)-Гидроксииминокарбоновые кислоты 3/617, 618  
 Гидроксиимочевина 4/519; 5/83  
 1-Гидроксиинфталин-4-азобензол 1/89  
 Гидроксиинфталинсульфокислоты 3/387; 4/1221  
 Гидроксиинфталинкарбальдегиды 3/687, 688, 703, 704  
 Гидроксиинфталинкарбоновые кислоты 3/388, 704, 705  
 Гидроксиинфталинсульфокислоты 1/654; 3/385-387, 539  
 Гидроксиинфталинсульфоновая кислота 1/1039; 4/507  
 Гидроксиинфталины 4/230, 340  
 4-(4-Гидрокси-1-нафтилazo)бензолсульфокислота 5/19  
 Гидроксиинфтиридин 3/384  
 Гидроксиинфтириновые кислоты 1/77, 78, 305; 2/864, 1003; 3/703-705, 1014, 1015; 4/254; 5/942  
 Гидроксиинфтихионы 2/138; 3/389, 705-707  
 Гидроксиинтрилы 1/258, 439; 2/746; 3/700, 708; 4/696  
 4-Гидрокси-2-нитробензолсульфокислота 5/139  
 Гидроксиинтробензолы 3/562, 563. См. также *Нитрофенолы*  
 Гидроксиинтросоединения 3/439, 536-539, 542. См. также *Нитрозонафтаолы*, *Нитрозифенолы*  
 Гидроксиинтросоединители 3/542, 543  
 2-Гидрокси-6-нитротолуол 3/1026  
 3-Гидрокси-5-нитро-1,2,4-триазол 4/1252  
 16-Гидрокси-12-оксатетрадекановая кислота 3/291  
 14-Гидрокси-12-оксатетрадекановая кислота 3/291  
 Гидроксиоксимы 5/825  
 3'-Гидрокси-4'-оксоолианин 3/741  
 3α-Гидрокси-6-оксо-5α-холоановая кислота 2/278  
 12-Гидрокси-*цис*-9-октадецеиновая кислота 1/863, 865; 4/527  
 15-Гидроксиленитадекановая кислота 2/863; 3/291  
 5-Гидрокси-2,4-пентадиеналь 3/1046  
 Гидроксиленитазобензол 3/915  
 Гидрокси-перегруппировка Коупа 2/965, 966  
 3-Гидроксиликолининовая кислота 2/34  
 Гидроксилиперидины 3/933, 1030, 1031  
 2-Гидроксилипазин-1-оксид 3/1033  
 4-Гидроксилипазол[3,4-*d*]пиримидин 1/188  
 Гидроксилипракеновая кислота 2/544  
 8-Гидрокси-1,3,6-пирентрисульфокислота, диатриевая соль 2/1216  
 Гидроксилиридины 1/261, 1160; 3/708-710; 5/140  
 Гидроксилиримидины 5/422  
 3-Гидроксилирослизевая кислота 5/434  
 4-Гидроксилипролидин-2-карбоновая кислота 3/711  
 21-Гидроксилипрегандион 4/812  
 3β-Гидрокси-5-прегнен-20-он 1/300, 1046; 2/958  
 Гидроксилипролины 1/134, 250, 251, 392, 1012, 1138; 2/634, 856, 1172; 3/199, 488, 711, 923; 4/191  
 Гидроксилипропаноламины 1/49, 50  
 1-Гидрокси-2-пропанол 3/687, 688  
 Гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновые кислоты 2/407, 1179, 1180  
 γ-Гидроксилипропиламины 1/71  
 Гидроксилипропилцеллюлоза 3/711, 712; 5/668  
 3-Гидроксилипропионат 3/617, 618  
 β-Гидроксилипропионитрил 1/114; 5/582  
 Гидроксилипропионовая кислота 3/252; 4/205; 5/1058  
 9-Гидроксилисорален 2/1087  
 Гидроксилислазаны 3/804  
 Гидроксилизины 1/1012  
 Гидроксилислазные кислоты 4/741  
 Гидроксиисоединения 1/452; 2/632; 3/933; 5/125  
 Гидроксиистеарины 3/1088  
 Гидроксиистеариновая кислота 1/139, 345; 3/303  
 Гидроксиистериламины 3/923  
 Гидроксиисульфаты 5/761  
 2-Гидрокси-5-сульфобензойная кислота 4/935  
 Гидроксиисульфокислоты 4/895, 896, 918, 935  
 Гидроксиисульфониновые соли 4/925  
 Гидроксиисульфоны 4/916, 934  
 4-Гидроксиисфитганины 4/968  
 3-Гидроксиитетрагидропираны 3/1074  
 Гидроксиитетралины 3/387  
 Гидроксиитазолы 4/340  
 3-Гидроксиитиоафтен 2/441  
 Гидроксиитозилкоксинодарены 1/958  
 Гидроксиитолулы 2/1004, 1005. См. также *Крезолы*, *Метиценололы*  
 N-Гидроксиитриазены 2/69  
 2-Гидрокси-*сим*-триазины 1/1033  
 3-Гидрокси-1,2,3-триазол 4/1252  
 2-Гидрокси-3,5,6-трибром-1,4-бензохион 4/1269  
 Гидроксиитрикарбоновые кислоты 3/617, 618  
 3-Гидрокси-4-триметиламиномасляная кислота, бетани 2/654, 655  
 5-Гидроксиитриптамин 4/653, 654  
 5-Гидроксиитрилгофан 3/619, 620; 4/654; 5/181  
 3-Гидроксиитропан 5/17  
 Гидроксиитрополон 4/340  
 2-Гидроксиитропоны 5/21, 22  
 Гидроксиитрусная кислота 1/1132, 1133  
 N-Гидроксиуриат 2/1214  
 N-Гидроксиуриети 1/1095  
 1-Гидроксифеазин 2/975  
 β-(*η*-Гидроксифенил)аланин 4/1170  
*η*-Гидроксифениламиноуксусная кислота 4/253  
 2-Гидрокси-1,3-*бис*-(4-фениламино)фенокси)пропан 1/334  
 4-Гидроксифенилацетат 3/617, 618  
 4-Гидроксифенилацетатальдегид 3/617-620  
 α-Гидрокси-α-фенилацетофеон 1/508  
 N-Гидрокси-N-фенилбензамид 1/507  
 2-(2-Гидроксифенил)бензоказол 5/213  
 1,1-*бис*-(4-Гидроксифенил)бензо[с][1,2]оксатиол-S,S-диоксид 4/935, 936  
 2-(2-Гидроксифенил)бензотриазолы 4/588, 589  
 4-(*η*-Гидроксифенил)-2-бутанол 2/743; 3/1089  
 2,2-*бис*-(*η*-Гидроксифенил)гексафторпропан 1/993  
 2,2-*бис*-(4-Гидроксифенил)-1,1-дихлорэтилен 3/1252  
 7-Гидрокси-4-фенилхумарины 1/507  
 4-Гидроксифениллактат 3/617, 618  
 N-(4-Гидроксифенил)-2-нафтиламин 1/334  
 3-(4-Гидроксифенил)пировиноградная кислота 4/1170  
 4-Гидроксифенилпируват 3/617-620  
 2,2-*бис*-(4-Гидроксифенил)пропан 2/95, 96; 5/132, 141  
 3-(2-Гидроксифенил)пропанол 3/1100  
*транс*-3-(3-Гидроксифенил)пропеновая кислота 5/201  
*η*-Гидроксифенилсульфат 4/907  
 3,3-*бис*-(4-Гидроксифенил)фталид 5/139  
 4-Гидрокси-N-фенилхинондимины 2/454, 455  
 4-Гидроксифенилхинондиимины 2/460  
 3-Гидрокси-5-фенил-7-хлор-2,3-дигидро-1,4-бензодиазепин-2(1*H*)-он 4/1224, 1225  
 3-Гидрокси-2-фенилхромелийхлорид 5/201  
 β-(*ο*-Гидроксифенил)этилалкикетоны 1/519  
 2-(4-Гидроксифенил)этиламин 3/254  
 Гидроксифеокильные радикалы 4/624  
 Гидроксифеолы 5/200  
 Гидроксифеноны 1/336; 5/942  
 Гидроксифуроны 1/336  
 10-Гидрокси-9-формилантрацен 1/349  
 α-Гидроксифосфонаты 5/311  
 α-Гидроксифосфонистые кислоты 1/3  
 α-Гидроксифосфониевые кислоты 1/3  
 α-Гидроксифосфорильные соединения 2/549  
 3-Гидроксифталевая кислота 3/706  
 Гидроксифториды 5/393  
 6-Гидроксифурфурен-1-карбальдегид 4/991  
 3-Гидроксифурфурол 5/434  
 Гидроксихалконы 1/522, 523; 2/86, 87  
 8-Гидроксихинолины 1/537  
 3-Гидроксихинолидин-4-карбоновая кислота 5/535  
 Гидроксихиноликарбоновые кислоты 1/525  
 Гидроксихинолины металлов 3/713, 714  
 Гидроксихинолины 4/340  
 2 и 4-изомеры 1/237; 2/1108, 1109; 3/63; 4/232  
 8-изомер 1/209, 362, 537, 615, 674, 675, 736, 936, 987; 2/445, 580, 1083, 1217, 1224, 1287; 3/492, 713, 714, 807, 933; 4/232, 394-397, 594, 1220; 5/77, 284, 955. См. также *8-Оксихинолин*  
 Гидроксихион 1/533  
 3-Гидроксихинофталон 5/535  
 3-Гидроксихинолидины 3/701  
 1-Гидрокси-4-хлорантрахион 3/690  
 2-Гидрокси-5-хлор-3-(2-гидрокси-1-нафтилazo)бензолсульфокислота, Na-соль 2/1231  
 2-Гидрокси-5-хлор-3-(2,4-дигидроксифенилазо)бензолсульфокислота 4/397  
 4-Гидрокси-4'-хлордифенилсульфон, K-соль 4/44  
 Гидроксихлорин 4/238, 239  
 5-Гидрокси-2-хлорметил-γ-пирон 2/838  
 2-Гидрокси-5-хлор-3-[(4-оксо-2-тиоксо-5-тиазолидинил)azo]бензолсульфокислота 4/530, 531  
 6-Гидрокси-8-хлороктаонат 2/1194  
 2-Гидрокси-3-хлор-пропилацетат 5/959  
 3,12-*бис*-(2-Гидрокси-3-хлорпропил)-3,12-дизаза-6,9-диазоинадиспиро [5.2.5.2]гексадекадихлорид 4/209  
 2-Гидрокси-5-хлор-3-(тетрагидро-2,4-дитиоксо-1,3-тиазин-5-ил)азо]бензолсульфокислота 4/531  
 3-Гидрокси-7-хлор-5-(2-хлорфенил-2,3-дигидро-1,4-бензодиазепин-2(1*H*))-он 4/1225  
 Гидроксихолокальциферолы 1/746, 747  
 7-Гидрокси-2-хроменон 5/66  
 Гидрокси-4-хромон 2/973  
 2-Гидроксициклопента-2,4,6-триен-1-он 5/21  
 2-Гидроксициклодекан 1/141  
 2-Гидроксициклопентаины 3/324  
 4-Гидроксицианиомилфурфуролметан 2/972  
 4-Гидроксициниолин 1/521, 522  
 Гидроксицитролеллаль 1/1096; 2/237  
 Гидроксиэтилозополиеновые кислоты 2/1158  
 25-Гидроксиэргополициферол 1/746  
 16α-Гидроксиэстрадиол 5/971  
 3-Гидроксиэстра-1,3,5(10)-триен-17-он 5/970, 971  
 1-Гидроксиэтан-1,1-дифосфоновая кислота 3/714, 715  
 N-(2-Гидроксиэтил)амиды 1/266; 3/680; 5/974  
 2-(N-β-Гидроксиэтиламино)бензойная кислота 1/80  
 1,4-*бис*-(β-Гидроксиэтиламино)-5,8-дигидроксиантрахион 2/80  
 Гидроксиэтиламинокислоты 1/80; 5/975  
 N-(Гидроксиэтил)аминонитрилы 5/975  
 N-(2-Гидроксиэтил)аминопропионитрил 5/975  
 2-Гидроксиэтиламины 1/98  
 O-Гидроксиэтил-N-ацетилколхинол 2/862  
 N-(2-Гидроксиэтил)бензамид 3/682  
*бис*-(α-Гидроксиэтил)бензол 2/93  
 2-Гидроксиэтилбутират 2/1296  
*бис*-(Гидроксиэтил)гликолевый эфир 5/15  
 3-Гидрокси-3-этилглутарат 3/617, 618  
 2-(2-Гидроксиэтил)-6,6-диметилбицикло[3.1.1]гепт-2-ен 3/578  
 N-(Гидрокси)этилдитиокарбаминоаая кислота 5/975  
 N-(2-Гидроксиэтил)днэтиламин 2/215

- 3-(β-Гидроксиэтиленсульфонил)анилин 1/353  
 N-(2-Гидроксиэтилен)формамид 3/682  
 Гидроксиэтилирование 4/581, 922  
 N-Гидроксиэтилкарбаминовые кислоты 5/975  
 5-(1-Гидроксиэтил)-2-метилпиридин 3/111  
 5-(2-Гидроксиэтил)-4-метилтиазол 4/1120  
 N-(2-Гидроксиэтил)пирролидон 5/975  
 N-Гидроксиэтилсукцинимид 4/172  
 бис-(2-Гидроксиэтил)сульфон 2/94  
 бис-(2-Гидроксиэтил)терефталат 4/87  
 α-Гидроксиэтилглицерофосфат 3/621  
 2-Гидроксиэтил(триметил)аммоний-гидроксид 5/590, 591  
 Гидроксиэтилцеллюлоза 3/718, 719, 1223; 4/38, 505, 699; 5/41, 661, 668  
 1,3,5-трис-(2-Гидроксиэтил)циануровая кислота 5/708  
 N-(2-Гидроксиэтил)этилендиамин 1/269; 2/83  
 N-(2-Гидроксиэтил)этилендиаминтриуксусная кислота 1/269  
 N-Гидроксиэтил-N-этил-л-толуиленидминисульфат 4/253  
 N-Гидроксиэтил-N-этил-л-фениленидминисульфат 4/253  
 4-Гидрокси-3-этоксibenзальдегид 1/680  
 2-[2-(2-Гидроксиэтокс)этокс]этанол 5/15  
 Гидроксицифры 4/804; 5/995  
 Гидроксиглюкоз 3/706  
 Гидроксиантарная кислота 5/1015  
 Гидроксоаквакомплексы 1/1092  
 Гидроксоалюминаты 1/205, 206  
 Гидроксоаурат-ионы 2/335  
 Гидроксобромиды 5/751  
 Гидроксоаналаты 1/670  
 Гидроксогаллаты 1/935  
 Гидроксогалогениды 1/949  
 Гидроксо-β-дикетонаты металлов 2/110  
 Гидроксокарбонаты 2/710, 824, 1329, 1330; 4/438; 5/748, 761  
 Гидроксокобальтаты 2/826  
 Гидроксокомплексы 1/1096, 1092, 1093, 1097, 1099; 2/267, 545, 871, 933, 1230; 3/99; 4/545; 5/966. См. также *Гидроксосоли*  
 Гидроксомагnezаты 2/1246  
 Гидроксоний-ионы 1/1097, 777, 1078, 1099; 2/530, 779, 780, 782, 783; 3/720, 722; 4/415; 5/764, 923  
 Гидроксонитраты 1/985; 3/504, 505; 4/598; 5/761  
 Гидроксоплюмбаты 4/592, 600  
 Гидроксосилилаты 3/360  
 Гидроксосилилы 1/205, 206, 670, 777, 935, 949, 985, 1092, 1097, 1099; 2/254, 335, 530, 710, 824, 826, 829, 1246, 1329, 1330; 3/360, 504, 505, 757, 1056; 4/438, 592, 598, 600, 711, 1182; 5/746-748, 752  
 Гидроксостаннаты 3/757  
 Гидроксосульфаты 2/829; 5/619  
 Гидроксоферраты 2/254  
 Гидроксофториды 5/751  
 Гидроксохлориды 4/711, 1182  
 Гидроксохроматы 5/616, 617, 630, 632, 633  
 Гидроксоцинкаты 5/752  
 Гидрол Михлера 3/181; 5/648, 649  
 Гидролазы 1/1097, 417, 1098, 1100; 3/287; 5/16, 17, 83, 84, 158, 159, 242, 270, 272, 517, 518, 661, 952  
 аденозинтрифосфатазы 1/41, 1098  
 амиллазы 1/232, 1097  
 аминоксипептидазы 1/260, 1097  
 арилсульфатазы 1/368, 1098  
 аспарагиназы 1/394, 1097  
 ацетилхолинэстеразы 1/435, 436, 1097  
 гликозидазы, см. *О-Гликозид-гидролазы*  
 дезоксирибонуклеазы 2/20; 1/1097 и расщепление рацематов 4/391  
 карбоксипептидазы 2/634, 635; 1/1097  
 карбоксистеразы 2/635  
 катепсины 2/695  
 лизоцим 2/1177, 1178; 1/1097, 1098  
 липазы 2/1184; 1/1097  
 нейраминидаза 3/397; 1/1098  
 нуклеазы 3/584  
 папаин 3/880, 881; 1/1098  
 пепсин 3/922, 923; 1/1098  
 плазмин 3/1097, 1098  
 ренин 4/468, 469  
 рестриктазы 4/509, 510  
 рибонуклеазы 4/517, 518, 519  
 субтилизинны 4/893, 894  
 термолизин 4/1075  
 трипсин 4/1270; 1/1098  
 фосфатазы 5/242, 243  
 фосфолипазы 5/272  
 хинотрипсин 5/518  
 эндодезоксирибонуклеазы 5/952  
 Гидролазы 2/1169  
 Гидролиз 1/1098, 17, 38, 941, 942, 951, 1077, 1085, 1097, 1099-1103, 1144, 1217, 1222; 2/1, 9, 106, 225, 248, 304, 305, 365, 416, 495, 572, 646, 647, 695, 702, 747, 752, 755; 3/81, 301, 302, 629, 4/804; 5/238, 400, 450, 451, 493, 504, 561, 704, 985, 995  
 бисульфитный 3/380, 381  
 высокотемпературный, см. *Пиролиз*  
 гомогенный 2/340  
 и деалкилирование 2/5, 6  
 и дезаминирование 2/1084  
 и деструкция полимеров 2/40, 1013  
 и дисперсные системы 2/154  
 и диссоциация воды 1/1767  
 и инверсия сахарозы 4/581, 582  
 и метаболизм 5/109  
 и окисление 5/585  
 и отверждение 3/839  
 и поликонденсация 2/1010, 1017, 1021; 3/1239; 5/997  
 и полимеризация 3/1208, 1251; 5/725  
 и протонирование 4/245  
 и этерификация 5/998  
 как нуклеофильное замещение 3/186  
 как обменная реакция 1/1098; 4/753  
 кислотный 1/1100, 1155; 2/69-71, 140, 325, 326, 330, 331, 461, 633, 771-773, 941, 988, 1137, 1165; 3/271, 386, 387, 438, 514, 674, 677, 682, 707; 4/341, 622; 5/10, 37, 1009, 1010  
 омыление 3/764  
 параформаль 4/393  
 перколяционный 1/1101, 1103  
 по Курциусу 2/1106  
 по Рихе 5/224  
 по Штоббе 5/793  
 по Штреккеру 5/793  
 продукты, см. *Гидролизаты*, *Гидролизный лигнин*, *Лесохимия*  
 стерические требования 2/913  
 ферментативный 1/1097, 1098, 1100, 1128, 1129; 2/20, 31, 304, 433, 474-476, 634, 660, 695, 696, 988, 1134, 1155, 1184, 1190; 3/599  
 щелочной 2/117, 171, 173, 278, 309, 325, 326, 420, 461, 1137; 3/386, 387, 516, 517, 557, 599, 674, 682; 4/273, 1037, 1152; 5/502, 1010  
 эффект(ы) индуктивный 2/461  
 – соседних звеньев 3/1263  
 – тепловые 4/1086  
 Гидролиззаварты 1/1101, 1102  
 Гидролизаты 1/1100-1103, 1124, 1155; 2/232, 464, 519, 1078, 1176; 3/133, 157, 711, 929, 1167; 4/833; 5/995  
 Гидролизин 2/857, 1078  
 Гидролизные производства 1/1100, 1101-1103; 4/714; 5/664, 995. См. также *Гидролиз*, *Гидролизаты*, *Гидролизный лигнин*, *Лесохимия*  
 Гидролизный лигнин 1/1100-1102; 2/1164, 1174  
 Гидролитические реакции, см. *Гидролиз*  
 Гидромасляные кислоты 1/651; 3/700  
 Гидрометаллургия 1/1103, 468, 1104; 2/702; 3/7, 8, 93, 414, 638, 1000, 1068; 4/361, 550, 593, 639, 944; 5/669, 749, 833  
 Гидрометирирование 2/889; 3/79  
 Гидромеханические процессы 1/1105, 1106; 2/1299; 3/1181, 1183-1185  
 Гидроминеральные полезные ископаемые 3/1193. См. также *Минеральные воды*  
 Гидромусковит 1/1141; 3/165  
 Гидроний-катион 1/1097. См. также *Гидроксоний-ионы*  
 Гидроновый синий 2/618  
 Гидробессеривание 1/1106, 1107, 1108; 2/32, 674-676; 3/441-444; 4/193, 400  
 Гидроорганосилоксаны 1/1108  
 Гидроорганосенаты 1/382  
 Гидроочистка 1/1107, 778, 926, 927, 1083, 1088-1090, 1108; 2/168, 169, 665, 678, 681, 682, 685, 687, 737, 738, 904, 1093; 3/441, 442, 444, 462; 4/400, 526, 650; 5/682  
 Гидроперит 2/18  
 1-Гидропероксиалкилпероксиды 3/975  
 Гидропероксиды 1/599, 633, 1146, 1159; 2/85; 4/305; 5/445  
 неорганические 3/971, 973, 974  
 органические 1/643, 650; 2/554, 1101, 1102, 1203; 3/380, 659, 660, 907, 975-980; 4/814, 815, 817, 869, 907; 5/683, 959  
 1-Гидроперокситетралин 4/1101  
 Гидропероксидэкозаполиеновые кислоты 2/1158  
 Гидропероксосоливаты 3/359  
 α-Гидроперфторизомасляная кислота 1/1085  
 2-Гидроперфторизопропиловый спирт 1/994  
 ω-Гидроперфторидекаановая кислота 5/394  
 Гидропирилиз 3/1065; 4/702  
 Гидроплюмбирование 4/596  
 Гидропорфирин 5/573  
 Гидропрениоцен 3/92  
 Гидросиланы 1/1108, 1109; 2/1023; 4/682  
 Гидросиликаты 3/360; 5/386. См. также *Асбест*  
 Гидросилилирование 1/1108, 1109; 2/1018, 1023; 3/79, 80, 478, 737, 1131; 4/682  
 Гидрослюды 2/1233; 4/724  
 Гидросилифосфораны 5/308  
 Гидростанилирование 3/760  
 Гидростатические параметры (процессы)  
 давление 1/1214  
 депрессия 1/848  
 прессование 4/140  
 Гидростатические приборы  
 вакуумметры 1/661, 662  
 весы 3/1148  
 плотномеры 3/1146-1150  
 уровнемеры 5/88, 89  
 Гидросульфаты 1/1072, 1193; 4/632, 644, 904; 5/862  
 Гидросульфидная группа 2/325, 326  
 Гидросульфиды 3/363; 4/43, 651, 909, 1127, 1153; 5/796  
 Гидросульфиты 1/436, 654; 2/1175; 3/364-538, 1088; 4/656, 657, 918, 920; 5/141, 709  
 Гидросульфоны 2/516  
 Гидросуферила 1/1109, 399, 553, 554, 1115; 2/789, 961-963; 3/849-851; 4/320, 321; 5/42  
 Гидротермальные процессы 1/1109, 1018, 1019, 1110; 2/223, 1027; 3/420; 5/497, 516. См. также *Гидротермальный синтез*  
 Гидротермальный синтез 1/1109, 1110, 1220; 2/223, 268; 3/256; 4/1022; 5/252, 680, 755  
 Гидротипия 5/324  
 Гидротормозные жидкости 2/212, 627  
 Гидротранспорт 1/769. См. также *Пневмо- и гидротранспорт*  
 3-Гидро-4-триметиламиномасляная кислота, нитрил 2/655  
 Гидротропы 1/1110, 158, 1111; 3/284; 4/700  
 Гидроурацил 1/455  
 Гидрофильно-липофильный баланс 2/1182; 3/1162, 1163, 1165; 5/949  
 Гидрофильность 1/622, 757, 787, 788; 2/422, 519, 1144, 1181-1183, 1186, 1188, 1200; 3/181-186, 203, 260, 261, 636, 1160, 1162-1167, 1268; 4/633, 730, 880, 1013  
 Гидрофит 5/86  
 Гидрофобные взаимодействия 1/1111, 757, 1112; 2/83, 227, 228, 336, 358, 694, 708, 799, 1012, 1172, 1182, 1187; 4/833; 5/394. См. также *Гидрофильность*, *Липофильность* и *липофобность*  
 вытеснительная флокуляция 5/203  
 и дыхательные воды 2/242  
 и коагуляция 2/817  
 и мицеллообразование 3/183  
 и пластификаторы 3/1117, 1118  
 и флотация 5/207  
 и хроматография 1/418; 2/294, 295, 297, 519  
 Гидроформилирование 1/1112, 649, 865, 867, 1113, 1161; 2/277, 639, 640, 642, 677, 824, 830, 874; 3/78-80, 84, 449, 737, 738; 4/196, 204, 534, 535, 613, 697; 5/980. См. также *Окислитель*  
 Гидроформинг 1/1113; 2/684  
 Гидрофосфаты 1/935; 2/589, 590; 4/981; 5/248, 250  
 α-Гидрофосфининовые кислоты 1/3  
 Гидрофосфиты 1/962  
 Гидрофосфонаты 4/1001  
 Гидрофосфораны 5/292-294  
 Гидрофосфорные соединения 1/1113, 1114; 3/179, 180, 592, 593; 4/682, 683; 5/278, 279, 308, 311, 312  
 Гидрофталат 5/147  
 Гидрофториды металлов 1/1114, 950, 970; 3/367, 368; 4/558, 559, 655; 5/390, 396, 657  
 Гидрофторирование 1/1084  
 Гидрофуриловый спирт 3/278  
 Гидрохимический поиск полезных ископаемых 1/1016  
 Гидрохимия 1/1115, 1016  
 Гидрохинолин 1/336  
 Гидрохинон(ы) 1/1115, 116, 117, 235, 336, 424, 532, 533, 629, 640, 641, 654, 670, 712, 713, 715, 717, 720, 723, 833, 1116; 2/73, 79, 93, 205, 211, 365, 460, 807, 1004; 3/105, 106, 134, 363, 388, 662, 663, 665, 690, 691, 697, 707, 1018; 4/91, 253-255, 396, 505, 623, 624, 635, 695, 869, 1125; 5/115, 118, 132, 139-142, 324, 354, 449, 452, 456, 533, 772, 1042

- клатраты 1/363, 569; 2/798, 1043  
эфиры 1/317, 640, 1115; 3/70, 106, 116; 5/977
- Гидрохлориды 2/76, 83, 85, 86, 112–114  
Гидрохлорирование 1/1084; 2/86, 121, 181; 3/448–450; 5/12, 133, 582  
Гидрохлортиазид 2/204  
Гидроцеерусит 2/637  
Гидрирование 1/1116, 439; 2/121  
Гидроксилоны 1/770, 1105, 1106; 3/631, 637, 858; 5/193, 194  
Гидроксины 5/747  
Гидроциникит 5/748  
Гидроциркулирование 5/764  
Гидроэлектрометаллургия 5/854, 895  
Гидроиловая кислота 1/455  
Гидратит 5/407  
Гиллебрандит 2/588  
Гиллеспи теория 1/1117; 2/928; 5/461, 463  
Гильдебранда теория 2/833, 834; 4/355, 356; 5/834  
Гиллабн 3/838  
Гимномеланоидные кислоты 1/1212  
Гиммексазол 5/421, 422  
Гимеокардин 3/924  
Гниль зелени 2/408, 409; 3/1011; 5/615  
Гидроэксиксоловая кислота 2/278  
(-)–Глюкозамин 1/414, 415; 5/17, 18, 591  
Глюколевая кислота 2/278  
Гипан 5/204  
Гипафорин 1/544  
Гипербазиты 4/978  
Гипервитаминоз 1/752  
Гипергенные процессы 1/1018, 1019  
Гипершии 2/972  
Гипер-КР спектроскопия 2/866  
Гипероксиды 2/569; 3/971, 973, 974  
Гипероксиды 3/31; 5/930–932  
Гиперполяризуемость 4/124  
Гиперсенсбилизация 4/626; 5/456  
Гиперсорберы 1/53, 62  
Гипертонические растворы 3/830  
Гиперфильтрация 3/39–45  
Гиперхромный эффект 4/767  
Гипершееное приближение 4/829  
Гипер-эффекты 2/866  
Гипобромиты 1/261, 611–613, 681; 5/758  
Гипоаналиты 1/670  
Гипогаммаиноз 1/751  
Гипогазогенирование 1/960  
Гипогазогениты 1/954, 969, 970, 1179; 2/416; 4/621, 804, 898, 938; 5/10  
Гипогазофорная кислота 5/286, 287  
Гипоидные масла 3/472  
Гипоидиты 2/495  
Гипооксантин 2/1084; 3/619, 620; 4/273, 274, 276  
Гиполипидемические средства 1/1117, 1118, 1119; 3/730; 5/547  
Гипонатанаты 2/1277  
Гипонатраты 1/1094  
Гипонитриды 1/102, 1094  
Гипосульфиты 4/239. См. также *Тиосульфаты неорганические*  
Гипотаурины 4/917  
Гипотеза(ы)  
Авогадро 5/508  
Аалгорная 4/1240, 1241  
Аалгий, см. *Реагенты органические*  
Болезненая 5/682  
Бусневская 3/947; 5/30  
Изоморфности критических явлений 2/1072  
Кармана 3/947  
Масштабной инвариантности 2/1073, 1074  
Митчелла 1/560, 561  
Нерста 5/682
- о природе шаровой молнии 2/505  
сопряжения химическая 3/669  
эргоническая 3/213
- Гипотензианые средства 1/1119, 48, 64, 1120; 2/86, 400, 460, 636, 759, 760, 812; 3/701; 4/439, 468, 861, 1254  
Гипотиазид 2/204  
Гипотонические растворы 3/830  
Гипофосфаты 5/288  
Гипофосфиты 3/306  
неорганические 1/1120; 5/288, 307  
органические 1/1120, 1121  
Гипофосфористая кислота 5/287  
Гипофосфорная кислота 5/286–288  
Гипофториты 5/391, 392, 399, 401  
Гипохлориты 1/1121, 431, 452, 503, 902, 1071, 1122, 1123; 2/18, 416, 450, 499, 533, 1216; 3/355, 665, 860; 4/915, 926, 1267; 5/526, 551, 553, 557, 564, 981, 982  
Гипохолестеринемические средства 2/813; 5/547  
Гиппуровая кислота 1/510; 4/1170; 5/121, 729, 784  
Гипс 1/1123, 870, 901, 956, 957; 2/112, 578, 582, 589, 1251; 3/165, 166, 511, 512, 646, 863, 992, 1265; 4/138, 357, 630, 904, 1041; 5/54, 171, 302, 946, 995  
высокообжигный 1/871  
золотение 3/755  
медицинский 1/871  
строительный, см. *Алебастр*  
формовочный 1/871  
Гипсование почв 1/1123; 3/863  
Гипсово-ангидридные вяжущие 1/870, 871  
Гипсородописи 4/537  
Гипсотермометры 4/1081  
Гипсохромный сдвиг 2/174, 1082; 4/751; 5/360, 646, 649  
Гипсоцементы 3/127  
Гирационные аппараты прохоты 1/1206  
дробилки 2/352  
Гирн для взвешивания 1/685–691, 698–701  
Гирные весы 1/685, 687–691, 698–701  
Гироксии 5/1036  
Гиролит 2/588  
Гиромагнитное отношение 2/1244; 5/1024, 1032  
Гирометрия 5/1055  
Гирудии 5/17  
Гистазарии 2/136; 3/1056, 1057  
Гистамин 1/1123, 39, 85, 324, 1124; 2/112, 412, 425; 3/399, 619, 620; 4/773; 5/1036, 1037, 1039, 1042  
Гистерезисные явления  
н адсорбция 1/57, 58  
и горение 1/1165, 1166  
и макрокинетика 2/1259  
и смячивание 4/730  
и стеклообразное состояние 4/842–844  
и фазовые переходы 5/102  
капиллярные 2/607  
магнитные 2/1240, 1241; 5/164
- 8α-(3-N-L-Гистидил)флавинаденин-нуклеотид 4/523  
Гистидин 1/1123, 85, 144, 165, 166, 250, 253, 435, 475, 477, 1000, 1007, 1013, 1098, 1124, 1144, 1152; 2/407, 655, 968, 1171; 3/199, 296, 619, 620, 626, 881, 893, 926, 931; 4/431, 894, 940, 1171, 1172, 1229, 1270; 5/84, 159, 215, 273, 518, 772, 954  
Гистидинил-фосфат 3/619, 620  
Гистоны 1/1124, 330, 362, 472, 1125; 2/1174, 1324; 3/199, 200, 587, 599; 5/619, 620
- Гистохимия 2/142, 743, 974; 5/770  
Гиффорда–Мак-Магона дикл 5/603, 604  
Главное квантовое число 1/403, 791; 2/721; 4/470  
Глазера реакция 3/9, 1250  
Глазерит 2/570  
Глазные капли 5/754, 774  
Глазури 1/1125, 679; 2/735, 1288; 3/481, 1009, 1192; 4/549, 681, 834, 878; 5/113, 114, 751, 761  
Глауберит 1/956; 3/361  
Глауберова соль 2/1097; 3/347, 361, 362; 5/675  
Глаукоинит 1/1021; 3/633, 838; 4/557, 724; 5/298  
Глауцины 2/398, 399; 4/231  
Глацем 3/1201  
Гленсдорфа–Пригожина теорема 3/841  
Глет 3/147; 4/591, 599, 600, 838  
Гладныи 4/190, 191, 1247  
Глибенкламид 1/327, 328  
Глибутид 1/327, 328  
Гликаны 4/34. См. также *Полисахариды*  
Гликоалкалоиды 1/145; 2/400  
Гликоген 1/1125, 40, 48, 232, 558, 1000, 1126, 1132, 1135, 1154, 1173; 2/31, 476, 987; 3/154, 611, 615, 616, 626; 4/35, 219, 1242; 5/38  
Гликоген(крахмал)синтаза 4/1242  
Гликогеолиз 1/1135; 2/578, 695, 696  
Гликогеомы 1/1126  
Гликогенсинтаза 1/1132  
Гликогенфосфориллаза 1/472, 1131, 1132  
Гликозидногликаны 3/286; 4/35  
Гликозиды 1/551, 1126–1128; 3/749  
О-Гликозил-гидролазы 1/1126, 551, 1127, 1128; 3/749  
Гликозидные связи, см. *Гликозиды*  
Гликозиды 1/1127, 1126, 1128–1132, 1154; 2/21, 88, 341, 731–733, 973, 1100, 1101; 3/265, 269, 740, 741, 746–749, 1166; 4/34–38, 215, 1269; 5/37, 92, 93, 375, 1005. См. также *Гликолипиды, Гликопротеины*  
аллизины 1/139  
антоцианы 1/347, 348  
каротиноиды 2/657  
нуклеозидные, см. *Нуклеиновые кислоты, Нуклеозиды, Нуклеотиды*  
оксигалагиды и оксетоны 3/686  
оксикантрахионы 3/689  
определение 4/786  
прогенныи 5/93  
салоины 4/576, 577–580; 1/1129; 5/1051, 1053  
сердечные 1/1129, 1130; 2/1160; 4/576–580, 861, 862, 865, 879, 880; 5/38, 1044, 1051, 1053  
трипереноидные 4/576, 577, 579, 580  
умбеллиферон 5/66  
фенольные, см. *Флавоноиды*  
цианогенные 5/1053  
Гликозиллазиды 1/1129  
Гликозилгалогениды 1/1129  
Гликозилдиацилглицерин 3/49  
Гликозилдиглицериды 1/1130, 1131, 1137; 2/1188, 1189  
Гликозилрование 1/1127; 2/395, 486, 487, 731–733; 3/197, 198, 270, 748; 4/38, 430; 5/693  
Гликозил-катион 2/732  
N-Гликозилмочевинны 1/1129  
Гликозилполиолы 4/1010; 5/38  
Гликозилпротеины 1/1138, 1139  
Гликозилтрансферазы 1/1131, 980, 1132, 1140; 2/395, 1191; 4/35, 1242  
Гликозилфосфатидилинозитиллианы 5/271  
Гликокол 1/1149. См. также *Глицин*
- Гликолат 3/613, 615–618  
Гликолевая кислота 1/1132, 195, 302, 1133, 1141; 2/640, 944, 1140; 3/700, 927, 1242; 4/904, 1127; 5/13, 410, 584, 586, 591, 990  
лактид, см. *Гликолид*  
нитрил 3/708  
эфирны 2/633, 634; 3/289; 4/207, 1114; 5/1006  
Гликолейин альдегид 1/652; 3/615, 616, 687, 688; 5/984  
Гликолейин 3/582  
Гликоли 1/1133, 197–199, 422, 444, 620, 639, 643, 644, 659, 841, 943, 960, 1133–1135; 2/11, 82, 105, 211, 212, 402, 638, 639, 677, 747, 751, 804, 863, 1150, 1273; 3/34, 106, 127, 159, 282, 719, 731, 732, 739, 993, 1026, 1144, 1201; 4/91, 95, 157, 158, 169–171, 199, 525, 607, 800, 1102, 1114; 5/8, 85, 88, 709, 773, 779, 984. См. также *Полиэтиленоксид, Пропиленгликоль*  
аддукты 4/51  
алкоголяты 1/170; 4/199  
ацетаты 4/169  
гликоляты 1/170; 4/199  
дитозилаты 2/987  
как мономеры 3/257  
как отвердители 3/838  
монометакрилаты 3/744  
уретановые 5/975  
хлорформаты 3/744; 4/53  
эфирны 1/650, 716, 717, 1068; 2/520, 648; 3/291, 732, 833, 1117; 4/157, 158, 201; 5/964. См. также *Глицыи*  
Гликолид 1/1132; 2/698, 1140, 1141; 3/1240, 1241  
Гликолиз 1/1135, 43, 558, 561, 608, 609, 1000, 1136, 1143, 1147, 1154, 1155; 2/395, 655, 1004, 1135, 1136, 1140, 1152; 3/270, 469, 612, 614, 617, 618, 621, 623, 625, 668, 697, 919; 4/430, 1119, 1268; 5/38, 268, 296. См. также *Гликогенез*  
Гликолимочевина 1/1067, 1068  
N-Гликолилнейраминаовая кислота 1/979  
Гликолипиды 1/1137, 1129, 1137, 1154; 2/21, 303, 1188, 1189, 1191; 3/48, 49, 269, 669, 748, 749; 4/34, 1010; 5/38, 39, 269  
Гликолькарбонат 5/990  
Гликоляты 1/170; 4/199; 5/984  
Глико-[2.1-d]-2-оксазолин 1/264  
Гликопептиды 1/570, 1129, 1137–1139, 1150, 1151; 3/37, 596, 930  
Гликопротеиды 1/1137. См. также *Гликопротеины*  
Гликопротены 1/1137, 418, 470, 483, 553, 556, 1126, 1127, 1129, 1132, 1138, 1139; 2/21, 478, 1162–1164; 3/48, 197, 198, 269, 748, 749, 1098; 4/34, 35, 214, 215; 5/38, 167, 168, 204, 605, 1049, 1051. См. также *Иммуноглобулины, Лектины*  
антигены 1/324, 1138  
гормон(ы) 1/1172  
– лютеинизирующий 2/1228, 1229; 1/39, 1047, 1163, 1172, 1173; 3/401; 4/1169  
– тиреотропный 4/1169, 516, 758, 1170; 1/39, 1172; 2/1228; 5/218, 605  
нитерфероны 2/487  
моноаминоксидазы 3/253, 254  
плазмы крови 4/248–250, 468, 469  
протромбиновый комплекс 4/248, 249, 250  
ридин 4/526, 527  
светочувствительные, см. *Родопсин*  
тиоловые амидгидролазы 2/695  
трополаген, см. *Коллаген*

- Глицеролипиды 1/1139, 1137, 1140; 2/1189–1191; 3/48; 4/968: 5/271. См. также *Цереброзиды ганглиозиды* 1/979, 980, 1137, 1140; 2/1189; 3/49; 4/968
- Глицофорин 3/51
- Гликолевая кислота 2/278
- Глимы 1/1140; 3/507, 984; 5/710, 722, 1007
- Глины 1/103!
- Глинистые минералы, см. *Глины*
- Глинозем 1/206, 208, 212–214, 467, 754, 897, 902, 936; 2/568, 582, 990; 3/110, 351, 439, 650; 4/557, 673, 838, 1041; 5/112, 186, 670–673, 824, 854, 861, 862. См. также *Алюминия сеск-вискоид*, *Глины*
- Глины 1/1141; 2/153, 349, 679, 800, 1174, 1319; 3/144, 284, 868, 1168; 4/674, 838; 5/298. См. также *Глинозем*
- активные 1/52, 1057
- белые 2/606; 5/112, 113
- бентонитовые, см. *Бентонит*
- дilatансия 2/111, 112
- для керамики 2/733–735
- как антителы 1/329
- как вспениватели 4/134
- как интеркалаты 2/477
- как носители 3/324
- кислотоупорные 2/776
- коллоидные 2/290, 817
- минералы 1/1141; 4/678–680
- отбеливающие 1/52; 3/443, 837, 838, 968
- платинированные 2/750
- спекание 2/733–735
- суживальные 1/1141; 3/837, 838
- Глионин 5/421
- Глиоксалаза 1/1153
- Глиоксальные кислоты 1/195, 196, 742; 3/613, 1219; 4/642; 5/984
- Глиоксалин 2/411, 412
- Глиоксаль 1/1141, 424; 2/66, 104, 233, 411, 706, 808; 3/225, 719; 4/277; 5/134, 428, 523, 782, 984
- сульфат 1/1142; 4/75
- уредны 1/1142
- Глиоксилат 3/613, 615–622; 4/1261
- Глиоксилатный цикл 1/1142, 611, 1143, 1144; 2/407, 969, 1169, 1171; 3/612, 617, 618, 621, 623; 4/1260, 1262; 5/1015. См. также *Глиоксилат*, *Глиоксильная кислота*
- Глиоксильная кислота 1/35, 195, 504, 680, 726, 1142, 1143, 1149; 2/407, 938, 1272; 3/613; 5/1, 547, 556. См. также *Глиоксилат*, *Глиоксилатный цикл*
- Глиоксин 3/701; 5/427, 432
- Глиноксин 3/924, 925
- Глинофосат 1/1033; 3/994
- Глиносин 4/429
- Глифтальные лаки и смолы 1/150, 153, 1145, 1146; 5/213, 377
- Глифтор 2/342
- Глицидиметакрилат 2/807
- Глицеральдегид-3-фосфат 1/130, 202, 609, 1135, 1143, 1144, 1147; 2/364; 3/615, 616, 625, 918, 919; 4/1268; 5/347
- Глицеральдегидфосфатдегидрогеназа 1/1143, 1144; 3/469; 5/268
- Глицератфосфаты 3/615, 616
- Глицераты 1/170, 1145
- Глицериды 1/1144, 827, 862, 1145; 2/6, 303–305, 616, 660, 1189; 3/303, 397, 876, 1186; 4/744; 5/26, 551. См. также *Нитроглицерин*
- Глицерилцетаты 1/1145
- Глицерилбутираты 1/1145; 2/1296
- Глицерилмолекулат 1/1145
- Глицерилмонооринцитлеат 1/1145
- Глицерилолеаты 1/1145
- Глицерилпальмитат 1/1145
- Глицерилпропионат 1/1145
- Глицерилстеараты 1/262, 1145
- Глицерин 1/1145
- алкоголяты, см. *Глицераты*
- десорбиционная ионизация 2/1311
- как восстановитель 3/2
- как маскрыватель 2/1294
- как мягчитель 1/1146
- как обеспыливатель 3/993
- как стабилизатор 1/475
- коррозийная активность 1/630
- получение 1/119, 180, 949, 960, 1089, 1100, 1101; 2/91, 304, 989, 1164; 3/324, 1144, 1186; 4/197, 383, 582, 607, 627, 743, 744; 5/39, 551, 554, 959, 995
- свойства 1/119, 150–152, 155, 187, 248, 490, 558, 651, 838, 974, 1068, 1112, 1137, 1144, 1146, 1156; 2/1, 19, 199, 304, 365, 421, 808, 996, 1177, 1188–1191, 1319; 3/127, 184, 282, 303, 385, 440, 532, 712, 714, 719, 744, 896, 1089, 1096; 4/31, 202, 247, 423, 718–720, 726, 800; 5/73, 85, 118, 122, 134, 244, 253, 269, 271, 377, 558, 660, 777, 794, 959
- смесь с глюкозой 2/442
- хлоргидрины 1/960, 1144, 1146, 1148
- цветная реакция 3/1054
- эферы 1/1146; 2/805, 1184; 4/54, 91, 172, 800. См. также *Глицериды*
- Глицеринборная кислота 1/990
- Глицериновая кислота 1/1146; 3/613, 700
- Глицериновое брожение 3/627
- Глицериновый альдегид 1/1146, 222, 652, 1147; 2/905, 906; 3/263, 265, 569, 570, 687, 688; 5/37, 997
- Глицеринтринитрат 3/505, 507, 531, 532. См. также *Нитроглицерин*
- Глицерин-2(3)-фосфаты 2/364, 365; 3/615, 616
- м-Глицероальдегидфосфат 1/165
- Глицеро-3-диацилфосфорные кислоты, см. *Фосфатидовые кислоты*
- Глицеро-3-фосфат 3/263, 265
- Глицерол 2/304
- Глицероллипиды 2/141, 1188
- Глицерофосфатиды 4/379, 744
- Глицерофосфаты 2/1177, 1190, 1191; 4/1010; 5/244, 246
- 1,3-бис-(м-Глицеро-3-фосфо)глицерин 2/187
- Глицерофосфолипиды 2/187, 1189–1191; 5/268–270
- Глицерофосфохолин 2/1190; 5/245
- м-Глицеро-3-фосфоталоламид 5/246
- Глицид 1/180, 1147–1149; 4/54
- Глицидальдегид 1/1147
- Глицидилакрилат 1/1148, 1149
- Н-Глицидилденамин 1/1147
- Глицидилметакрилат 1/1147, 1148, 1149; 3/744; 4/765
- Глицидильные эфиры 1/179, 1147–1149; 2/804; 3/728; 5/964
- Глицидные эфиры 1/1148, 198, 956, 1222
- Глицидный спирт 2/91
- Глицидол 1/1148, 180, 1147, 1149; 4/54; 5/959, 962
- Глицилацетанид 2/414
- 2-(N-Глициламино)бейзойная кислота 1/80
- N-Глицил-N-валиламины 2/414
- Глицилвалинамид 2/414
- Глицилглицин 1/1150
- Глицил-L-глицин 1/1150
- Глицил-L-глицинсинаптаза 1/240
- Глицин 1/1149, 145, 249, 251, 268, 391, 415, 471, 510, 783, 1067, 1152; 2/736, 856, 1084; 3/198, 279, 360, 619, 620, 622, 623; 4/149, 190, 215, 253, 397, 642, 1075, 1247, 1248, 1261; 5/215, 584, 784
- амид 2/76
- бетаин 1/544; 3/619, 620
- определение 2/743
- этилат 2/76
- Глобально-нежесткие молекулы 3/393
- Глобары 3/768
- Глобин 2/974; 3/175
- Глобулины 1/318, 471, 552; 4/381, 1171; 5/1, 971
- Глобулы 2/1264–1266; 4/663
- Глобулярные белки 1/470, 471, 475, 481, 482; 2/735, 736, 857; 3/922; 4/79; 5/161, 162
- иммунные, см. *Иммуноглобулины*
- комплемент 2/874, 875, 876
- Глостан 4/49, 50
- Глубокое охлаждение 5/593
- Глудантан 4/237
- Глутоконат 3/613, 617, 618
- Глутоконовая кислота 3/613, 617, 618
- Глутоновый альдегид 3/1046; 4/1168
- Глутамат 1/1152; 3/613, 619, 620, 1089, 1090; 4/1261, 1262
- Глутаматдегидрогеназа 1/1149; 2/968; 3/697, 810
- Глутаматсвязывающий белок 1/484
- Глутаматсинтаза 1/1149, 1150
- Глутамил-карбоксипептидазы 5/216
- Глутамилпептиды 1/1150, 1151
- Глутамилполуальдегид 3/619, 620
- γ-Глутамилтрансфераза 1/1150, 483, 1151, 1153
- γ-Глутамилфенилгидразиды 1/1150
- L-γ-Глутамил-L-цистеинилглицин 1/1152, 1153. См. также *Глутамин*
- L-Глутамилцистеинсинтаза 2/1169, 1170
- γ-Глутамильный цикл 1/1150
- Глутамины 1/1151, 249, 394, 1097, 1149, 1150; 3/175, 198, 619, 620, 810, 931; 4/190, 1260–1262
- Глутаминаза 1/1151; 3/810
- Глутаминовая кислота 1/1151, 118, 249, 395, 435, 484, 551, 749–751, 783, 1008, 1098, 1149, 1150, 1152; 2/364, 395, 457, 577, 1178; 3/156, 175, 176, 199, 200, 470, 613, 711, 809–810, 881, 928, 931, 937, 1098; 4/249, 391, 491, 1240; 5/159, 161
- α-амид 1/1151
- γ-амид, см. *Глутамин*
- определение 2/292
- полу(семи)альдегид 4/192, 1260–1262
- соли 1/1152; 3/1089, 1090
- Глутаминсинтаза 1/1152, 1150; 2/1169
- Глутаминсинтаза-аденилнлнтраисфераза 1/1152
- Глутарат 3/613, 617, 618
- Глутарилполуальдегид 3/617–620
- Глутаринид 1/292; 2/417
- Глутаровая кислота 1/644, 652; 2/107, 108; 3/613, 617, 618, 1059; 5/793
- Глутаровый альдегид 1/119, 140, 452; 2/18, 233, 235, 422, 463, 464; 3/1038
- Глутатин 1/1152, 484, 745, 1150, 1151, 1154; 2/968; 3/470, 920, 927, 934; 4/524, 1236, 1242; 5/768
- Глутатиноредуктаза 1/1153; 4/524
- Глутатинотрансферазы 1/1153, 1154; 4/1242
- Глутелины 4/190
- Глукагон 1/1154, 39, 323, 1156, 1171; 3/199, 626; 4/516, 609, 758; 5/271
- экзо-1→3-β-Глукаказы 2/1144
- Глукангидролазы 5/661
- Глуканы 2/31; 4/34, 35, 39; 5/662. См. также *Целлюлоза*
- Глукоамилаза 2/464
- Глукобраснция 4/653
- Глукоза 1/1154, 198, 232, 328, 558, 744, 745, 1000, 1100, 1126, 1127, 1130, 1131, 1135–1137, 1154–1156, 1160; 2/30, 31, 221, 232, 367, 368, 464, 958, 959, 968, 988, 989, 1078, 1144, 1145, 1153, 1162, 1193, 1200, 1211, 1278, 1331; 3/157, 197, 198, 263, 266, 269–271, 517, 578, 579, 614, 748, 811, 918–920; 4/31, 215, 427, 431, 578, 581, 653, 759, 769, 812, 880, 920, 1010, 1119, 1160, 1262; 5/37–39, 153, 196, 201, 271, 370, 373, 375, 589, 661, 663, 693, 769, 903, 957
- биосинтез, см. *Глукогенез*
- дозиметрия 2/221
- как метаболит 1/483, 484, 609; 3/625. См. также *Гликолиз*, *Пентозофосфатный цикл*
- β-D-кельогат с АБК 1/15
- меченая 3/148
- мутаротация 2/364; 3/298
- озонан 3/656
- определение 2/292, 423, 1329; 4/399; 5/148–159, 819, 916
- пищевая 1/101, 1155; 2/464, 539
- смесь с глицерином 2/442
- содержание в крови 1/48; 2/476, 695, 1223; 3/626
- тауготерия 3/266
- ферментация 2/544
- эферы 1/1064; 4/978
- Глукозамин 1/260, 263, 264, 1022, 1137; 2/486, 1196; 4/1010, 1241; 5/37, 547
- Глукозаминоглукуроилгликан 4/35
- D-Глукозамин-N-сульфат 3/286
- Глукозаиды 1/232, 1126; 3/198; 4/582
- Глукозиды 1/415; 2/972, 973; 3/294
- 3,5-Глукоэнал-3'-гидрокси-2-флавеиол 1/347
- 3,5-Глукозил-3',5'-метокси-2-флавеиол 1/347
- Глукозилтрансферазы 1/1126; 2/988<sup>\*</sup>, 3/198
- Глукозилцерамид 1/1140
- α-D-Глукозо-1,6-дифосфат 4/1242
- Глукозоизомераза 2/464
- Глукозооксидаза 1/1155; 5/148–151, 916
- D-Глукозо-1-фосфат 1/1126, 1131, 1132, 1135, 1156; 3/613, 615; 4/1242; 5/308
- D-Глукозо-6-фосфат 1/484, 1000, 1132, 1135, 1156; 2/364, 1211; 3/614–616, 625, 918–920; 4/1242; 5/284, 308, 347
- Глукозо-6-фосфатаза 1/1098; 5/242
- Глукозо-6-фосфатдегидрогеназа 1/1153; 3/469, 471, 918, 921
- Глукозо-6-фосфатизомераза 2/364
- Глукозоизомераза 1/554; 3/157
- Глукозо-фруктовые сиропы 2/464, 539
- β-Глукозозахарининовая кислота 4/904
- Глукокортикоиды 2/957–960; 4/517, 862, 863
- Глукоманнаны 1/1006; 2/1278; 4/34
- Глукоанат 3/613
- D-Глукоанат-6-фосфат 3/615, 616
- Глукогенез 1/1155, 556, 1142, 1154, 1156, 1173; 3/198, 270, 614, 617, 623, 811, 920, 1083; 5/270, 1015. См. также *Гликолиз*
- Глуконовая кислота 1/1101, 1154, 1155; 2/989, 1164; 3/613, 877; 4/1109; 5/39, 148
- δ-Глуконолактан 1/1155
- Глуконы 1/1130
- β-Глукопиранозиды 1/1128
- D-Глукопиранозил-D-глюкозы 2/1144; 3/747

- $\alpha$ -D-Глюкопиранозил- $\alpha$ -D-глюкопиранозид 3/747  
 O- $\alpha$ -D-Глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-O- $\alpha$ -D-глюкопиранозил-(1 $\rightarrow$ 4)-D-глюкоза 3/747  
 $\alpha$ -D-Глюкопиранозил- $\beta$ -D-фруктофуранозид 4/581, 582  
 Глюкопиранозы 1/1154, 1155; 2/30, 31, 987, 1144; 3/266, 749; 5/607  
 $\alpha$ , $\beta$ -D-Глюкофуранозы 1/1154, 1155; 3/266  
 Глюкохолестерины 5/589  
 Глюкоцереброзиды 5/693  
 D-Глюкуронат 3/615, 616  
 Глюкуронатредуктаза 1/745  
 Глюкуронидазы 1/551  
 Глюкуронидазы 1/325  
 Глюкуроновая кислота 1/300, 301, 745, 1022, 1154; 2/959, 1163; 3/286; 4/35, 36, 215, 1171; 5/37, 92, 93, 109, 971  
 D-Глюкуроно-1-фосфат 3/615, 616  
 Глютенны 4/190, 191  
 Глютиновые клеи 2/799, 802  
 Глюцитол 4/769  
 Гмелина реакция 2/279  
 Гниение 2/767, 1149, 1169; 3/1169  
 Говяжий жир 2/85, 303, 304, 307-309; 3/302, 395, 730; 5/1005  
 Годемара реакция 4/513  
 Годлевскит 3/486  
 Голея уравнение 2/608, 609  
 Голография 2/49; 5/320, 327-329, 475  
 Голтвик 1/1033  
 Голубые красители и пигменты  
   метиленовый 5/146  
   толуленовый 2/438  
   фталонациновые 2/330, 1003; 4/673; 5/382, 385  
   цианал 43 5/700  
 Гольдванского-Карягина эффект 3/68  
 Гольде «горячий способ» 1/398  
 Гольдман аппарат 1/1140  
   комплекс 3/198  
 Гольдмана приближение 3/48  
 Гольдшмидта закон 2/789  
   правило 2/370; 4/1004; 5/99  
 Голье 2/835, 836  
 Гольмий 1/1156; 5/937  
   алюминиевый гранат 2/222  
   галлиевый борат 2/222  
   нитрат 1/1157  
   оксиды 1/1157; 4/1057  
   определение 5/436  
   органические соединения 2/1147  
   ортованадат 1/672  
   получение 1/1157  
   примесие 1/1157, 1185; 2/547  
   свойства 3/957, 958, 1093; 4/432-434; 5/164  
   фторид 1/1157  
   хлориды 1/1157; 4/437  
   цианид 5/703  
 Гомберга реакция 1/1157, 1158; 2/73, 75  
 Гомберга-Бахмана реакция 1/1157, 1158  
 Гомберга-Бахмана-Хей реакция 1/1157, 1158; 2/17; 3/1045; 4/62, 1157  
 Гомоадамантаны 1/606  
 Гомоазетропы 1/67  
 Гомооксиды 3/617, 618  
 Гомоаллильные соединения 1/177, 183, 184  
 Гомоарифинные алкалоиды 5/120  
 Гомоароматичность 1/378  
 Гомобезол 1/378  
 Гомоэратриламидгидрохлорид 2/222  
 Гомоенизация  
   жидкостей 2/146  
   швастичных смазок 3/1127  
   сплавов 2/201  
 Гомогенная инакляция, см. Аэрозоли  
 Гомогенно-гетерогенный катализ 2/663  
 Гомогенности область, см. Нестехиометрия  
 Гомогенные реакции (процессы) 1/1158; 4/415; 5/465. См. также Гомогенные системы  
   алкилирование 2/380  
   газификация твердых топлив 1/881  
   газофазные 1/1158; 2/850, 851  
   гидрирование 2/670; 3/84, 737  
   гидролиз 2/340  
   горение 1/1169, 1170  
   детонация 2/46, 67  
   днемовый синтез 2/101, 102  
   и реология 4/487  
   и эффект клетки 2/810, 811  
   изотопный обмен 2/387, 388  
   каталитические 1/1158-1161; 2/688-691, 756, 757; 5/333, 712, 713. См. также Гомогенный катализ  
   кинетики 2/759, 897, 898, 1259, 1260; 4/164, 165  
   колебательные 2/850, 851  
   конденсация 3/804  
   - в объеме пара 2/890-892  
   механизмы 3/140-143  
   окисление 1/1158; 2/757  
   отверждение 3/839  
   полноконденсация 5/275  
   полнимеризация 3/1198, 1199, 1232; 5/571, 729-731. См. также Гомополиконденсация, Гомополимеризация, Гомополимеры  
   растворители 4/360  
   эпитаксия 5/958  
 Гомогенные системы 1/1158, 1049, 1126; 4/272. См. также Гомогенные реакции (процессы), Гомогенный катализ  
   диаграммы состояния 2/55, 57, 61  
   зарождение новой фазы 2/316-320  
   и лиофибность 2/1183  
   коллоидные, см. Дисперсные системы, Коллоидные системы  
   координационные, см. Гомодесмические кристаллы  
   критическое состояние 2/1074, 1076, 1077  
   макро- и микрокомпоненты 2/1254  
   расслоение 1/1216  
   растворы, см. Растворы, Реакции в растворах  
 Гомогенный катализ 1/1158, 392, 1159-1161; 2/661, 663, 665, 666, 670, 688-691, 921; 4/416; 5/179. См. также Гомогенные реакции (процессы), Гомогенные системы  
   асимметрический 1/392  
   кислотно-основной 2/692, 770-774  
   кластерный 2/797  
   металлокомплексный 1/1160, 1161; 2/797, 921; 3/77-80; 5/365  
   окислительно-восстановительный 3/665-667  
   гомогентезиновая кислота 3/627  
   гомогентизат 3/617, 618  
   гомолитканы 4/34  
   гомодесмические кристаллы 2/1055, 1056  
   ковалентные 2/832, 833  
   минералы 3/164  
   полупроводники 4/105  
   гомодетные пептиды 3/930, 934  
   гомо-днемовый синтез 2/101, 102  
   гомозопреонды 3/617, 618, 622  
   гомозондират 3/617, 618  
   гомозоконденсация 3/804  
   гомолитгандные соединения 2/373, 374, 641  
   гомолиты 1/491, 1060, 1162, 1182; 2/830, 874; 3/760, 976, 1056. См. также Гомолитические реакции  
   гомолитические реакции 1/1162, 140, 1060, 1158; 2/965, 1021; 3/762, 763; 4/415; 5/311. См. также Гомолит бензилирование 3/1043  
   бимолекулярные 2/831  
   галогенирование 1/954  
   гидрогалогенирование 1/1084  
   дезаминирование 2/17, 379  
   деструкция полимеров 2/39  
   заместительные 1/140; 2/313, 314, 831, 1021, 1251, 1252  
   и давление 1/1217  
   кинетика 2/898  
   металепсия 1/952, 953, 1162  
   нитрование 3/530  
   окислительно-восстановительные 3/665  
   по Коупу 2/966  
   по Меервейну 3/10  
   по Пашорру 4/278, 279  
   присоединительные 1/1084; 2/746; 4/176  
   радикальные 1/1162; 2/313, 314. См. также Радикальная полимеризация  
   теломеризация 4/1027  
   термохимические 2/465, 466; 3/346  
   фосфорилирование 5/295  
   фотохимические 5/353, 355, 356  
   цепные 1/1162; 2/313. См. также Цепные реакции  
   гомологи 1/1162, 1163  
   гомологизация 1/1162, 370, 371, 1163  
   гомологическая разница 1/1163  
   гомологический ряд 1/1163; 3/573, 785, 1093, 1160; 5/622  
   гомомевалонат 3/617, 618, 622  
   гомомевальдат 3/617, 618  
   гомомерные пептиды 3/924-926, 930  
   гомомолекулярные кристаллы 3/226  
   гомоморфизм 2/1068  
   гомоморфинданиеновые соединения 2/1068; 5/119  
   гомоморфинаны 3/274-276  
   гомомолносахариды 3/746, 747  
   D-(+)-Гомопантотеиновая кислота 3/578  
   гомополиаминокислоты 3/934  
   гомополикарбонат 3/1251-1253  
   гомополиконденсация 3/1254; 4/44  
   гомополимеризация 1/858; 2/1267, 1272; 3/1265, 1269; 4/28, 54, 64, 734. См. также Гомополимеры  
   ионная 2/284  
   координационная 2/921  
   радикальная 2/284  
   гомополимеры 1/995; 2/708, 809, 1324, 1325; 3/123, 984, 1251-1254, 1258, 1268; 4/166-168, 763, 765, 766, 1087; 5/203, 204, 341, 398. См. также Гомополимеризация  
   гомополисахариды 1/323; 4/34  
   гомополифосфазены 4/65, 66  
   гомопроалорфинные алкалоиды 5/120  
   гомосерин 1/39, 479; 3/133, 619, 620; 4/1248  
   гомосопряжение 4/766  
   гомотопия 4/1211-1213, 1215  
   гомотопомеризация 4/1215  
   гомотриптамнины 5/197  
   гомоферментативное брожение 1/609  
   гомифталевая кислота 2/439; 5/379, 380  
   гомохронность, число 3/1184  
   гомощепные полимеры 1/858  
   кремнийорганические 2/1015, 1016  
   неорганические 3/419  
   пленкообразователи 3/1139  
   трис-Гомоциклопропенил-катион 1/378  
   гомощипенн 1/39, 741; 2/970, 1194; 3/133, 619, 620, 624; 4/1241; 5/767  
   гомощипенисульфат 1/1150  
   гомощипитрат 3/617, 618  
   гомощипитаксиальные пленки 4/112, 113  
   гомощипитриновые алкалоиды 5/120, 969, 970  
   гомощиполиберин 1/1163, 1164; 5/218  
   гомощипотропин(ы) 1/1163, 1164; 4/1169, 1172  
   хоронических 5/605, 218, 606  
   Гонан 4/864  
   Гониатоксины 5/1047, 1048  
   Гониометрия 2/1065  
   Гонан 3/379, 380  
   Гопент 5/251, 749  
   Гопкалит 1/885, 903; 2/672, 1291  
   Горденины 4/191  
   Горди метод 5/897  
   Горелка(и)  
   ацетиленовая 1/408  
   Бузена 1/468  
   пожарные для выпаривания 1/851, 852  
   Горение 1/1164, 1050, 1065-1171; 2/36, 102, 767; 5/508, 692  
   безгазовое 4/575  
   внутриластовое 1/882, 1171  
   газофазное 4/574  
   гетерогенное 1/1170, 1171; 4/575  
   гомогенное 1/1169, 1170  
   диффузионное 1/1165, 1167-1169; 2/192  
   и детонация 1/705; 2/46, 47. См. также Взрыв, Взрывоопасность, Взрывчатые вещества  
   и отгизация 3/646  
   и отгизация 3/647  
   и пиротехнические источники газов 3/1075  
   и самонагревание, см. Самовозгорание  
   и самоорганизация 4/574  
   и флюкцион 3/412  
   и химические реакции 2/625; 3/415, 421, 509, 648; 4/414  
   ингибиторы 2/432, 433; 3/648, 649  
   начальная стадия, см. Воспламенение  
   объемное 1/1165, 1166  
   пламенное 4/571, 575  
   порохов 1/705; 4/134, 135  
   прекращение, см. Отгизация, Вещества и составы  
   регуляторы 4/1185  
   с самоускорением 1/18  
   самораспространяющийся высоко-температурный синтез 4/574  
   сигнальные составы 4/668  
   спинное 1/1169, 1171  
   тепловое 1/1164  
   фильтрационное 4/575  
   флетматизаторы 5/550  
   цепное 1/1164; 4/432, 433, 755  
   Гормон(ы) 1/1171, 38, 1172; 4/758, 759, 1092; 5/151  
   адреналин 1/48  
   адренокортикотропин 1/50, 39, 51; 2/959  
   аминокислотные 1/1171-1173  
   анаболические 4/511  
   антидиуретические 1/660, 661  
   белково-пептидные 1/472  
   белковые 1/471; 3/1134, 1135; 4/189, 190, 758, 759  
   гипофиза 2/1228, 1229; 3/37  
   глюкагон 1/1154, 39  
   желтого тела, см. Гестагены  
   инсулин, см. Инсулин  
   как инсектициды 3/994  
   как регуляторы гликолиза 1/1136  
   - - метаболизма 3/626  
   катехоламины 2/695



- лактогенный 4/189, 190  
лактотропный 4/189, 190  
липотропный 2/1200, 1201  
лютеинизирующий 2/1228, 1229;  
1/39, 1163, 1172, 1173; 3/401;  
4/653, 1169; 5/218, 605, 606  
мамотропный 4/189, 190  
медиаторы 3/626  
меланоцитстимулирующий 3/37, 36,  
400; 2/1200  
меченые 4/517  
парастероидные 1/747  
паратиреоидные 1/1156; 3/883, 884  
пептидо-белковые 1/470  
пептидные, см. *Пептидные гормоны*  
половые 1/1164, 1171–1173; 3/786;  
4/517; 5/589  
противоопухольные 4/236  
растений, см. *Фитогормоны*  
роста 1/553, 1026; 2/695; 3/212;  
4/189, 757–759, 1001  
соматотропный 2/695; 3/578;  
4/757–759  
стероидные, см. *Стероидные гормо-  
ны*  
тмуса 1/1173, 1174; 3/400, 934  
тиреотропный 4/1169, 516, 758,  
1170, 1172; 1/39, 340; 2/1228;  
5/218, 606  
тканевые 2/759, 760  
фолликулостимулирующий 5/217,  
218, 605; 1/1163, 1172; 2/1228;  
3/401; 4/1169  
щитовидной железы, см. *Тироксин*  
эстрогениные, см. *Эстрогены*  
ювенильные 2/378, 474, 787; 3/622;  
5/1014
- Горнохимическое сырье 1/1174, 1175;  
3/406, 1193, 1197. См. также *Полез-  
ные ископаемые, Руды*
- Горные породы 4/560, 561, 674, 680.  
См. также *Минералы*  
возраст, метод определения  
калий-аргоновый 2/562  
рениво-осмевый 4/467  
как дисперсные системы 2/156  
кислотоупорные 2/776  
осадочные 2/349  
отбеливающие земли 3/837, 838  
петрохимия 3/996, 997
- Горный воск 1/339, 565, 825–827;  
4/101
- Горный хрусталь 2/222, 776, 1027,  
1028, 1064; 3/167; 4/834
- Горчичные масла 4/167, 172, 377–381,  
383, 1166–1169
- Горькая соль, см. *Эпсомит*
- Горэтекс 5/389
- Горючесть 1/1175, 838, 1176, 1177. См.  
также *Антипирены*  
и огнестойкость конструкций 3/646,  
647, 1119, 1187, 1252  
и распространение пламени 3/1187
- Горючие ископаемые 1/553, 554  
газы, см. *Газы природные горючие*  
твердые, см. *Горючие сланцы, Ка-  
устобиолиты*
- Горючие сланцы 1/1177, 1178; 2/341,  
703, 1004, 1215; 3/450, 451, 1054,  
1193; 4/701–703, 1210; 5/42  
газификация 1/878, 881  
гидрогенезация 4/526  
обогащение 3/631  
полухлорирование 1/1177; 2/964, 965;  
4/100, 101
- Горячие квантовые переходы 2/853
- Горячие покрытия 2/950
- Горячие частицы  
атомы 1/1178, 1179; 2/217, 385, 528,  
532; 3/148; 5/1016  
радиоактивные 4/318, 319, 332, 337
- Госспол 4/381; 5/551
- Госфацид 2/342
- Гофмана  
перегруппировка 1/230, 469, 1179;  
2/83, 405, 416, 1213; 3/1029,  
1030; 4/610; 5/380, 785  
правило 1/1180; 4/425; 5/939  
расщепление амидов 1/279, 1179;  
5/947  
реакции 1/1179, 187, 261, 272, 285,  
348, 989, 1075, 1180, 1181; 2/17,  
82, 1107; 3/107, 276, 523, 739, 765,  
1031, 1032, 1195; 4/610, 895;  
5/88, 277, 557, 733, 744, 758, 939,  
979
- Гофмана–Лёффлера реакция 1/1181;  
3/1080; 5/714
- Гофмана–Лёффлера–Фрайтага реакция  
1/1181
- Гофмейстера ряды 2/1181
- Гохштейна метод 5/845
- Гравий 1/544; 3/636
- Гравиметрия 1/1182, 54, 112; 2/35, 36,  
445, 553, 562, 580, 654, 856, 871;  
2/988, 1009, 1104, 1202, 1235; 3/8,  
62, 161, 245, 306, 349, 447, 487, 492,  
512, 713, 819, 1134; 4/159, 395, 396,  
467, 550, 557, 615, 640, 876, 945, 975,  
982, 1021, 1056, 1126, 1174; 5/77,  
284, 489, 497, 659, 722, 723, 750, 762,  
933  
метод Коршун–Климовой 2/960  
термоустойчивых веществ, см.  
*Термографиметрия*
- электродная, см. *Электрограимет-  
рия*
- Гравитационные аппараты  
капелюлвентели 2/613  
классификаторы 2/790  
пылеуловители 4/285  
сепараторы 1/931  
флотаторы 5/206  
экстракторы 5/830, 831
- Гравитационные процессы  
обогащение 3/631–633; 4/545  
осаждение 4/282, 285
- Градан 3/776
- Градиентные материалы  
оптические 3/776, 777  
покрытия 2/1130  
радиопоглощающие 4/332
- Градиенты  
давления 3/38–40  
и коагуляция аэрозолей 1/448  
и хроматография 5/426, 625–628  
и аллюирование 2/298; 5/426  
концентрации 1/560, 561; 2/1299–  
1307; 3/38, 42, 43, 947–949  
температуры 5/625–628  
электрического потенциала 3/38, 41
- Градирион 1/1183, 773, 905; 2/881
- Градуировочный график, метод 5/173
- Градусы  
жесткости воды 2/282  
Кетстоффера 2/306
- Грауанотоксины 5/1054
- Гракаукаса реакция 1/1184
- Грален 5/49
- Грамицидины 1/560; 2/523, 1158;  
3/671, 809, 924–927; 5/1, 121
- Граммоналы 1/280
- Граммониты 1/221, 280
- Грамм-эквивалент 5/803
- Грамоксон 1/1032
- Гранаты  
природные 1/587; 2/1064, 1072,  
1240, 1243; 4/438, 675, 680, 681  
синтетические 1/1184, 875, 876;  
2/223, 371, 547; 3/777; 4/712;  
5/24, 162–164, 633  
– гадолиновые 1/1185; 2/222  
– германевые 1/1035  
– иттербиевые 1/1184, 1185  
– иттриевые 1/1184, 1185; 2/222,  
1072, 1119, 1123, 1124; 3/256,  
410; 5/163
- Грандаксины 4/1225, 1226
- Грандлур 1/415
- Граниты и гранитоиды 2/327, 1027;  
4/561, 1039
- Граничные орбитали, теория 1/1185,  
843, 1186; 2/281, 282, 362, 363, 779;  
3/82, 236, 783, 787, 788, 964; 4/419,  
744; 5/643, 646
- Гранозан 4/247, 554
- Гранулирование 1/1187, 1188, 1189;  
2/339, 340, 670, 707, 870; 3/144, 172,  
520, 993, 1120; 4/265, 293, 953, 967,  
974; 5/62, 144. См. также *Грануло-  
метрический состав материалов*
- Гранулиты 1/221, 280, 282; 2/131;  
4/731
- Гранулометрический состав материа-  
лов 1/686, 1187; 2/350, 351, 789;  
3/1009, 1012; 4/179, 709, 710. См.  
также *Грохочение, Классификация,  
Ситовой анализ*
- Гранулярность фотоматериалов 5/317,  
321, 322
- Грасофа число 2/1301; 4/1047
- Грассмана  
диаграммы 5/807, 808, 810  
закон 5/652
- Графаллой 1/1192
- Графит 5/49
- Графит 1/1189, 188, 344, 345, 408, 409,  
810, 1190–1192, 1194, 1215; 2/354,  
767, 838, 879, 1029, 1056, 1319;  
3/240, 406, 419, 420; 4/73, 499, 500,  
636, 1126, 1155, 1193, 1207, 1221;  
4/141, 333, 654, 725, 755, 821, 857;  
1039, 1247; 5/42, 43, 103, 208, 413,  
503, 553, 664, 854, 901, 903, 904, 909,  
936. См. также *Графитизация*  
влияния 1/1  
африкарионный 5/39  
взрывчатые смеси  
волокна 3/329  
гидросульфат 1/1193, 1194  
дисперсии 4/172  
н алмаз 3/164  
интеркалатный 2/477  
как адсорбент 1/884; 2/863  
как антистатик 1/339  
как антифрикционная добавка  
2/601  
как замедлитель нейтронов 3/401  
как наполнитель 1/2; 2/800, 868,  
878, 879; 3/327, 328, 646, 913,  
1116; 5/134, 143, 371  
как носитель 2/677  
как полуметалл 4/101, 102  
как полупроводник 4/108  
как присадка 3/277  
как радиопоглощающий материал  
4/332  
как средство пожаротушения 3/648,  
649  
как твердая смазка 4/1007, 1008  
кластерный 2/797, 798  
метеоритный 2/962  
механическая активация 3/146  
обогащение 5/205  
огнеупорный 3/649, 650  
полиморфизм 3/147; 4/23  
радиационная стойкость 4/291  
рекристаллизованный 5/40  
силицированный 5/40  
склеивание 2/800  
соединения 1/1193, 1191, 1194;  
2/560; 3/348, 895, 1216; 4/814;  
5/43, 387–390. См. также *Графи-  
топласты, Углеграфитовые ма-  
териалы*  
сплавы 2/255–257, 271; 3/243, 246;  
4/809  
фторированный 1/343, 973  
хлопьевидный 2/256, 257  
шаровидный 2/548, 948  
электродный 2/950
- эрознонстойкий 5/39
- Графитизация 2/256, 257, 839; 4/16;  
5/40, 47
- Графитопласты 1/1194, 334, 1192,  
1195, 1196; 3/327, 1119; 5/143, 908,  
910
- Графозпитаксия 5/958
- Графы, теория 1/1196, 1197–1202;  
2/539; 3/322; 4/1214
- Гребе–Ульмана реакция 2/618, 636
- Гребковые сушилки 4/964, 965
- Гребиеобразные полимеры 2/289,  
1266, 1267
- Гремучие соединения (смеси)  
газ 3/824  
золото 2/335  
кислота 3/572  
ртуть 1/1202, 706; 2/466, 467; 4/549,  
603  
серебро 2/365  
студень, см. *Динамиты*
- Греш–Хартли деградация 5/801
- Грибы  
продуценты целлюлазы 5/662  
мутантные штаммы 3/155  
прыгающие гены 3/149–152  
токсины, см. *Микотоксины*
- Гризелимцин 3/924, 925
- Гризеофиллани 1/1202, 321; 4/227,  
800; 5/417
- Гризунен 4/87
- Гриламид 3/1210
- Грилен 4/90
- Гриная лампа 4/777
- Гринаяльбит 5/616
- Гримма правило 4/762
- Гринокист 2/222, 551, 558
- Гриньяра реактивы 1/74, 150, 198, 199,  
210, 366, 457, 496, 518, 532, 616, 740,  
758, 869, 947, 1202–1205; 2/418,  
439, 618, 642, 651, 673, 747, 874,  
1024, 1139, 1147, 1148, 1203, 1235–  
1237; 3/80, 108, 347, 540, 554, 556,  
700, 762, 795, 800, 801, 816, 1026,  
1078, 1227; 4/43, 620, 803, 918, 1133,  
1156, 1167, 1201, 1253; 5/93, 94, 224,  
225, 280, 432, 699, 757, 939, 998,  
1010. См. также *Гриньяра реакция,  
Иоцича реакция*
- Гриньяра реакция 1/202, 392, 534,  
1203–1205; 2/416, 533, 1148; 3/80,  
350, 791; 4/62; 5/406, 973. См. так-  
же *Гриньяра реактив, Иоцича ре-  
акция*
- Грисса реактив 4/394
- Гриффитса  
критерий 4/489  
уравнение 4/251
- Грицин 1/1202
- Гришкевича–Трохимовского–Мак-  
Комби реакция 3/938
- Гроба фрагментация 5/365
- Гроттуса закон 5/357
- Грутит 2/1290
- Грохоты, см. *Грохочение*
- Грохочение 1/1205, 707, 1206, 1207;  
2/351, 790; 3/144, 630, 637; 4/182,  
636, 709
- Грубодисперсные системы 2/152
- Групопробные манометры 2/1281–  
1283
- Грунт(ы) 3/288. См. также *Грунтовок-  
и адгезионные 4/716*  
биологически активный АМБ  
1/451, 452  
для кронов 2/1079  
как дисперсные системы 2/156  
как шпатлевка 2/1129  
коррозионная активность 3/1179,  
1180  
парниковый 4/1223  
песчаный, дилатансия 2/111  
структурообразование 4/20  
торфяной 4/1223

- укрепление 4/834  
эмульсионные 4/383
- Грунтовок 1/1207, 153, 773, 790, 1208; 2/269, 354, 1015, 1128, 1129; 3/991, 1010, 1012, 1139, 1140, 1224; 4/92; 5/73, 134, 787, 1006. См. также *Грунты*
- Групповой анализ нефтей 3/458–465  
Групповые уравнения состояния 5/72  
Групповые частоты колебаний молекул 2/854  
Групповых разложений метод 4/828  
Грушевая эссенция 2/359  
Грэма соль 3/367  
Грюнайзена правило 3/98  
Грюнвальда–Уинштейна уравнение 2/942
- ГТФ, см. *Гуаноэнтрифосфат*
- Гуазатин 1/342; 4/247, 494; 5/421  
Гуанамино-формальдегидные смолы 1/1209, 517; 3/282  
Гуанамины 1/1209; 2/205; 3/35, 282  
Гуанетидин 3/725; 4/694  
Гуанид Ф 2/183  
Гуанидин 1/1209, 379, 453, 566, 647, 968, 1210; 2/205, 402, 1004, 1084, 1275; 3/34, 280, 433, 646, 1050, 1115, 1239; 4/568, 694, 695; 5/799, 1013  
Гуанидиний-катионы 1/1209; 5/248  
Гуанидинийхлорид 1/478; 4/215; 5/817  
бис-(8-Гуанидиннооктил)амин 1/342  
N-(2-Гуанидинноэтил)азадиноклоктансульфат 3/724  
Гуанизол 4/1254  
Гуанилатциклаза 2/1169; 4/516, 538  
Гуанильмочевина 2/205  
Гуаниловая кислота 2/1323; 3/156, 1090  
Гуанин 1/1012, 1013; 2/604, 877, 966; 3/297, 300, 585–588, 619, 620; 4/492, 522; 5/216, 217. См. также *Пуриновые основания*
- Гуано 1/1210; 2/498; 3/279  
Гуаноин 1/1211; 3/173; 4/493, 519, 811. См. также *Нуклеозиды*
- Гуаноэнтрифосфат 1/39, 1155, 1156, 1211; 4/516, 538, 1259; 5/270, 412  
Гуаноэтин-5'-дифосфат-3'-дифосфат 1/1210, 1211  
Гуаноэтининофосфаты 3/595; 4/516, 538; 5/270  
5'-Гуаноэтинпентафосфат 1/1211  
Гуаноэтинспецифический фермент 4/518  
Гуаноэнтрифосфат 1/1210, 1211  
Гуаноэнтрифосфат 1/38, 39, 1155, 1156, 1169; 3/624; 4/516, 1211, 1229, 1259, 1261; 5/214, 270, 412  
Гуаноэтин-5'-трифосфат-3'-дифосфат 1/1211  
Гуаноэнтрифосфат-оксалоацетат-карбоксилаза 5/270, 271  
Гуанфацин 1/1119, 1120  
Гуаран 2/1278  
Гуашевые краски 2/799  
Губена–Хёша реакция 5/449  
Губчатые материалы 2/1149; 4/131, 132  
железо 2/252, 263, 273, 569  
из плазмы крови 1/321  
кадмий 2/553  
крица 4/138  
латексные 4/129  
осмиевые 3/825  
палладиевые 3/1133  
пенлопаст 2/328  
платиновые 3/1129, 1133  
протоиные 2/82  
радиевые 4/533, 534  
резины 1/566, 1069; 2/112, 1192; 4/129, 130; 5/730  
рутеиновые 4/563  
титановые 3/1069; 4/1174, 1179
- цирконовые 5/762, 766  
Гуттенгейма теория 4/368  
Гудлоу насадки 3/338  
Гудрон(ы) 1/1211, 565, 727, 1106, 1212; 2/6, 32, 166–169, 844, 1251; 3/442, 443, 446, 458, 459, 472, 864, 1245; 4/1059, 1060  
газификация 1/877  
кислые 4/649, 928  
очистка 3/466. См. также *Деасфальтизация*  
– дуосол-процесс 4/612  
терминский крекинг, см. *Висбрекинг*
- Гука закон 1/1212; 2/54; 3/145, 219; 4/484, 486, 847, 994  
D-Гулоза 3/264  
L-Гулолат 3/615, 616  
D-Гулоновая кислота 1/744–746  
D-Гулонолактон 1/746  
L-Гулонолактоноксидлаза 1/746  
L-Гулуруновая кислота 1/192; 4/36; 5/93  
Гульдберга–Вааге закон 3/413; 5/509  
Гуматы 1/1212  
Гумбрин 3/838  
Гуминовые кислоты 1/1212, 626; 2/995; 3/789; 4/1223; 5/140, 204  
Гумины 1/626  
Гумито-сапропелитовые сланцы 1/1177  
Гумиты 2/703; 4/579  
торф, см. *Торф*  
угли, см. *Антрацит*, *Бурые угли*, *Каменные угли*, *Угли*
- Гумификация 1/1212  
Гуминарабик 2/799, 819; 3/1088; 4/555; 5/128  
Гумирование 1/1213; 5/799  
Гумулан 4/660  
α-Гумулен 4/659, 660  
Гумус 1/1212; 3/457, 1179  
Гумусовые кислоты 1/1212  
Гурдинамиты 2/126  
Гуроно–Видала правила 5/71  
Гутеротин 3/596  
Гутта 1/453, 1213  
Гуттаперча 1/1213, 453, 858; 2/378; 3/407; 4/849  
Гутчайта метод 3/306  
Гухмана число 3/1184  
ГХЦГ, см. *Гексахлорциклогексан*  
Гюберит 1/811  
Гюш–Стодоли уравнение 5/809
- ## Д
- 2,4-Д, гербицид 1/416, 956, 1027, 1028, 1034; 3/994; 5/585–587  
Давление 1/1214; 3/882, 883; 4/2–6, 14–16  
барометрическое 2/761  
в критическом состоянии 2/1074–1077  
взрыва 2/47; 3/1187  
высокое, создание 1/1219, 1220  
газов 1/1215, 1216, 1219. См. также *Дальтона законы*  
гидростатическое 3/830  
звукового излучения 2/491; 5/61  
знакопеременное 2/491  
и вязкость 1/872  
и коинформационное равновесие 2/913  
и критерии подобия 3/1183–1185  
и литье, см. *Литье под давлением*  
и плотность 3/1145  
и полиморфизм 3/147  
и растворимость 4/356, 357. См. также *Генри закон*  
и сжимаемость 4/663, 664
- и температура 2/788, 789; 3/1092; 4/1014, 1015  
и термодинамическое равновесие 2/1168  
и фазовые переходы 5/97–103  
и фильтрование 5/187, 189–194  
и экстрагирование 5/823  
и электролиз 5/855  
и энергия Гиббса 4/1071  
и энтальпия 4/1071  
измерение 1/661; 2/1280, 1281, 1283, 1284; 4/1032, 1033, 1081  
капиллярное 2/607, 608, 611, 612; 3/1170, 1171, 1174  
коэффициент кинетический 4/1067  
– термический 5/69  
мембранные разделители 2/1281–1283  
мономолекулярного слоя 3/260, 261  
общее, изотермы 1/66  
опорное 1/661  
осмотическое 2/181, 293; 3/39, 40, 826–830; 4/366, 372, 373; 5/465, 499, 857  
остаточные, см. *Вакуум*, *Вакуум-метры*, *Вакуум-насосы*  
паров и изотопный обмен 2/388  
– – кривизна поверхности 3/1172, 1174  
– над раствором 2/1317; 5/175, 499. См. также *Рауля закон*, *Тензиметрия*  
– нефтепродуктов 3/446  
плоское 3/260, 261  
повышенное 2/881; 3/420. См. также *Ударных труб метод*  
приведенное 4/762, 763  
радиационное 2/491; 5/61  
расклинцованное 4/344, 345, 729, 1206, 1207; 2/859; 3/1174  
скачок, метод 3/141; 4/818; 5/156  
тургор 3/830  
Давсонит 1/956  
Дайлса кислота 3/386  
Дайамирон 3/1139  
Дайналжен 4/203, 204  
Дайнел 1/725  
Дайфлон 5/403  
Дакрил 4/22  
Дакрон 4/87–91  
Дактал 1/1028, 1029  
Дактар 4/228, 229  
Дактиномицин 1/134, 135; 4/235  
Далапон 1/1027; 5/583  
Дальний порядок 5/515  
в жидкостях 2/300  
в квазикристаллах 2/714  
Дальтона законы 1/1121; 3/413; 5/508  
Дальтониды 3/434; 4/150; 5/515  
Дая кислота 3/382  
ДАМ, см. *Диалкилпириметан*  
Даминозид 4/429  
Дамкёлера число 2/1256, 1259–1261; 3/1100, 1101  
Даммара 4/739  
Данбурит 1/587  
Даниеля–Якоби элемент 1/1221; 5/489, 919  
Данкверта теория 2/1303  
Данлай 4/30, 31  
Дансил-белки 5/801  
Дансилпептид 1/476, 479  
Дансилхлорид 1/476; 5/801  
Дансильный метод 1/476  
Дарзана реакция 1/1221, 198, 941, 956, 1148, 1149, 1222; 2/647, 745; 3/732  
Дарси закон 1/1106; 2/1257; 5/183  
Дарси–Вейсбаха закон (уравнение) 1/1105, 1106; 5/674  
Дативная связь 1/432; 2/919, 927; 3/82, 83, 735  
Датистин 2/873  
Датолит 1/587
- Датчики 1/754  
бесшкальные давления 2/1280, 1281, 1283, 1284  
Холла 1/1039; 2/452, 453; 3/501; 4/619  
Даунозамин 1/357  
Дауномицин 1/356  
Даутер 1/567; 2/185; 3/1017; 4/1050  
Дауэкс-50 3/57  
Дафнилактоны 1/144  
Дафнифиллины 1/144  
Даффа реакция 2/1; 1/199, 990; 3/689; 4/570; 5/224  
Движение, термодинамические уравнения 4/1067  
Движущая сила  
общая веществ 3/624  
процессов 2/1299–1307; 3/38–43, 53, 421, 422; 4/452, 1063; 5/183, 496, 820, 825  
Двойная связь 1/173; 2/376, 630, 633, 646, 740, 983, 984, 1086, 1102–1104, 1109, 1110, 1156, 1157; 3/395, 397, 658, 661, 737, 785, 787, 1242, 1243; 4/511; 5/413–415, 439, 542, 570, 767, 961. См. также *Кратные связи*  
Двойное лучепреломление 2/292, 739, 852; 4/125; 5/539  
Двойной магнитный резонанс 2/1239; 4/304, 795; 5/892, 893, 1028  
Двойной суперфосфат 1/587; 2/590, 829; 3/4, 172; 4/940–942; 5/306, 756  
Двойной электрический слой 2/1, 2–4, 155, 156, 200, 331, 332, 408, 429, 816, 817, 859; 1/60, 560; 3/1173; 4/128, 153, 154, 344, 345, 952; 5/59, 105, 106, 466, 639, 829, 839, 840, 845, 846, 848–850, 898, 910, 914, 922–925  
Двойные системы. См. также *Многокомпонентные системы*, *Растворы*  
азеотропные 1/66–68  
диффузия 2/197–200  
законы Коновалова 2/899  
как твердые растворы 2/1002, 1004, 1039  
критическое состояние 2/1072–1077  
парциальные молярные величины 3/886, 887  
полупроводники 4/102–118  
разделение, см. *Разделение*  
распределение, коэффициент 2/942  
соединения, см. *Двойные соединения*  
составы 3/188  
фазовые диаграммы 2/57–63, 1039; 5/97–101  
Двойные соединения  
братья 2/222  
гидрососолы 5/752  
кальция-алюминия 2/582  
карбонаты 2/637  
молибдаты 3/241  
номенклатура 3/575, 576  
оксиды 2/580, 662, 1278; 3/698  
соли(ы) 4/745, 746; 5/249, 251, 252. См. также индивидуальные представители  
– Мора 2/264, 272  
сульфаты 2/562, 570, 582, 729–731, 1292; 4/904; 5/671, 754. См. также *Квасы*  
сульфиды 4/909, 911  
удобрения 2/869, 870; 3/172  
фосфаты 2/571; 5/249, 251, 252. См. также *Двойной суперфосфат*  
хлориды 2/572  
хроматы 5/631  
Двойные спирали  
актина 3/177  
ДНК 2/877, 1266; 3/586, 587, 593; 4/450–452, 493, 495–498  
Двадольные графы реакций 1/1199–1201

- Двумерная бумажная хроматография 1/625, 626
- Двухнейтронная радиоактивность 4/316
- Даупротонная радиоактивность 4/316
- Двухатомные молекулы. См. также *Молекулы*
- взаимодействия 3/16–20
- колебательные состояния 2/1310
- Двухквантовые реакции 2/4, 5, 728; 3/189; 5/357
- Двухкислотные основания 2/81
- Двухосновные кислоты 1/298, 971. См. также *Дикарбоновые кислоты*, *Карбоновые кислоты*
- ангидриды 3/280
- ароматические 3/279, 280
- эферы 2/110, 111
- Двухпризмные весы 1/685, 687, 688, 690, 691, 699, 700
- Двухтяжевые полимеры 2/1166
- Двуухаповочные клеи 4/443
- Двухцентровые молекулярные интегралы 3/223
- Двухцентровые связи 1/665–667; 2/918, 919, 983, 984, 1172; 3/73, 80
- Двухэлектронные интегралы 3/222
- Двухэлектронный перенос 1/1159
- ДД, фумигант 1/949; 3/405
- ДДБ, фумигант 3/405
- ДДВФ, инсектицид 2/472, 473; 5/416
- ДДТ 1/949; 2/469, 471, 473, 475, 1156; 3/304
- дихлоргидраза 2/1169
- Деаленирование 1/1152
- Деактиваторы металлов 2/103; 3/278; 4/174, 175, 400
- Деалкилирование 2/5, 6, 410, 678, 684; 1/599, 602, 1090; 3/81, 1046; 4/526
- Деалкоксикарбонилирование 2/647
- Деаминирование 2/395
- Деаминирование 2/16, 17. См. также *Деаминирование*
- Деариллирование 3/81
- Деароматизация 1/52; 2/738
- Деасфальтизация 2/6, 7, 32, 168, 678; 1/398, 991, 1106; 3/441–443; 4/611, 612, 650, 1059
- Деацилазы 3/879
- Деацилирование 2/1190
- Дебая
- закон 4/1039
- модель 3/66
- радиус экранирования 2/7; 3/1094, 1095; 4/374, 375
- температура 3/66, 1092; 4/997, 1039
- уровнение 2/208; 3/17; 4/297, 409
- Дебая–Фалькенгагена эффект 5/900
- Дебая–Хюккеля
- предельный закон 2/7
- теория 2/7; 1/127; 4/79, 187, 375, 376, 576; 5/858, 900, 923
- Дебензилирование 2/6
- Дебнера–Миллера реакция 2/8, 1081; 5/526
- Дебнера модификация 2/813
- Деборирование 1/596
- Дебос 2/37
- Дебризохи 4/694
- Дебромализиотоксин 5/1045
- Дебромирование 4/854
- Дебутилирование 2/6
- Деварда сплав 3/505, 518
- Девняки 4/459, 460, 774
- Девитрокеран 4/706
- Девариол 1/1029
- Дегазация 2/9, 10, 585; 3/363, 847; 5/501, 502, 557, 558, 588, 981
- в звуковых полях 5/59, 62
- жидкостей 1/773; 2/491
- зарина 2/315
- защитной одежды 2/325
- люнзита 2/1216
- табуна 4/972
- Дегалогенирование 2/10, 11, 69, 138, 741, 858; 1/947, 993; 3/105, 432, 739, 854, 986
- Дегелин 4/541, 854; 5/721
- Дегидратация 2/11, 36, 100, 106, 116, 118, 121, 211, 214, 246, 340, 373; 1/300, 1058, 1077, 1101; 3/119, 122, 202, 407, 739, 761, 1024, 1026, 1046; 4/648, 801, 802, 805, 940; 5/57, 291, 995
- в реакциях конденсации 2/888, 889
- внутримолекулярная 2/629
- и термический анализ 4/1057
- каталитическая 2/664, 889; 3/123, 515, 1081; 5/983
- кислотная 2/773
- межмолекулярная 2/11, 12, 629; 3/186, 187, 601
- по Зайцеву 2/310, 311
- по Мнцуобу 3/186, 187
- по Реформатскому 4/512, 513
- ретроиниолидевая 4/511
- самопроизвольная 3/986
- трансаннулярная 4/1227
- циклическая 1/568
- Дегидратовая кислота 1/337, 338; 2/102; 3/1088
- Дегидрирование 2/12, 8, 13, 27, 29, 211, 309, 375, 407, 419, 456, 684, 739, 747, 1005; 1/140, 684, 685, 1025, 1054, 1057, 1082; 3/122, 128, 449, 801; 4/193, 208, 740; 5/524, 978, 995. См. также *Дегидроенизация*
- катализаторы 2/670, 12, 23, 26, 100, 210, 216, 663, 665, 671, 678; 3/45, 46, 123, 324; 4/193, 803, 869, 1081; 5/127, 133, 222, 223, 332
- окислительное 2/642, 665, 747; 3/390; 4/869; 5/222, 223, 535, 735
- парафазное 5/127, 222, 223
- по Оплекауэру 3/767
- фотохимическое 5/332
- Дегидробензиновая кислота 2/283, 602; 4/741, 742
- Дегидролалин 3/472
- транс-Дегидроандростерон 2/68
- Дегидроароматизация 1/374, 684, 685; 2/12, 314
- Дегидро-Л-аскорбат 3/615, 616
- Дегидроаскорбиновая кислота 1/744
- Дегидробензолы 1/369, 433; 2/314, 752, 753; 3/350, 574, 604
- Дегидробромирование 2/206, 913
- Дегидровалерат 3/617, 618
- Дегидрогалогенирование 2/13, 14, 85, 94, 100, 121, 206, 246, 310, 311, 533, 630, 631, 741, 858, 913, 1139; 1/947, 993, 1085, 1146; 3/105, 202, 407, 739, 801, 831, 991, 1215, 1243, 1250; 4/804, 1106; 5/275, 570, 722, 784, 991
- Дегидрогалогенполимеризация 3/1243
- Дегидрогеназы 1/1046; 2/241, 968, 1140; 3/469–471, 668, 697; 4/1119
- Дегидроенизация 1/1113; 2/12, 13, 685, 1174; 3/486; 4/526
- Дегидроенолиз 5/537
- 2,3-Дегидро-Л-гулиновая кислота,  $\gamma$ -лактон 1/744
- Дегидроизомеризация 2/113, 684, 685; 3/101; 4/310, 526
- 22-Дегидрокампестерин 4/859
- Дегидроксилирование 2/934, 935
- 1-Дегидроксицерамид-1-фосфонаты 5/314
- Дегидролинол 2/1180; 5/773
- Дегидропериллол 3/432
- Дегидро-2-пиперидоны 4/768
- Дегидрополконденсация 2/15; 4/59, 61
- 16-Дегидропрегненолонацетат 2/9
- 1-Дегидрофенилганн-1-фосфонат 5/315
- Дегидрофторирование 1/1085; 4/804
- Дегидрохалкои 1/556, 557
- 5-Дегидрохиноин 3/615–618
- Дегидрохлорирование 1/1146; 2/13, 85, 94, 533; 3/202, 801, 991, 1038; 4/1106; 5/11, 12, 735
- Дегидрохолевая кислота 2/277
- 7-Дегидрохолестерин 1/746, 748, 750
- Дегидроциклизация 1/1113; 2/12, 678, 684; 3/45, 346; 4/193; 5/714
- Дегидроэпандростерон 1/300
- Деготь
- древесный 2/15; 1/339, 871
- каменноугольный, см. *Каменноугольная смола*
- Деграляция
- белков 1/475, 478, 479, 484, 697
- Грея–Хартли 5/801
- окислительная 2/794
- Эдмана 5/800, 801
- Дегтекурение 2/15
- Дегтярное мыло 2/15
- Делерон 3/1201
- Дедназотирование 2/73
- Дезактивация
- нонообменных мембран 3/55
- молекул 2/135; 3/257–259
- радиохимическая 2/15, 16; 4/319, 337. См. также *Радиационная защита*
- центров деструкции полимеров 2/38
- Дезалкилирование 2/5, 6; 3/179. См. также *Деалкилирование*
- Дезаминирование 2/16, 83, 1084; 1/1073; 3/518, 1045
- азосочетание 1/91
- гетеролитическое 1/464; 2/17; 5/781
- гомолитическое 1/1157; 2/17, 315, 379; 3/10, 432
- диазотирование 2/17, 74, 75. См. также *Диазосоединения*, *Несмелюва реакция*
- окислительное 1/91, 1123; 2/696; 3/253, 254, 810–812; 4/654, 900
- пинаколиновое 3/1024. См. также *Тиффено реакция*
- по Барту 1/463; 2/17
- по Гомбергу–Бахману–Хею 1/1157; 2/17
- по Гофману 1/1180; 2/17
- по Демьянову, см. *Демьянова перегруппировка*
- по Зандмейеру 2/17, 315
- по Кабачнику – Филдсу 2/549
- по Мервейну 2/17; 3/10
- по Шенеру 2/17; 5/781
- ферментативное 2/16, 17, 1169; 3/295, 595, 598, 622; 4/642, 1119, 1170, 1171
- Дезамноокситоцин 2/1321
- Дезацелирование 5/697
- Дезнисекция 2/594
- Дезинтеграторы 2/146, 339, 354–356; 3/146
- Дезинтоксикационные кровезаменители 2/1078
- Дезинфицирующие средства 2/17, 18, 19, 583, 594, 1005; 3/84, 355, 834, 1076; 4/231, 657, 700, 900, 921, 924; 5/133, 223, 557, 558, 568, 587, 723, 777, 997. См. также *Антисептические средства*
- Дезодоранты 2/19; 1/264, 657; 3/653; 5/223
- Дезоксадениловая кислота 4/1230
- 5'-Дезоксаденилзилкобаламин 1/742; 2/945, 970; 4/519
- Дезоксиаденозин 3/595; 4/510, 1231
- S-(5'-Дезоксиаденозин-5'-ил)-метинон, см. *Аденозилметинон*
- 2-Дезоксиальдозы, гликозиды 2/21
- 3-Дезоксиальдозовые кислоты 3/615, 616
- 3-Дезокси-Л-арабионат 3/615, 616
- 2-Дезокси-Д-арабиногексаоза 2/20
- 3-Дезокси-Д-арабиногептаоат 3/615, 616
- Дезоксиаспергиловая кислота 1/397
- Дезокси-N-ацетилколхинол 2/862
- Дезоксибейозин 1/510
- 6-Дезокси-Л-галактоза 2/20, 21
- 3-Дезоксигалактоат-6-фосфат 3/615, 616
- Дезоксигенирование 2/809; 3/540, 554
- 2-Дезокси-Д-глюкоза 2/20
- 3-Дезокси-Д-глюкоат-6-фосфат 3/615, 616
- Дезоксогуанозин 3/597, 598; 4/510
- Дезоксикуватратная кислота 3/723
- 3-Дезоксикетозы 2/1211
- Дезоксикуртикостерон 2/958
- 2'-Дезоксиформинин 3/595
- 6-Дезоксицитантин 2/1084
- 6-Дезокси-Л-манноза 2/20
- 3-Дезокси-Д-манно-октулозиновая кислота 2/1196, 1197
- Дезоксиинтолобин 3/175, 176
- Дезоксиниваленол 3/153, 154
- Дезоксинуклеозиды 3/1242; 4/510; 5/451
- 3'-амидофосфит, эфир 3/591
- фосфаты 2/20; 3/1241; 4/519
- Дезоксинуклеотриды 3/599
- 2'-Дезоксинуклеотиды 3/1242
- 3-Дезокси-2-оксоарабиногептаоат 3/617, 618
- Дезоксипеганин 5/521
- 2-Дезокси-Д-рибоза 2/21; 3/173, 297, 470, 573, 574, 585, 597; 4/1001; 5/37
- Дезоксирибонуклеазы 2/20; 1/1097; 3/584, 847; 5/1034
- Дезоксирибонуклеиновые кислоты 3/585–587. См. также *ДНК*, *Нуклеиновые кислоты*
- Дезоксирибонуклеозидфосфаты 3/622; 4/496, 519
- Дезоксирибонуклеозиды 3/597–599
- Дезоксирибонуклеотиды 1/1153; 2/970; 3/600, 601; 4/495, 497. См. также *Дезоксирибонуклеозидфосфаты*
- Дезоксирибонирмиднифототилаза 4/492
- Дезоксисахара 2/20, 21; 3/267; 4/1193; 5/37, 197
- 2-Дезоксипептамин 1/245–247
- Дезокситимидин 4/510
- Дезокситимидинофосфат 5/216
- Дезокситимидинофосфат 5/216
- Дезоксиголевая кислота 2/278
- Дезоксицитидин 3/597, 598, 600; 4/510
- 2-Дезоксицитидин-5'-трифосфат 3/600
- Дезоксинэролин 5/181
- Дезоксифедрин 5/1002
- Демозаза 4/1171, 1258
- Дейкина реакция 2/21; 4/569
- Дейкина–Уэста реакция 2/22
- Действующих масс, закон 2/22, 23, 688, 753–755, 901, 902; 1/1014, 1049; 3/413; 4/149, 187, 1070; 5/72, 465, 509, 856
- Действующих поверхностей, закон 2/688, 689
- Дейтрий 2/23
- атомное ядро, см. *Дейтрон*(ы)
- оксид, см. *Тяжелая вода*
- определение 5/335, 336
- получение 2/25, 392; 5/33
- применение 2/25, 26; 4/785; 5/802
- свойства 1/403, 775; 2/24, 25, 190, 191, 394, 503; 3/1092; 4/828; 5/3, 4, 543, 1019, 1020. См. также *Дейтерирование*, *Дейтерообмен*, *Дейтеросоединения*

- Дейтерированне 2/25, 26, 943; 4/1156; 5/635. См. также *Дейтеробмен*
- Дейтеробмен 1/579; 2/25, 26, 386, 651, 758; 3/125, 1019, 1034, 1043. См. также *Дейтерирование*
- Дейтеросоединения 1/579, 596, 1080, 1083; 2/23, 25, 26, 571, 610, 1126, 1127, 1203, 1205, 1252; 3/79, 575, 579, 652, 872, 1043; 4/145, 146; 5/2, 3
- Дейтрон(ы) 2/23, 503, 718, 780; 3/32; 4/826; 5/33, 1019, 1022
- Декабораны 1/588–590; 4/342
- Декабораты 1/580, 581
- Декаванадаты 1/670–672
- Декаванадиевая кислота 1/670
- Декагидроацетифен 1/418
- Декагидроизохинолин 2/397; 3/1022
- Декагидроафталин 1/142; 2/26, 27; 3/372
- Декагидро-β-нафталилат 2/26
- транс-Декагидроафтиридин 3/384
- Декагидрохинолин 5/526
- Декагидрохизин 5/607
- 1,9-Декалин 3/104
- Дека-дураболлин 4/511
- β-Декалилат 2/26
- 9-Декалилгидропероксид 2/26
- Декалин(ы) 2/26, 27; 1/142; 3/372, 373; 4/1074, 1101
- Декальцинирование кож 2/1295
- Декамтиленгуанидин 1/1210
- Декамин 4/229, 230
- Декан 2/27; 3/345
- Деканаль 2/27, 237; 5/1004
- 1,10-Декандикарбоновая кислота 2/215; 3/291, 1116; 5/725, 726
- Декадиновая кислота 4/606, 607
- Декадинолы 2/251; 4/606
- Декановая кислота 1/863, 864; 4/511
- 1-Деканол 2/27; 4/750
- Деканоаны 2/1102
- Деканатия 3/819, 822; 4/11; 5/1005
- Декапептиды 1/1120
- Декапренол 5/34
- 2-Декарбамоил-2-ацетилтетрациклин 4/1110
- Декарбамоилблеомицины 1/571
- Декарбоксилаза 4/654; 5/150
- Декарбоксилирование 2/28, 29, 371, 386, 411, 648, 696, 813, 863, 1096, 1169, 1191; 1/1123, 1124, 1222; 3/2, 9, 791, 981, 1054, 1059, 1208; 4/976; 5/429, 524, 527
- в обмене веществ 2/29; 3/614, 621
- в пентозофосфатном цикле 3/615, 616
- окислительное 2/645, 1193; 3/347; 4/523, 1119; 5/133
- по Карролу–Каймелу 2/1110
- по Хундикеру 5/641, 642
- по Шатлеру 5/710, 711
- при нолнкоиденсации 3/1256
- ферментативное 2/29, 81, 969, 1152, 1168, 1169; 4/523, 1119
- фотохимическое 3/347
- Дексаринозация 1/771, 772; 2/340; 3/1001
- Дексаринолдимарганец 2/1289, 1290
- Дексаринолирование 2/924; 4/1096; 5/429
- Дексанс 2/1151, 1152; 4/225, 226
- Дексартон гуссовы орбитали 3/783
- Дексарторбенфил 3/916
- Дексарторбутан 5/548
- Дексартортепсилан 2/1031
- Дексатин 4/229, 230
- Дексамет 1/672
- Дексаметазон материалы
- бумажно-слоистые композиты 2/29, 30; 1/1209; 3/35, 282
- покрытия 2/30; 3/695, 696, 806, 806, 1011, 1224; 4/52, 92, 143, 144; 5/503, 760, 913
- Декортин 4/219
- Дексаметазон 2/30, 426, 959; 1/319; 4/219, 236
- 17-валерат 2/30
- динатрийфосфат 2/30
- Дексел 5/1001
- Дексил 2/648
- Дексон 3/1241
- Декстраморамид 1/296, 297
- Декстранисахараза 2/31
- Декстраны 2/30, 31, 422, 427, 519, 1078, 1171; 1/323, 1002; 3/159, 719; 4/39, 582; 5/813, 817
- Декстрины 2/31, 700, 988, 989; 1/974, 1102, 1126; 3/833, 997; 4/381; 5/63, 208
- для клеев 2/31, 802
- для красок 2/799
- «остаточный» 1/232
- Шардингера 2/31; 3/749
- Делагил 4/220, 238
- Делакурарин 5/23
- Делалури 1/1047, 1048
- Деление ядер, см. *Ядерные реакции*
- Делепина реакция 2/31, 32; 1/272, 990; 4/759
- Дельзид 2/1175, 1176
- Дельтител проб 4/180, 181
- Деллет 4/22
- Делрни 4/63, 64
- Дельнудин 2/171, 172
- Дельта-древесина 1/370
- Дельтаметрин 3/1041
- Дельтовая кислота 3/723, 724
- Дельфинидин 1/347
- Дельфиний жир 1/347
- Делящиеся вещества 5/1018, 1019, 1030, 1031
- Демаскирование 2/1295
- Деметаллизация
- корриноидов 2/943, 944
- нефтяного сырья 2/32, 6, 1327; 1/1106–1108; 3/441, 462
- Диметиланилин 3/952
- Деметилирование 2/472; 4/99, 100; 5/529
- Деметон-метил 2/475
- Деметон-S-метилсульфон 2/471
- Деминерализация вод 1/847; 2/159
- Демистры 5/24, 25
- Демиселляция 3/182
- Демонда–Хальфердаля уравнение 4/182
- Демонмерзация 3/1202
- Демонферные вакуумметры 1/662
- Демьянова перегруппировка 2/33, 17; 1/142, 143, 270, 659; 3/939; 4/610, 1190; 5/714
- Денатурация
- белков 1/475, 1218, 1219; 2/559, 819, 857, 868, 914, 1178; 3/163, 600; 4/700; 5/153, 587
- двойной спирали ДНК 3/586
- этилового спирта 1/650; 3/1046; 5/997
- Дендриты 1/977; 2/1009, 1047
- Дендрозалин 4/661
- Денлатоксины 5/1051
- Денсиметрия 2/44, 45; 3/1146, 1147; 5/33
- Дентатность 2/920, 1172
- Деоксигенирование 2/1148
- Депарафинизация 2/33, 34, 103, 168, 363, 1043; 3/128, 281, 347, 441, 443, 466, 558, 884; 4/194, 650, 1059
- Депильаторы 4/1128, 1149
- Деполнмеризация 2/38, 1268; 3/420, 864; 5/223. См. также *Деструкция полимеров*
- Деполаризация
- в гальванических элементах 4/546
- люминесценция 2/1224
- термостимулируемая 4/1062
- Депо-сульфаниламида 4/901
- Депренил 3/254
- Депрессия гидростатическая 1/848
- Депрессорные присадки 1/286, 865, 866; 2/103; 3/277, 278; 4/173, 175, 439, 1116; 5/208
- Депротонирование 1/1097; 2/381, 418, 1170, 1171; 4/314
- Депсиды-инофоры 2/522
- Делспейтллы 2/34, 35, 522–524; 1/552; 3/924, 927, 930
- Дериватография 2/35, 36; 4/424, 1058, 1061
- Дерма 2/835
- Дерматансульфат 3/286; 4/214
- Дерматин 4/572
- Дерморфины 3/766; 5/1041
- Дерокан 3/746
- Дертил 4/225
- Дерягина–Власенко ультрамикроскоп 2/148; 5/63
- Дерягина–Ландау–Фервея–Овербека теория 2/155, 817; 4/345, 885
- Дерина реакция 2/36, 37, 1103
- Дёрнера–Хоскинса уравнение 4/761; 5/102
- N,N'-Десалицилиденэтилендиамин 2/103
- Десенсибилизация фотографических материалов 2/37, 180; 4/626; 5/456
- Десиканты 2/37, 38, 54; 1/1032; 3/366, 994; 4/429
- Десиметризация 4/686
- Десметилдиазепам 4/1224, 1225
- Десметрин 1/1033
- Десмолазы 1/300
- Десмопан 5/87
- Десонид 2/959
- Десорбция 1/9, 11–14; 2/210, 1300; 3/1143; 5/447, 448
- н абсорбция 1/4, 11–13
- н абсорбция 1/53–62
- и вакуумное напыление 3/334, 335
- и жидкостная экстракция 5/829, 833
- и ионизация 2/1311
- и катализ 1/1053; 2/664, 682, 683, 689–693
- и охлаждение 5/604
- и очистка адсорбционная 1/52
- перколяционная 3/968, 969
- сточных вод 3/861
- и поверхностная активность 3/1161
- и хроматография 5/625, 626
- и хромато-масс-спектрометрия 5/630
- лазерная 2/1121, 1311; 5/742
- массовый поток 1/7
- полевая 2/1311
- тепловая 5/625, 626
- электрохимическая 5/839
- Дестам 3/201
- Деструктивные процессы 2/310, 704; 3/441
- а полимерх, см. *Деструкция полимеров*
- гидрирование 1/1089, 1090
- гидрогензация угля 1/1085, 1086–1089; 2/670; 4/701–705
- гидрогеолиз 1/1089, 1090; 4/538
- гидродеароматизация 1/1090
- гидроочистка 1/1090
- гидрокрекинг 1/1090
- гидрообессеривание 1/1106
- гидроочистка 1/1107
- коксование 2/841, 843; 4/100
- крекинг 1/727, 1090; 2/678, 1005; 4/1058
- метатезис 3/104
- пирролиз 4/1058, 1066
- древесины 3/1059, 1060
- нефтяного сырья 3/1061, 1062
- Деструкция полимеров 2/38, 39, 40, 704, 1268; 1/859; 4/661, 1084; 3/1010, 1194, 1266; 5/337, 358, 664. См. также *Деполмеризация*
- и модифицирование 3/202, 1264
- и пластикация 3/1114–1116
- и стабилизация 2/40; 4/814–817. См. также *Антирады*
- и старение 2/38; 4/821, 822. См. также *Антиоксиданты*
- ингибиторы 2/434, 1260. См. также *Противоаутомателли*
- механохимическая 2/39; 3/146, 147
- радиационная 2/39; 4/293
- реакции в твердых телах 4/414
- метатезис 3/104
- мономолекулярные 3/257
- озонолит 2/40; 3/660, 661. См. также *Антизонанты*
- термоокислительная, см. *Термоокислительные процессы*
- фотохимическая 2/38–40; 3/1010; 4/590, 822; 5/337, 358
- Десублимация 2/890, 892, 1045; 3/255, 420, 818; 4/263, 264, 889–893; 5/102, 605
- Десульфирование 2/41, 79; 4/917
- Десульфурование 4/917, 976
- Десульфуризация 1/709; 2/277, 935, 1235, 1288; 4/42, 914, 1117, 1122, 1140, 1157
- Детального равновесия принцип 2/41, 42; 4/691, 832, 1068; 5/504
- Детальные сечения химической реакции 2/124
- Детандеры 5/594, 596, 599–604
- Детекторы
- амперометрические 5/150, 151
- дозиметрические 2/220, 221
- ионоселективные электроды 2/522
- кулонометрические 2/1098–1100
- масс-спектрометрические 1/909; 2/1309, 1314, 1315, 1317
- нейтронов 3/402
- несеребряные твердотельные 4/326
- нефелометрические 3/440
- оптико-акустические 3/769
- пирнитные 2/266
- пирозлектрические 4/785
- полупроводниковые 1/978; 2/220; 4/329, 330, 335
- потенциометрические 5/150
- протоно-инжекционные 4/245, 246
- радиононисцентные 2/220
- радиометрические 4/118, 329–331, 335
- рентгеновские 4/473, 480
- рефрактометрические 4/514
- сцинтилляционные 1/978; 4/329, 330, 335, 339
- хроматографические 2/42, 43–46, 295, 298, 506, 507, 519, 609, 610, 1100; 1/909, 911, 917, 1067; 3/231; 4/424; 5/621, 624, 629, 817
- Детергенты 3/679; 4/173, 582, 698–701
- Детерминанты антигенные 1/323
- Детерминированные модели процессов 3/195–197
- Детоксиканты 2/282
- Детонационная стойкость топлива 2/46; 1/157, 326, 327; 3/725, 726; 4/526; 5/696, 994
- Детонация 2/46, 47, 466, 467; 1/499, 607, 705, 1164; 3/725, 726; 5/53, 54
- Детонирующие шнуры 2/47
- Детониты 2/127; 4/731
- Детритилование 2/6; 5/693
- Дефекат 2/348
- Дефект(ы)
- в кристаллах 2/50, 51–53, 190, 200, 371, 755, 957, 1047, 1048, 1054, 1059, 1071, 1153; 1/907, 908, 1049, 1057, 1059; 3/66, 98, 144, 146, 164, 214, 434, 435, 499–501, 1086, 1087, 1173; 4/103, 104, 117, 118, 252, 477, 807, 994, 996, 997, 1215, 1224; 5/515, 861
- как центры окраски 5/678

- в материалах, см. Дефектоскопия массы 3/605; 5/1017, 1020, 1032
- Дефектоскопия 2/47, 48–50, 244, 1208, 1227, 1228; 3/837; 4/602; 5/656, 667, 668
- Дефлегмация 2/159, 162–164, 166, 895; 4/456–458
- Дефлюклянты 5/203, 382
- Дефолианты 2/53, 54, 591, 1246, 1274; 1/956; 3/353, 366, 369, 994; 4/429, 1105, 1163; 5/278, 560, 769, 983
- Деформационные приборы вакуумметры 1/662 манометры 2/1281–1284 термометры 4/1078
- Деформация(и) 2/54, 55, 860; 1/1212, 1218, 1220; 4/994 без течения 1/873 высокоэластические 1/859, 861, 862 и дилатансия 2/111, 112; 4/885 и механическая релаксация 4/464 и напряжения, см. Гука закон и огнестойкость конструкций 3/647 и отжиг 3/256, 257 и поверхностные явления 2/608; 3/1173 и поляризация диэлектриков 2/206, 207; 4/996 и прочность материалов 4/250, 251, 252; 3/144, 145 и пьезоэффект 4/284 и реология 4/483, 484–492 и твердость 4/998, 999 и ударные волны 5/52, 53 и частичное равновесие в системе 3/645 и химические реакции 2/478, 485; 3/146, 1122; 4/411–413 нзмерженне, см. Деформационные приборы пластические 1/873; 2/54; 3/85, 98; 4/486 пластичных смазок 3/1122, 1123 полимеров 1/861, 862; 2/40; 3/1115; 4/242, 441, 487, 490 порошков 4/136, 137 сплавов, см. Деформируемые сплавы стальной 4/887–889
- Деформируемые сплавы 1/214–216; 2/250, 1250; 3/497; 4/806; 5/618, 752
- Дефорсфорлирование 1/40; 3/198, 599
- Дефорторование 1/993
- Де Хааза – ван Альфена эффект 2/77
- Деклорирование 1/947; 2/10, 138; 3/432, 986. См. также Дегалогенирование
- N-Децил-L-гидроксипролин 2/1172
- Децилуганидин 1/1210
- Дециленовый альдегид 2/27
- Дециловые спирты 1/838, 866; 2/27, 369
- Дециловый альдегид 2/27; 5/1005
- Деземальгаторы 2/818, 860, 861; 3/608, 610, 717, 718, 724; 4/173, 189, 929
- Джалнитид 2/443
- Джаппер-эффект 4/786
- Джарлетт 3/1
- Джекобса углеводород 4/861, 862
- Джексона–Майзенхаймера комплексы 2/132
- Джелва 3/1223
- Джемсонит 4/942
- Джеон 1/725; 3/1232
- Джелурит 2/820
- Джервисит 4/710
- Джерой 5/961 «Джиаиморко–Ветрокок»-газоочистка 1/901
- Джинорит 1/587
- Джинсовые ткани 2/441; 3/1237
- Джоузефона контакты 4/587
- Джококунт 2/1293
- Джонса–Уилсона реакция 5/1000
- Джонсона модификация 4/536
- Джоуля–Томпсона эффект 1/926; 5/594
- Джутовое масло 4/573
- Джутовые волокна 1/800–802; 2/992
- Дзета-потенциалы 5/59, 848–850
- Днабаз(ы) 4/561, 673 волокно 2/327 мастики 2/1319
- Днабазические реакции 5/351, 352
- Днагенез 2/596
- Диагностика производства 3/323
- Диаграмма(ы) Аббе 3/375 Грассмана 5/807, 808, 810 контурные распределения частиц-продуктов 3/239, 240 корреляционные 1/842, 843; 2/917; 3/235, 236, 781, 782; 4/692 молекулярно-орбитальная кластеров 2/794 октантные 5/543–545 психрометрические 1/905, 906; 4/539, 955, 956 Румера 1/666, 667 состав–свойство 2/55, 56, 57, 1039; 3/188, 1111, 1112; 4/362, 806; 5/174–176. См. также Физико-химический анализ
- состояния 2/56, 255, 256, 259, 299, 1039, 1060; 1/671, 678, 1003, 1190; 3/247; 4/1177, 1178; 5/298, 299, 465 – для мицеллообразования 3/182 – для «сверхкритической» экстракции 5/834 – для сублимации–десублимации 4/890 – для фракционной конденсации 2/894 – и законы Коновалова 2/899 – критические параметры 2/1072–1074; 5/104 – микроэмульсий 3/162 – мономолекулярного слоя 3/261 – область гомогенности 3/434 – плавкости 2/58–63; 3/188, 1092; 4/345, 358, 389; 5/100, 175 – полимерных смесей 4/732 – равновесия жидкость – пар 1/65–69, 837; 2/61; 5/175 – растворимости 2/61–64; 4/357, 358, 360, 370, 371, 745, 746; 5/100 – сингулярные точки 3/434 – систем гетерогенных 4/1040 – двухкомпонентных 2/57–63 – многокомпонентных 2/62–64, 188, 189 – однокомпонентных 1/923; 2/57 – «псевдотройных» 3/162 – сплавов 4/806 – тройные точки 5/15, 16, 104
- Танабе–Сугано 2/1059
- твердых растворов 4/1002–1004
- фазовые 1/817, 818; 2/56, 249, 255; 5/97–102
- Фейманна 1/1200
- эксергетические 5/807, 808
- Диаламантитметилениминоксид 2/419
- Диаленозинит-графосфорная кислота 1/41
- Диазалаканы 1/85; 3/714; 4/1253
- 9, 10-Диазантрацен 5/115
- 1,5-Диазабидикло[4.3.0]нон-5-ен 3/831
- 1,4-Диазабидикло[2.2.2]октан 3/832
- 1,5-Диазабидикло[3.3.0]октан 1/1061
- Диазабидиклоундцен 4/1136
- 1,10-Диаз-4,7,13,16,21,24-гексаоксабицикло[8.8.8]гексакозан 3/24
- Диазанорфосфидины 2/764
- Диазаниданы 1/63
- 1,10-Диаз-18-краун-6-эфир 2/985, 986
- Диазаметноиные красители 3/131
- Диазаминолы 1/77, 79, 80; 2/71
- Диазанафталины 5/375, 376, 757, 758
- Диазаноркаррадиен 2/65
- 3,4-Диазанерегруппировка Коупа 5/197
- Диазарсолы 3/317
- Диазастроловый синий 3/130
- Диазациклопропен 2/68, 69
- Диазийный-катноны 3/508
- Диазены 1/342; 3/508; 5/443
- Диазепам 1/328, 329, 504; 4/269, 1224, 1225; 5/1038
- Диазепины 2/64, 65, 82; 3/299
- Диазетидиноны 2/65, 66, 741
- Диазетидины 2/65, 66
- 1,2-Диазетины 2/66, 67
- Диазиды 1/71; 2/68, 83; 4/48, 49; 5/341
- 1,2-Диазин 3/1043, 1044
- Диазиновые красители 2/460, 980; 3/536; 5/531. См. также Азиновые красители
- Диазинон 2/470; 3/405
- Диазиридиноны 2/68
- Диазиридины 2/67, 68, 69; 1/1075; 4/390
- 3H-Диазирин 2/68, 69
- 3H-Диазирин-3-алкилкарбонные кислоты 2/69
- 3H-Диазирин-3,3-дикарбонная кислота, эфиры 2/69
- Диазоалканы 1/658, 1069, 1121; 2/73, 74, 418, 697; 3/293, 502, 533, 734, 735, 1034; 4/898, 918; 5/88, 260, 264, 267, 276, 280, 791, 1011
- Диазоальдегиды 1/810
- Диазоминоантрахиноны 1/945
- Диазоминобензол 3/911; 4/134
- Диазоминосоединения 2/69, 70–72, 74; 1/74, 945; 3/911; 4/134. См. также Азогены
- Диазоминой-катноны 2/69, 70
- Диазоцетаты 1/1157
- N-Диазоацетилюреидин, метиловый эфир 3/922; 4/468
- o-Диазобензойные кислоты 1/348, 374
- Диазобензолсульфокислоты 1/242; 3/893
- Диазобумаги 2/1180; 3/705
- Диазоидроксиды 1/1157; 2/72, 604
- Диазография 4/501, 507–509
- Диазогруппа 3/573. См. также Диазосоединения
- Диазонииды 1/72
- Диазонийсоединения 1/72
- α-Диазокарбонные кислоты, эфиры 1/810
- Диазокетоны 1/370, 371, 810, 811, 980; 2/741; 3/498; 4/1166; 5/557
- ω-Диазокротоновая кислота, этиловый эфир 1/656
- Диазоксид 1/1119, 1120
- 6-Диазо-5-оксо-L-норейлицины 1/1150
- Диазол 1/77, 79; 3/523
- Диазолы 1/710; 2/411, 412, 1125; 3/1033–1035
- Диазомет 3/115, 405
- Диазометан 2/71, 68, 74, 178, 438, 741; 1/251, 261, 505, 535, 656, 720, 943; 3/127, 498, 552, 706, 709, 722, 732, 1019, 1036, 1047; 4/273, 922, 933, 1099, 1203, 1252; 5/87, 725, 1008, 1011
- Диазометод 3/82, 801; 4/553, 946. См. также Несмеянова реакция
- 8-Диазо-1-нафтойная кислота 2/132
- Диазоний катионы 1/90; 2/69–75, 628 соли 1/154, 270, 954, 958, 1157; 2/16, 17, 70–74, 138, 171, 311, 315, 838, 1084, 1148; 3/28, 383, 516, 518, 709, 796, 1018, 1036; 4/62, 507, 916, 938, 946, 1135, 1159, 1201; 5/123, 139, 141, 142, 392. См. также Арилдиазония соли, Диазоли, Диазосоединения
- 5-Диазо-4-оксо-L-норвалин 1/394
- Диазосмолы 2/73
- Диазосоединения 2/71, 69, 72, 150, 151, 623; 1/105; 4/310, 1133. алифатические 1/370, 656; 2/73, 74, 695, 750; 3/9, 533; 4/899; 5/791. См. также Диазокетонны, Диазо-метан
- ароматические 1/71, 90, 91, 366, 374, 463, 464, 959, 1157; 2/71–75, 81, 1086; 3/10, 380, 381, 502, 722, 723; 4/278, 279, 507, 1199; 5/738. См. также Арилдиазония соли как отвердители 3/838 как ВВ 2/466, 467 как порофору 4/133, 134 как радикальные инициаторы 3/1233 номенклатура 3/573 определение 2/1108; 3/797 получение, см. Диазотирование соли, см. Диазоний триазены, см. Диазоаминосоединения
- Диазосульфаты 2/72
- α-Диазосульфаты 1/810
- Диазот, оксиды 1/94–96, 536, 608, 681, 706, 732; 2/12, 16, 17, 518, 528, 825, 1248; 3/505, 506, 531, 534, 535, 558
- Диазотаты 2/72, 73
- Диазотипия 2/73, 139; 4/507
- Диазотирование 2/74, 72, 75, 132, 150, 151, 497, 976; 3/357, 381, 519, 522, 535, 561, 563, 565; 4/256, 1128, 1146, 1199; 5/781
- Диазоуксусный эфир 2/75, 76; 1/504, 656; 3/372; 5/22
- Диазоуранил 4/582
- Диазофенолаты 2/72
- α-Диазофосфиноксиды 1/810
- 1,2,3-Диазофосфолан 5/313
- Диазоцианиды 2/72
- Диазочерный C 2/150
- Диазоэфиры 1/504, 656, 810; 2/75, 76, 1148; 3/372; 5/740
- Диакарб 1/341; 2/181; 4/901
- Диакон 4/22
- Диакрил 1/118; 3/746
- Диакриламид 4/70
- Диаксильные конформации молекул 2/129
- Диализ 2/859, 916, 1199, 1300; 3/42, 43, 45, 53, 55; 4/952
- Диалкалоаммины 2/83
- Диалкилалюмосоединения 1/211; 2/210; 3/515
- Диалкиламиды 2/622; 5/711
- Диалкиламиноалканола, сложные эфиры 1/234, 235
- 1,4-Диалкиламиноантрахиноны 2/77–79, 302
- Диалкиламиноаены 1/709
- Диалкиламинобензальдегиды 2/700; 3/131
- N,N-Диалкиламинокротоновые кислоты, эфиры 3/408
- бис-(Диалкиламино)метаны 5/222
- 1-Диалкиламинометилпирролы 2/346
- 2-Диалкиламинометилпирролы 3/1079
- трис-(Диалкиламино)метилфосфинаты 4/1102
- α-Диалкиламинонитрилы 5/793
- Диалкиламинопиридины 1/261
- тетраис-(Диалкиламино)этилены 1/509
- Диалкиламинны 1/545; 2/437, 438, 786
- 2,6-Диалкиланглиды 1/1029
- Диалкиланилины 1/154, 238, 271, 272, 306, 522; 2/1, 465; 4/340
- Диалкиларилдидиофосфорные кислоты, Са-соли 2/174

- Диалкиларилтиофосфаты 3/1091  
 Диалкилацеталы 1/32, 420, 421; 4/170  
 Диалкилацетилены 2/887; 3/531  
 Диалкилацетоксусные эфиры 1/440  
 Диалкилацилосонные соли 3/720  
 1,3-Диалкилбизимидазольн., соли  
 1/497, 498  
 Диалкилбензолы 3/277, 936  
 1,3-Диалкилбензотриазольн., соли  
 1/529  
 Диалкилбораны 1/176, 602  
 Диалкилгалогенфосфаты 1/962  
 Диалкилгидразины 1/88, 1072, 1074,  
 1075; 3/1034; 4/392  
 N,N'-Диалкилгидроксиламны 1/1095  
 3,3-Диалкилдиазиридны 2/67  
 3,3-Диалкил-3H-дiazирины 2/69  
 1,4-Диалкилдиамноантрахиноны  
 2/77  
 1,2-Диалкил-1,2-дигидрокснафтае-  
 ны 1/419  
 Диалкилдигидроперимидины 3/952  
 Диалкилдины 1/651  
 Диалкилдиметиламмонийхлориды  
 1/453; 4/699  
 Диалкилдисульфиды 1/599; 2/117,  
 213; 4/1139, 1150  
 Диалкилднтиокарбаматы 2/175-177;  
 4/589  
 Диалкилднтиофосфаты 2/93; 4/1163  
 Диалкилднтиофосфорные кислоты  
 1/340  
 Диалкилдихлорсиланы 5/60  
 Диалкиленамны 3/741  
 Диалкилендиантарные кислоты 5/792  
 Диалкилкарбонаты 1/1203; 4/200;  
 5/990  
 Диалкилкетоны 1/708  
 Диалкилкупраты 1/150  
 Диалкилнафталисульфокислоты  
 3/375, 376  
 Диалкилнафталины 2/964; 3/372, 374  
 Диалкилнитроксилы 3/544  
 Диалкиловые эфиры 5/9  
 1,3-Диалкилперимидины 3/952  
 Диалкилпероксидкарбонаты 3/977  
 Диалкилпероксиды 1/779; 5/293  
 Диалкилпиридины 5/759, 1042  
 Диалкилпуть 1/210; 4/551  
 N,N'-Диалкилрубеноводородные кис-  
 лоты 4/555  
 Диалкилсалициловые кислоты 4/175  
 Диалкилселениты 4/922  
 Диалкилсукциаты 3/1017; 5/792, 793  
 Диалкилсульфаты 1/161, 497, 711;  
 3/692, 977; 4/905-908, 912, 919,  
 922, 1140, 1150; 5/115, 141, 219, 409,  
 526, 660, 700  
 Диалкилсульфиды 2/76, 96, 97, 119,  
 120, 171; 3/1091; 4/914  
 Диалкилсульфиты 4/922  
 Диалкилтетрасульфиды 4/42  
 Диалкилттиодипропнаты 2/97  
 Диалкилттиокарбамилхлорид 2/176  
 Диалкилттиокарбаматы 2/1085;  
 5/207  
 Диалкилттиофосфаты 1/253; 4/1163  
 N,N'-Диалкил-л-фенилсиднамны  
 2/437, 438  
 Диалкилфенолы 4/173  
 N,N'-Диалкилформамиды 2/1155  
 Диалкилфосфаты 1/164; 3/1077, 1164;  
 5/254, 255  
 Диалкилфосфиты 1/2, 253; 3/1026;  
 5/256, 262, 267, 268, 306  
 Диалкилфосфониды 1/165  
 Диалкилфосфонаты 5/275, 606  
 Диалкилфосфористые кислоты, моно-  
 органиамиды 4/1192  
 Диалкилфосфорные кислоты 2/294  
 Диалкилхлорттиофосфаты 1/961  
 Диалкилхлорфосфаты 3/1077  
 Диалкилхлорфосфиты 1/1121  
 Диалкилэтаноламы 5/991
- 1,1-Диалкилэтилены 4/1137  
 Диалкоксамны 3/554  
 1,2-Диалкоксн-3,3-дихлорциклопро-  
 пены 3/724  
 N,N'-Диалкокскарбонил-Δ<sup>3</sup>-дiazети-  
 ны 2/66, 67  
 2,4-Диалкоксипиримидины 5/450  
 Диалеленовые углеводороды 2/36  
 Диаллилантинат 1/47  
 Диаллиламы 1/175; 5/204  
 Диаллилбораны 1/176  
 Диаллилдметиламмонийхлорид  
 5/204  
 Диаллилдисульфид 1/179  
 N,N'-Диаллил-2,2-дихлорасетамид  
 1/329, 330  
 Диаллилзофталат 2/396  
 N,N'-Диаллилмочевина 1/179  
 Диаллиловый эфир 1/180; 3/1114;  
 5/1008  
 Диаллилсульфид 2/76; 1/185; 4/70  
 Диаллилфталат 2/807  
 Диальегилы 1/1141; 2/1, 82, 104, 105,  
 233, 924, 968, 1279; 3/870, 966,  
 1217; 4/529, 530, 538; 5/124, 976  
 Диамгнетизм Ландау 2/77  
 Диамгнетик 2/76, 77, 334, 337, 443,  
 551, 641, 830, 1007, 1231, 1232,  
 1237, 1238, 1245; 1/536, 574, 678,  
 734, 935, 1191; 3/1, 5, 98, 167, 250,  
 305, 350, 411, 544, 656, 735, 756, 971;  
 4/101, 442, 548, 583, 591, 638, 911,  
 943, 973, 997, 1019, 1022; 5/162, 165,  
 643, 702, 747, 868  
 Диамант черный П 2/139  
 Диаметры(ы)  
 аппаратов 2/1307  
 критический заряда ВВ 2/47  
 Диамид(ы) 2/82, 83, 415, 416; 3/376;  
 4/866  
 бициклические 2/1036  
 дикарбоновых кислот 2/417  
 угольной кислоты, см. Карбамид,  
 Мочевина  
 Диамидазол 3/376  
 1,2-Диамидозат 2/412  
 Диамилганы 1/232  
 Диамиднолеат 2/83  
 o,o'-Диаминоазосоединения 2/1253  
 3,6-Диаминоакридин, дигидрохлорид  
 1/338  
 1,2-Диаминоалканы 3/1033  
 1,2-Диаминоалкены 2/65  
 2,4-Диаминоаннозол 3/694  
 Диамноантрафурил 1/575; 2/79  
 1,4-Диамноантрахинондисульфокис-  
 лоты 2/78  
 Диамноантрахиноны 2/77, 78, 79,  
 150; 1/238, 239, 259, 352, 353; 3/523,  
 524; 4/18, 74; 5/587  
 4,4'-Диамнобензанилид 1/489  
 3,3'-Диамнобензидин 3/1215; 4/615  
 Диамнобизолы 1/526; 2/83; 5/123,  
 124  
 Диамнобутаны 1/194; 2/65  
 α,δ-Диамновалерановая кислота  
 3/809-812  
 1,6-Диамногексан 1/988  
 Диамногексановые кислоты 2/365,  
 1176  
 4,4'-Диамно-1,1'-диантрахинонил  
 красный 3/1016  
 4,4'-Диамнодиарилы 1/490  
 1,4-Диамно-2,3-дигалогенантрахино-  
 ны 1/354; 2/78  
 Диамнодигидроксиантрахинондисуль-  
 фокислоты 1/354; 2/79  
 Диамнодигидроксиантрахиноны  
 1/352-354; 2/79, 80  
 Диамнодигидроксиарилметановые  
 красители 2/1082  
 Диамнодидеозоксигексуроновые кис-  
 лоты 1/264
- Диамноднокснантрахионы 2/79, 80;  
 1/352-354  
 Диамнодиорганосиланы 3/805  
 1,3-Диамно-1,3-дифенилдиметилди-  
 силосан 3/807  
 4,4'-Диамнодифенилметан 2/80, 184;  
 1/306, 353; 3/1210, 1248, 1249;  
 5/964  
 4,4'-Диамнодифениловый эфир 2/80  
 3(4),4'-Диамнодифенилоксиды 2/80;  
 3/1210, 1245; 4/60  
 4,4'-Диамнодифенилсульфон 4/234,  
 934; 5/964  
 Диамнодифенилы 1/490, 491; 2/618  
 Диамнокарбоновые кислоты 1/250,  
 556  
 Диамноокислоты 3/927, 928  
 α,α'-Диамнооксилья 2/1091, 1092  
 2,4-Диамнооксильная кислота 3/924  
 3,6-Диамно-10-метилакрилдинийхлор-  
 ид, гидрохлорид 1/338, 339  
 4,6-Диамно-3-метилцинолли, нод-  
 метилат 5/758  
 Диамнонафталины 1/654, 655; 2/115,  
 138; 3/952  
 Диамнооксиды 5/131  
 2,5-Диамнопентаовая кислота  
 3/809-812  
 Диамнонимелат 4/1261  
 Диамнонимелинатэпимераза 2/364  
 Диамнонимелиновые кислоты 2/364,  
 1176; 3/928  
 Диамнопиридины 1/87, 261; 2/1253;  
 3/694; 5/778  
 Диамнопиримидины 1/710; 3/289;  
 4/231, 270, 274, 695, 901, 1248  
 4,4'-Диамностильбен-2,2'-дисульфо-  
 кислота 2/80, 81  
 2,5-Диамно-3,4-тиадназол 2/1253  
 Диамнотолуолы 4/1198-1200  
 3,5-Диамно-1,2,4-триазол 4/1254  
 Диамнотриарилметановые красители  
 1/367  
 4,5-Диамноурацил 4/1248  
 2,3-Диамноуруновые кислоты 5/93  
 2,3-Диамнофеназин 5/116, 124  
 1,3-Диамно-5-фенилфеназонийхлорид  
 2/37  
 2,4-Диамнофенол 2/132; 3/563;  
 4/253  
 Диамнохинназын 2/79  
 1,4-Диамно-2,3-хлорантрахинон 2/77  
 2,4-Диамнохлорбензол 2/133  
 2,6-Диамнохлортолуол 5/583  
 Диамнохризаин 2/79  
 1,2-Диамноциклогексантетракусная  
 кислота 2/870; 5/160  
 4,6-Диамноцинолли, нодметилат  
 5/758  
 1,2-Диамноэтан 2/82; 5/986, 987  
 Диамны 2/81, 82-84, 100, 176, 215,  
 286, 411, 742, 978, 986, 1106, 1172,  
 1271; 1/46, 258, 265, 269, 270, 423,  
 491, 525, 526, 641, 847, 874, 943,  
 1142, 1180; 3/21, 159, 257, 619, 620,  
 694, 741, 744, 838, 1015, 1206-1210,  
 1218, 1246, 1247, 1255, 1258; 4/25,  
 30, 49, 53, 54, 71, 174, 607; 5/397,  
 530, 534, 783, 964, 986, 1013  
 «Диамны» 2/83, 84  
 Диамонийфосфат 1/284; 2/869, 937;  
 3/520  
 Диаммофос 2/84, 869, 870; 1/284;  
 3/172; 5/305  
 Диамфентид 4/225, 226  
 Диамфотоксин 5/1039, 1045, 1046  
 Диан 2/95,96; 5/963  
 Дианобл 1/290, 291  
 Диангидриды карбоновых кислот  
 2/80; 3/951, 1067, 1068, 1245, 1246  
 Дианнзидин 1/87, 491; 5/148  
 л,л'-Дианилин 1/490  
 Дианилино-1,4-бензохинон 1/532
- 2,5-Дианилино-3,6-днгидротерефтале-  
 вая кислота, диэфир 1/113  
 2,5-Дианилинотерефталевая кислота  
 1/113  
 Диановые эпоксидные смолы 5/961-  
 964  
 Диантипирилметан(ы) 2/84; 1/336;  
 4/1036; 5/128  
 1,1'-Диантирионил 1/944  
 Диантиримиды 1/944  
 Дианозоны  
 динамические детекторов 2/42-45  
 определяемых концентраций 3/136,  
 137  
 отсчета показаний по шкале весов  
 1/686, 690, 691, 693  
 Диарилалкаламины 1/605  
 Диариламиды 5/775  
 Диариламинильные раднкалы 4/304  
 1,4-Диариламноантрахиноны 1/438  
 2,5-Диариламно-3,6-днгидротерефта-  
 левые кислоты, диэфир 3/1017  
 Диариламны 5/59, 529  
 1,4-Диарилантрахиноны 2/79  
 Диариларсиновые кислоты 1/463  
 Диариларсиновые кислоты 1/463  
 Диариласетилены 3/531; 5/372, 373  
 Диарилгалогенонные соединения  
 1/958  
 1,1-Диарил-2-галогенэтилены 5/372,  
 373  
 Диарилгидразины 1/490, 1073, 1075  
 Диарилгидроксиламыны 1/1095  
 Диарил-1,2-днгидрокснафтаен  
 1/419  
 Диарилдисульфиды 1/1069; 4/1150  
 O,S-Диарилдитиокарбонаты 4/1152,  
 1153  
 Диарилкарбонаты 2/183  
 Диарилкетоны 1/76, 508; 5/238, 943  
 Диарилметановые красители 1/366;  
 2/606, 979; 3/129  
 Диарилметаны 1/366, 942; 5/222  
 Диарилнитроксилы 3/544, 545  
 Диарилловые эфиры 5/59  
 2,5-Диарил-1,3,4-оксадназолы 3/674,  
 675  
 2,5-Диарилкозасолы 2/1228; 5/197  
 Диарилкоксалканы 1/423  
 Диарилоловогалогениды 3/761  
 Диарилпиримидилметанолы 5/418  
 Диарилпропины 2/1103  
 Диарилствбонные кислоты 4/945, 946  
 Диарилсульфаты 4/905, 907  
 Диарилсульфиды 1/952; 2/171; 4/912,  
 914; 5/59  
 Диарилсульфоны 4/934, 1205; 5/59  
 Диарилтиокетоны 4/1133  
 Диарилтиокарбонаты 4/1152  
 Диарилттиоцианины 1/271  
 Диарилттиокарбонаты 4/1152  
 Диарилтриазены 2/550  
 Диарилформазаны 4/669  
 1,5-Диарилформазаны 5/219, 220  
 Диарилфосфиноксиды 1/253  
 Диарилфосфиты 5/267, 268  
 Диарилхалькогениды 4/1025  
 Диарилхалькоксиды 4/66  
 Диарилы 1/1157, 1158; 4/1025; 5/58  
 1,1-Диарилэтилен 1/518, 519  
 Диарсны 3/309, 310  
 Диаспор 1/207, 211, 213  
 Диастереодифференцирующие реак-  
 ции 4/855  
 Диастереомеры 2/366  
 Диастереомеры 2/367-369, 913, 914,  
 1103; 3/570, 797, 879; 4/389, 390,  
 392, 854-856; 5/538, 967  
 Диастереоселективные реакции  
 1/389-391; 4/854-856  
 Диастереотопия 4/855, 858, 1211-  
 1213, 1215; 5/538  
 Диастереотопностереодифференциру-  
 ющие реакции 4/855



- Диастереотопомеризация 4/1215, 1216  
 Диастереоспонтаннодиендифференцирующиеся реакции 4/855  
 Диатомиты 1/19, 563, 918; 2/1027, 1320; 3/324, 325, 838, 992; 4/491, 834, 1041, 1042; 5/186, 996  
 Диатризол 4/477, 478  
 Диатропные системы 1/378  
 Диафен 1/248, 333, 334  
 Диафенилсульфон 4/934  
 Диафрагменный электролиз 3/863; 5/553, 554  
 Диафрагмовые устройства 2/1281; 3/237, 238, 342; 4/383-386; 5/553, 554  
 Диакромное концентрирование 4/398, 399  
 Диацинафтилендион 1/419  
 Диацистали 1/1142; 2/326; 3/1043  
 Диацистаид 1/425; 3/280; 5/434  
 4,4-Диацистамидо-3,3'-диаминодифенилоксид 3/1218  
 3,5-Диацистамидо-2,4,6-тринодбензойная кислота 4/477, 478  
 Диацистаты 5/57  
 Диацистел 2/85, 105; 3/109, 1089  
 диоксим, см. Диметилдиоксим  
 2,2'-Диацистамино-1,1'-диантрахинон 1/245  
 Диацистиларилены 4/62  
 Диацистилбензол 2/93; 5/381  
 Диацистилдигидроликориин 2/1179  
 Диацистилеи(ы) 2/85, 550, 551; 1/313, 598; 4/70, 413, 999, 1026, 1218; 5/1000  
 1,3-Диацистилиндол 2/456  
 Диацистиликориин 2/1179  
 Диацистилметан 1/428  
 Диацистильмочевина 5/84  
 3,9-Диацистилперилен 3/950  
 2,5-Диацистилпиррол 3/1078  
 N,N'-Диацистильхитобиоза 2/1278  
 Диацистиמיד 4/1037  
 Диацистин 1/1145  
 Диацистокетоглуоновая кислота 5/903  
 Диацистоксибензолы 1/532  
 1,1-Диацистоксибутан 2/1298  
 2,5-Диацистокси-2,5-дигидрофуран 3/1043  
 Диацистоксикирпенол 3/153, 154  
 Диацистон-2-кето-L-гулоновая кислота 1/745  
 Диацистоновый спирт 1/436, 437; 3/26, 114, 687, 688; 4/1256  
 Диацистонсорбоза 5/903  
 Диацистотетраамины 2/821  
 Диацилаиды 2/415  
 Диацилаины 1/1074  
 Диациланилины 1/238  
 1,2-Диацилбензолы 5/376  
 Диацилгидразид 2/117  
 Диацилгидразиды 2/1270; 3/675, 933  
 Диацилглицериды 3/1089  
 Диацилглицерины 1/1130, 1131; 2/187, 188, 696, 1184; 5/244-246, 272  
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфо-*sn*-1'-глицерины 5/244  
 Диацилглицерофосфолипиды 2/1189  
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфосеринны 5/244  
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфохоллны 5/245  
 1,2-Диацил-*sn*-глицеро-3-фосфостаноланы 5/245  
 Диацилдисульфиды 4/1135  
 Диацилдиметилгидразид 2/117  
 Диацилнитроксилы 4/795  
 Диацилпероксиды 1/779; 3/319, 975-978; 5/446  
 Диацилсульфиды 4/1135  
 Диацилсульсунные кислоты, эфиры 5/1059  
 Диацилфосфолипиды 2/1177; 3/1096  
 Дибазол 2/85, 86, 412, 427; 1/497, 498; 4/774  
 Дибекзацин 1/247  
 Дибензасепины 1/70  
*o,o'*-Дибензамидодифенилдисульфид 3/1115  
 Дибензантрон 2/86  
 4,4'-Дибензантронил 2/86; 4/75  
 Ди(3-бензантроил)сульфид 4/75  
 Дибензил 1/494, 508; 2/182, 204; 5/939, 940  
 Дибензиламин 1/222  
 Дибензилдисульфид 1/488, 496; 4/171  
 Дибензилдидеин 4/867, 868  
 Дибензилдидеацетон 3/875  
 2,2-Дибензил-1,3-нидандион 2/439  
 Дибензилнитрозамин 5/939, 940  
 Дибензилсульфиды 4/42, 43, 913  
 Ди(бензилтио)группа защитная 2/326  
 Дибензилхлорфосфат 1/42  
 Дибензилы 2/464  
 Дибензо[*a,h*]антрацен 5/943  
 Дибензо[*b,e*]-1,4-диоксина 2/138  
 Дибензоил 1/493, 494  
 1,1-Дибензоилацетон 2/87  
*o*-Дибензоилбензол 1/531  
 Дибензоилбромметан 2/87  
 Дибензоилметан 2/86, 87  
 1,5(8)-Дибензоилафталины 3/372; 4/75  
 4,5-Дибензоилпиридазин 3/1043  
 2,8-Дибензоилхризен 5/608  
 4,5-Дибензоил-1-циклогексен 3/870  
 Дибензоилэтилен 3/736  
 Дибензо-18-краун-6-эфир 2/985, 986  
 Дибензоксазепин 2/87, 538; 3/843, 844, 846  
 Дибензо-1,4-оксазин 5/131  
 Дибензолхром 1/374; 3/787; 5/635  
 Дибензоипразин 5/115  
 Дибензоипразины 2/87, 88, 89, 1082  
 Дибензоипиренхинон 2/978, 979; 4/74, 75  
 Дибензоипририлы соли 2/87-89  
 Дибензо- $\gamma$ -пироны 2/87-89  
 Дибензопирокколины 2/398, 399  
 Дибензопиррол 2/617-619  
 Дибензотетрагидрофураны 4/1107  
 Дибензо-1,4-тиазин 5/144-146  
 Ди(2-бензогтазолил)дисульфид 1/306, 630, 636, 846; 2/377  
 Дибензотиопены 4/1122  
 Дибензотиофен(ы) 2/89, 90, 591; 3/463  
 Дибензо[*b,d*]тиофен 2/89, 90  
 Дибензотиофения соли 2/89  
 Дибензотиофенкарбоновые кислоты 2/90  
 Дибензотропиллий 5/20  
 Дибензофенантрен 3/333  
 Дибензофуран 2/90, 88, 91, 591, 593, 595  
 2,5-Диборадигидропиразины 1/598  
 Дибораи 1/538, 577-579, 582, 588-592, 604, 602, 833, 1080; 2/410, 986; 3/353, 354, 576, 580, 738; 4/342  
 2,5-Дибораиперазины 1/598  
 Диборагаты 1/580  
 2,7-Дибромакридин 1/112  
 N,N'-Дибром-4-аминогептан 3/1081  
 Дибромантантрон 3/1016  
 1,3-Диброматон 3/881  
 3,9-Дибромбензантрон 1/489  
 5,6-Дибром-1,3-бензодиксол 1/504  
 2,5-Дибромбензолсульфокислота 5/121  
 Дибромбензолы 1/615, 616; 2/1046; 3/908; 4/1095; 5/124  
 Дибромбутаны 1/640; 2/173; 4/713, 854  
 4,6-Дибром-3-гидроксибензальдегид 3/691  
 3,5-Дибром-2-гидроксибензил 5/127  
 5,7-Дибром-8-гидроксихинолин 2/1202; 3/714  
 1,3-Дибром-5,5-диметилгидантоин 2/17  
*мезо*-1,2-Дибром-1,2-дифенилэтан 5/939  
 $\beta,\beta'$ -Дибромдизтиловый эфир 2/134  
 Дибромиды 1/825  
 3,3-Дибром-1,2-нидандион 2/439  
 Дибромнидантрон 1/244  
 6,6'-Дибромниддо 2/441, 1093  
 5,7-Дибром-2-ниддо-2'-антраценниддо 2/441, 442  
 Дибромнидид 1/745  
 Дибромнодметан 1/504  
 Дибромокричная кислота 2/935  
 Дибром-*o*-крезолсульфогтален 4/936  
 Диброммалоновая кислота 2/1274  
 Диброммалононитрил 2/1276  
 Дибромметан 1/504  
 4,4'-Дибромметил-1,2-дифенилэтан 5/744  
 5,8-Дибромнафталинкарбоновые кислоты 3/373  
 Дибромнафтиридины 3/384  
 1,2-Дибром-1-нитро-2-фенилэтан 5/130  
 1,8-Дибромоктан 4/606  
 1,4-Дибромолефены 5/713  
 3,9(10)-Дибромперилены 3/950  
 Дибромпиридины 3/1045  
 Дибромпирогаллолсульфогтален 1/617  
 2,3-Дибромпропанол 2/175  
 Дибромпропаны 1/140; 2/178; 4/854; 5/739  
 Дибромсульфаны 4/655  
 Дибромтетрафторэтан 1/704  
 Дибромтимолсульфогтален 4/936  
 2,4-Дибром-1,3,5-триазин 4/1249  
 2,7-Дибром-4,5,6-тригидроксн-9-(2-сульфогтален)-3Н-ксантен-3-он 1/617  
 3,5-Дибромфенетидины 5/118  
 Дибромфенолсульфогтален 4/936  
 1,2-Дибром-3-хлорпропан 3/405  
 1,2-Дибромциклогексан 5/722  
 1,2-Дибромциклопентан 5/734  
*gem*-Дибромциклопропаны 2/36  
 1,2-Дибромэтан 1/614, 1203; 2/134, 173; 3/405, 631; 5/416, 994  
 Дибромэтилбензолы 5/122  
 2,3-Дибромарная кислота 1/432; 4/853, 856; 5/1058  
 Дибунол 2/91  
 Дибутиладипинат 1/47  
 Дибутилазеланнат 1/65  
 Дибутилаины 1/641, 642, 648; 2/404  
 N,N'-Дибутиланил 1/153, 154  
 1,4-Ди-*n*-бутиланилино-5,8-дигидроксн-антрахинон 2/79  
 1,4-Ди-*n*-бутиланлино-5,8-дигидроксн-антрахинон-2,6-дисульфокислота 2/79  
 Дибутилбензолы 3/936; 4/1139  
 3,5-Ди-*трет*-бутил-4-гидрокснанизол 3, 1088  
 3,5-Ди-*трет*-бутил-4-гидрокснитолюл 2/305  
*бис*-(2,6-Ди-*трет*-бутил-4-гидроксфенил)метан 1/977  
 Ди-*трет*-бутиладизен 3/508  
 2,6-Ди-*трет*-бутил-4-[(3,5-ди-*трет*-бутил-4-оксо-2,5-циклогексадиениден)метил]феноксил 1/977, 978  
 Ди-*трет*-бутилминоксил 2/419  
 Дибутылнтахонат 2/544  
 Дибутылкарбитол 2/627  
 Дибутылкарбонат 2/638  
 Дибутылксантогеит 4/171  
 Ди-*трет*-бутилметиленминоксил 4/303  
 2,6-Ди-*трет*-бутил-4-метилфеиол 2/91, 92, 103, 376, 1005; 1/163, 164, 286, 334, 336, 633; 3/277, 278, 580, 1088; 4/172, 400, 438, 815, 1088. См. также *Нинол*  
 N,N'-Ди-*трет*-бутилмочевина 1/642  
 Дибутилнафталинсульфокислота 1/629  
 Ди-*трет*-бутилнитроксиол 3/544  
 Дибутиловые эфиры 2/92; 5/1008  
 Дибутилксалат 5/795, 796  
 Дибутилолова соединения 3/81, 763, 916; 4/445  
 Ди-*трет*-бутилпероксид 1/1217; 3/680, 1244  
 Ди(трет-бутилперокси)динпропилбензол 2/1013  
 2,5-Ди(трет-бутилперокси)-2,5-диметилгексан 2/1013  
 2,6-Ди-*трет*-бутилпиридин 3/830, 831  
 Ди(трет-бутил)ртуть 4/552  
 Дибутилсебацат 2/92; 3/1117; 4/607  
 Дибутилсукцинат 4/494; 5/1058  
 Ди(трет-бутил)сульфат 4/906, 907  
 Дибутилсульфид 4/912  
 Дибутилсульфат 4/921  
 Дибутилсульфоксид 4/925  
 N,N'-Ди-*атер*-бутил-1,4-фенилендиамин 1/334  
 2,6-Ди-*трет*-бутилфенол 1/163, 783; 2/91; 4/695, 817  
 Дибутилфосфат 3/907; 4/1257; 5/254  
 Дибутилфталат 2/92, 140, 807, 812, 867, 934, 981, 996; 1/453, 650, 789; 3/1113, 1117; 5/377, 444  
 1,3-Ди-*трет*-бутилциклогексан 2/910  
 Ди-*трет*-бутилэтилены 3/330  
 2,7-Ди-*трет*-бутил-4-этокснкарбонил-5-метилтиепин 4/1120, 1121  
 Дибутрилгидразин 2/1295  
*o*-Дибутиролактон 1/652  
 Диванадий  
 оксиды 1/673-675, 678, 679, 1055; 2/26, 53, 236, 664, 801; 3/371, 372, 390, 665, 667, 699, 973, 1019, 1056, 1067; 4/193, 644, 657, 835, 869, 885, 886, 1152  
 пентасульфид 1/674  
 Дивинил 1/627-629, 651; 2/85; 3/10; 4/54. См. также 1,3-Бутадиен  
 Дивинилацетилен(ы) 1/711, 714; 2/93, 366; 3/324; 5/961  
 Дивинилбензол(ы) 2/92, 93, 200, 210, 520, 701, 809, 1267; 1/64, 163, 289, 311, 630, 884, 1002; 3/54, 662, 1088, 1229; 4/613, 661, 870, 1000, 1218; 5/813, 817  
 Дивинилкетоны 3/324, 1030  
 Дивинилметановые красители 3/129  
 Дивинил-нитрильные каучуки 1/621-631. См. также *Бутадиен-нитрильные каучуки*  
 Дивиниловые каучуки 1/628, 630-635. См. также *Бутадиеновые каучуки*  
 Дивиниловые эфиры 1/644, 717, 718, 1134; 2/202  
 1,2-Дивинилоксираны 5/714  
 Дивинил-стирольные каучуки 1/635-637. См. также *Бутадиен-стирольные каучуки*  
 Дивинилсульфид 2/93, 94, 533; 4/915  
 Дивинилсульфоксид 2/94, 9; 4/935  
 Дивинилтеллурид 4/1025, 1026  
 1,3-Дивинилтетраметилдисулксан 3/806  
 1,2-Дивинилциклопропаны 5/714  
 Дивинилэпоксинолигомеры 5/963  
 Дивисмута соединения 1/734-736, 738  
 Дивольфарма соединения 1/583, 813, 816, 817  
 Дигалактозилгликозилцерамид 1/1140  
 Дигалактозилдиацилглицерины 3/49  
 Дигалловая кислота 1/870; 4/978  
*o,o'*-Дигалогеназосоединения 2/1253  
 Дигалогеналканы 1/959; 2/178, 986; 4/42, 43, 1126  
 Дигалогеналкены 1/956

- 1,3-Дигалогениаминноантрахины 4/74  
 N,N-Дигалогениаминны 3/540  
 Дигалогенангидриды, см. *Дикарбоновые кислоты*  
 Дигалогенантрахионы 1/943, 944  
 9,10-Дигалогенантрацены 1/356  
 Дигалогенбензолы 1/374; 4/448  
 1,4-Дигалогенбутаны 3/1080  
 3-(2,2-Дигалогенвинил)-2,2-диметилциклопропанкарбоновые кислоты 3/1041  
 Дигалогенгидрины 1/1146  
 α,α-Дигалогендиалкилсульфиды 4/913  
 Дигалоген-1,4-диоксаны 3/498  
 Дигалогендифенилсульфоны 2/95; 4/44  
 1,2-Дигалоген-1,2-дифенилэтаны 2/182  
 Дигалогениды 1/360, 423, 606; 2/10, 14, 32, 100, 747, 1275; 3/32, 738; 4/94, 177, 1134; 5/59  
 2,6-Дигалогензоникотининовые кислоты 2/371  
 Дигалогенкарбены 2/36, 37; 3/24; 4/340, 341; 5/736  
 α,α-Дигалогенкарбоновые кислоты 1/1222  
 Дигалогенкетоны 5/95  
 2,7-Дигалогенксантои 2/88  
 Дигалогенафтохины 3/389  
 2,6-Дигалоген-4-нитрозобензолы 3/542  
 Дигалогенпиразолы 3/1034  
 1,1(2)-Дигалогенпропаны 3/108  
 α,β-Дигалогенпропионаты 3/105  
 Дигалогенстиролы 5/122  
 N,N-Дигалогенсульфамиды 4/898  
 α,α(α')-Дигалогенсульфоны 4/343  
 2,5-Дигалогентерефталевые кислоты 3/1017  
 Дигалогентерфенилы 4/1095  
 гем-Дигалогенуглеводороды 1/1084  
 Дигалогенуксусные эфиры 2/75  
 Дигалогенфенантрены 5/116  
 Дигалогенфосфины 1/964; 5/279  
 Дигалогенфосфораны 5/7, 241  
 2,3-Дигалогенхинолизарины 5/521  
*транс*-1,2(4)-Дигалогенциклогексаны 2/912, 913  
 Дигалогенциклопропаны 2/36, 37; 5/740  
 1,2-Дигалогенэтаны 2/173  
 Дигалогенянтарная кислота 2/1272  
 Дигексифосфат 5/254  
 Дигенин 3/1  
 Дигерманы 1/1039  
 Дигерманевая кислота 1/1034  
 Дигерманы 1/1039  
 Дигермадиклобутан 1/1039  
 Дигермоксаны 1/1039  
 Дигетерофосфоланы 2/94, 95  
 Дигетерофосфоринаны 2/94, 95  
 Дигидразиды 3/1240  
 Дигидразинийсульфат 1/1071, 1072  
 1,4-Дигидразинофталезин 1/522  
 Дигидроабетиновая кислота 2/602; 4/741  
 9,10-Дигидроакридин 1/112  
 Дигидроантранол 5/943  
 9,10-Дигидроантрахион 1/349, 350  
 9,10-Дигидроантрацен 1/355, 520  
 9,10-Дигидро-9-антрол-1-карбоновая кислота 1/350  
 Дигидробензантрол 1/489  
 4,5-Дигидробензол[*b*]азепин 2/417  
 1,2-Дигидро-1,4-бензодиазепин-2(3H)-оны 1/503  
 1,2-Дигидро-3H-1,4-бензодиазепины 1/504  
 Дигидробензоии 1/493  
 1,2-Дигидробензол 5/721, 722  
 4,5-Дигидро-1,2-бензоипирен 1/519  
 1,3-Дигидробензо[*c*]тиофен 1/528  
 Дигидробензофураны 1/531; 3/408  
 7,8-Дигидробоптерин 4/1095  
 Дигидробораны 4/342  
 β-Дигидрогептахлор 2/470  
 5,6-Дигидро-6-гидроксипиримидины 3/1052  
 1,6-Дигидро-6-(1-гидроксиэтил)пурин 4/274  
 Дигидро-1,4-дiazепиний-катионы 2/65  
 1H-2,3-Дигидро-1,2-дiazепины 2/65  
 1,4-Дигидродибензофуран 2/90  
 9,10-Дигидро-3,4-дигидрокси-9,10-диоксо-2-антраценсульфокислота, *Na*-соль 1/139  
 6,15-Дигидродинафто[2,3-*a*; 2',3'-*b*]феназин-5,9,14,18-тетраол 2/439, 440  
 Дигидро-1,3-диокса-2,4-дiazины 3/540  
 Дигидродинпридил 2/142  
 Дигидродифосфаты 5/250  
 Дигидрожасмон 2/251, 252  
 Дигидрозеатин 5/769  
 3,4-Дигидронзохинолины 1/567, 568  
 Дигидромидазолы 2/412, 413  
 1,2-Дигидро-2-иминопиримидины 2/123  
 2,3-Дигидроинден 2/438  
 Дигидроиндол 2/457-459  
 2,3-Дигидроксантотоксин 2/1087  
 1,3-Дигидроксиадамтан 1/34  
 4,4'-Дигидроксиазобензолы 3/1270  
*o,o'*-Дигидроксиазокрасители 2/774, 775  
 2,4-Дигидрокси-6-аминопиримидин 5/707  
 2,4-Дигидрокси-6-амино-сим-триазин 2/205  
 Дигидроксиантрахионпиразин 2/78  
 1,2-Дигидроксиантрахион-3-сульфокислота 1/353  
 Дигидроксиантрахины 1/139, 259, 260, 353, 944; 2/78, 135, 136, 1094; 3/524, 689-691; 5/521, 522  
 Дигидроксиантрацены 1/349; 2/136; 5/521  
 3,4-Дигидроксиапорфин 1/359  
 3,6-Дигидроксиарабиногексановая кислота 4/904  
*цис*-1,2-Дигидроксиаценафтен 1/419  
 Дигидроксиацетон 1/652, 1123, 1146; 3/264, 615, 616, 687, 688  
 Дигидроксиацетофосфаты 1/165, 202; 2/364, 1190, 1211; 3/615, 616, 918, 919; 4/1268; 5/246  
 2,4-Дигидроксибензальдегид 5/114  
 16,17-Дигидроксибензантрон, метиловый эфир 2/86  
 2-((3,4-Дигидроксибензил)бензойная кислота 2/136  
 Дигидроксибензойные кислоты 1/1115; 3/692, 693; 4/448  
 Дигидроксибензолсульфокислоты 4/972; 5/139  
 Дигидроксибензолы 1/1115, 1116; 2/136, 366; 3/694, 1055-1057; 4/448-450; 5/135, 139, 140. См. также *Гидрохинон*, *Пирокатехин*, *Резорцин*  
 4,4'-Дигидроксибензофенон 5/140  
 2,2'-Дигидроксибифенил 5/141  
 1,4-Дигидрокси-2-бутанол 1/651  
 16,17-Дигидроксиивнолаитрон, метиловый эфир 2/86  
 2,2'-Дигидрокси-3,3',5,5',6,6'-гексахлордифенилметан 2/184  
 1,8-Дигидрокси-3-гидроксиметилантрахион 2/136  
 Дигидроксиантрахиондисульфокислоты 1/354  
 D-(+)-3-(2,4-Дигидрокси-3,3-диметилбутириламино)пропионовая кислота 3/877  
 2,4-Дигидрокси-3,3-диметилмасляная кислота 3/877  
 2,5-Дигидрокси-2,5-диметил-1,4-циклогександион 2/85  
 1,8-Дигидрокси-4,5-динитроантрахион 2/136  
 2,3-Дигидрокси-1,4-диоксан 2/233  
 Дигидроксидиорганосиланы 3/807  
 β,β'-Дигидроксидиорнонитрил 1/918  
 Дигидроксидифенилметаны 1/452; 2/88, 460  
 Дигидроксидифенилсульфон, *K*-соль 4/44  
 Дигидроксидифенилы 2/90; 3/1213; 4/44  
 1,4-Дигидрокси-2,5-дифенил-*n*-хинон 4/1095  
 11β,21-Дигидрокси-6α,9α-дифтор-16α,17α-диметилдиендиоксипрегна-1,4-диен-3,20-дион 2/959  
 Дигидроксидихлорантрахины 2/79, 136  
 2,2'-Дигидрокси-5,5'-дихлордифенилметан 2/184  
 4,4'-Дигидроксидининамоилметан 2/972  
 2,2'-Дигидроксиэтиловый эфир 2/211, 212  
 β,β'-Дигидроксиэтилсульфоксид 4/1128  
 β,β'-Дигидроксиэтилсульфон 4/1128  
 2,3-Дигидроксиэвалерат 3/617, 618  
 2,6-Дигидроксиэнонотиновая кислота 2/371  
 3,4-Дигидроксиэнопропиламинноацетофенон 2/346; 3/817  
 4,5-Дигидроксиимидазолион 1/1142  
 5,6-Дигидроксииндол 3/36  
 2,3-Дигидроксикетоны 3/1025  
 6,7-Дигидроксикумаранон 2/1087  
 D-*трео*-2,3-Дигидроксимасляная кислота 3/741  
 1,8-Дигидрокси-3-метил-9-антрон 2/972  
 2,2-Дигидрокси-3-метилвалерат 3/617, 618  
 3,5-Дигидрокси-3-метилпентаановая кислота 3/700  
 3,5-Дигидрокси-4-метоксибензойная кислота 1/940  
 1,7-Дигидрокси-3-метоксиксантон 2/974  
 Дигидрокси мочевины 5/83  
 3,4-Дигидроксинафталин-2,7-дисульфокислота 4/1118  
 Дигидроксинафталинсульфокислоты 2/139; 5/636  
 Дигидроксинафталины 1/654, 655; 2/138, 139; 3/387, 706; 5/141, 521  
 2,2'-Дигидрокси-1,1'-нафталязин 2/1228  
 2,2'-Ди(1-гидрокси)нафтил 3/950  
 Дигидроксинафтохины 3/390, 706, 707  
 эритро-9,10-Дигидроксиноктадеканол-1-ацетат 1/342  
 2,2'-Дигидрокси-4-октилгидроксибензофенон 1/530  
 α,ω-Дигидроксиолигогидриорганосилоканы 3/806  
 α,ω-Дигидроксиорганосилоканы 3/807  
 Дигидроксипиридины 3/710  
 5,6-Дигидроксипиримидин 3/1052  
 3,4-Дигидроксипировиноградная кислота 2/400, 401  
 α,α'-Дигидрокси(поли)алканы 2/1103  
 1,3-Дигидрокси-2-пропанон 3/687  
 5-N-(2,3-Дигидроксипропил)ацетамидо-2,4,6-трииндозофталевая кислота, *бис*-(2,3-дигидроксипропиламид) 4/478  
 Ди-[2(3)-гидроксипропил]сульфиды 2/76  
 2,4-Дигидроксиптеридин 1/525  
 Дигидроксиосоединения 1/943  
 ортозамещенные 1/267  
 сложные полнэфиры, см. *Поликарбонаты*  
 11,17-Дигидроксистероиды 4/219  
 6,6'-Дигидроксиунофулутин-В 4/652  
 1,3-Дигидрокси-2,4,6-тринитробензол 4/1266  
 3,7-Дигидроксиотропан 5/17  
 2,6-Дигидроксиотропан-4-карбоновая кислота 5/21  
 1,6-Дигидроксифеназин-5,10-диоксид 2/975  
 4-(2,4-Дигидроксифенилазо)бензолсульфокислота 5/19  
 2-(2,4-Дигидроксифенилазо)пиридин 3/1044  
 3,4-Дигидроксифенилаланины 1/392; 2/696, 1152; 3/36, 271, 272, 619, 620; 4/1170; 5/948  
 3-(3,4-Дигидроксифенил)-2-гидразино-2-метилпропионовая кислота 4/237  
 Дигидроксифенилэтан 2/347  
 1-(3,4-Дигидроксифенил)-2-изопропиламинозанол гидрохлорид 2/346  
 сульфат 3/817  
 1-(3,4-Дигидроксифенил)-2-метиламиноэтанол 1/48  
 2,2-Ди(4-гидроксифенил)пропан 2/95, 96; 1/164, 562; 3/1213, 1252-1254; 5/963  
*транс*-3-(3,4-Дигидроксифенил)пропеновая кислота 5/202  
 2-(3,4-Дигидроксифенил)этиламины, гидрохлорид 2/222  
 Дигидроксифенолы 5/942  
 3,9-Дигидроксифлуорантеин 5/212  
 2,3-Дигидроксихинооксанон 5/523  
 3,4-Дигидрокси-2-хлорацетофенон 2/346  
 Дигидроксихолановые кислоты 2/278  
 1(24),25-Дигидроксихолекальциферолы 1/746, 747; 3/884  
 3,12-Дигидрокси-5β-хол-8(14)-ен-24-овая кислота 2/278  
 20,22-Дигидроксихолестерин 1/1046  
 7,8-Дигидрокси-9,10-эпокси-7,8,9,10-тетрагидро-1,2-бензоипирен 3/293  
 1(24),25-Дигидроксиэрогальциферолы 1/746, 747  
 N,N-Ди(2-гидроксиэтил)амиды 5/974  
 Дигидроксиянтарные кислоты 1/725-727  
 Дигидрокумарины 2/1100; 5/450  
 Дигидроликорин 2/1179  
 6,8-Дигидролиповая кислота 2/1193  
 Дигидролпипидегидрогеназа 4/1260  
 Дигидролпипидсукиянилтрансфераза 4/1260  
 Дигидроманоилоксыды 2/1280  
 Дигидро-6-метил-1,2,3-оксагтазин-4-он-2-диоксид, *K*-соль 3/1090  
 Дигидромирден 2/96; 3/869  
 Дигидромирденаль 3/178  
 Дигидромирденлацетат 2/96  
 Дигидромирденол 2/96; 1/1096  
 Дигидромолибденоен 3/92  
 Дигидронафталины 1/620; 3/350, 372  
 Дигидрооксазины 1/1095; 2/419; 3/540  
 Дигидрооксазолы 3/681-683  
 4,5-Дигидрооксепины 5/714  
 Дигидроорат 3/619, 620  
 L-Дигидрооротовая кислота 3/812, 813  
 Дигидроортоацетаты 1/382  
 Дигидроортофосфаты 5/250  
 5,15-Дигидропероксэкозопалионовые кислоты 2/1158

- 2,3-Дигидропирразин 5/986  
 2,3-Дигидропирран 3/1038, 1039; 4/1098  
 Дигидропиранокумарины 5/66  
 4,5-Дигидропиррен 3/1039  
 1,8-Дигидропирренкарбоновая кислота 3/1040  
 Дигидропирридин, 1/980; 2/963, 964; 3/1046; 4/773  
 Дигидропирогаллол 3/1054  
 Дигидропирролизин 3/1082  
 5,6-Дигидропирроло[3,4-а]пирразин-7(5H)-он 4/1226  
 Дигидропорфирин 5/574, 772  
 Дигидропорезорин 4/1267, 1268  
 Дигидропротенон 4/540  
 Дигидросомляные кислоты 2/602  
 Дигидрострептомицисульфат 2/121  
 Дигидросульфиды 2/174, 175  
 Дигидросульфозин 4/968  
*транс*-Дигидро- $\alpha$ -терпинеол 4/1091  
 Дигидротестостерон 1/300  
 Дигидротимин 3/619, 620  
 Дигидротиопирран 4/1143  
 Дигидротиофен-1,1-диоксиды 4/926, 927  
 Дигидротиофены 4/927, 1157  
 С-Дигидротоксиферин 2/458, 459  
 1,2-Дигидро-1,2,5-триазин 4/1250  
 Дигидротрифосфаты 5/248  
 Дигидроурацил 1/139; 3/619, 620, 1051  
 5,6-Дигидроуридин 3/174; 4/1239  
 5,10-Дигидрофеназин 5/115  
 Дигидрофенантрены 2/758; 5/117, 649, 650  
 2,4-Дигидрофенилгидразоны 4/396  
 Дигидрофлаван 5/201  
 Дигидрофолат 3/470  
 Дигидрофолатредуктаза 4/524, 1095, 1096  
 Дигидрофолевая кислота 4/231, 901  
 Дигидрофуран 1/264; 2/973  
 Дигидрохалконы 5/201–203  
 Дигидрохиназолины 5/519, 520  
 Дигидрохинокридон 1/113  
 5,12-Дигидрохинолино[2,3-*b*]акридин-7,12-дион 1/113  
 Дигидрохлоранн 3/663  
 7-Дигидрохолестерин 1/746, 748  
 Дигидроцебитон 3/291  
 5,6-Дигидроциклопентадиены 5/714  
 Дигидроэрготоксин 5/968  
 Дигитоксин 1/1130; 5/1053  
 Дигитонин 4/381, 578, 860; 5/589, 1053  
 Дигликозилдингидриды 1/1131  
 Дигликольный альдегид 3/916  
 Дигликолы 1/1134; 2/211, 212; 4/201; 5/222  
 Дигликолиды 2/1140, 1141  
 Дигликольамин 1/932  
 Диглим 1/589–591, 598, 633, 635, 1140; 2/376, 807  
 Диглицириды 1/1085, 1144, 1145; 2/303, 304, 306, 1188, 1190, 1191  
 Диглицерол 1/918  
 Дигоксин 1/1130  
 Дигомо- $\gamma$ -линоленовая кислота 3/396; 4/211  
 11-*цис*-3,4-Дигидридретиналь 4/537  
 2,6-Дидезоксинальдогексозы 3/740  
 3,6-Дидезоксигексозы 2/21  
 2',3'-Дидезоксинуклеозидтрифосфат 3/589  
 Дидейтерилсульфоксид 2/25  
 Дидецилсульфид 2/96  
 Дидецилфосфат 2/521  
 2,2'-Ди(дидецилоксикарбонил)дидецилсульфид 2/96, 97  
 Дидан 3/410; 4/436  
 Дидодецилсульфид 2/96  
 Дидодецилтриоднпропионат 2/96, 97  
 Дидодецилфталат 3/913, 1117  
 Диенамны 1/423  
 Диевнинлароматические термоэластопласты 4/1087–1089  
 Диевновые каучуки 2/99, 100, 284–286; 3/660  
 Диевновые комплексы переходных металлов 2/97, 98, 100, 274, 275; 1/823; 3/82, 84, 251, 826, 875, 1131; 4/468, 566  
 Диевновые углеводороды 2/98; 3/406  
 алифатические 2/98, 99  
 алициклические 2/98–102  
 алленовые, см. *Аллен*  
 изомерия 2/99, 369, 908; 3/773  
 координированные 1/185. См. также *Диевновые комплексы переходных металлов*  
 напряженные, см. *Норборнадие*  
 несопряженные 2/36; 4/70  
 получение 1/177, 1134; 2/14, 115, 121, 246; 3/346, 786; 4/170; 5/96, 439, 443  
 свойства 1/80, 176, 601, 720, 964, 992, 1040; 2/97, 98, 120, 130, 246, 274, 275, 375, 418; 640, 674, 863, 920, 921, 1205; 3/444, 477, 478, 549, 581, 760, 874, 876, 1031; 4/158, 694, 926, 927, 934, 1027, 1108, 1158; 5/9, 293, 332, 443, 570, 722, 732, 733  
 со связями изолированными 2/98. См. также *Олефины*  
 – кумулированными 2/98. См. также *Аллен*  
 сополимеры 2/520, 701, 1267; 3/257, 734; 4/766  
 сопряженные 2/36, 97–102, 1204, 1273; 3/10, 1031; 4/499, 767, 1167; 5/310  
 – конденсация, см. *Диевовый синтез*, *Диевофилы*  
 циклические 3/579; 4/856  
 Диевовый синтез 2/100, 99, 130, 247, 359, 360, 404, 469, 638, 639, 889, 1272; 1/143, 186, 628, 843, 1216, 1217; 3/110, 115, 389, 525, 540, 556, 579, 678, 679, 706, 739, 787, 1031, 1043, 1074; 4/740, 1133, 1153, 1157, 1158, 1160, 1248, 1250; 5/21, 532, 534, 722, 724–726, 730, 737, 977. См. также *Диевновые углеводороды*, *Диевофилы*, *Дильса-Альдера реакция*  
 аддукты 1/38  
 гомо-превращения 2/102  
 «домино» 2/101  
 нитрамолекулярный 4/1226  
 компьютерный 2/886  
 «кошерность», см. *Перициклические реакции*  
 механохимический смесевой 3/147  
 орбитали 1/1186; 3/964  
 поверхностные потенциальной энергии 3/1178  
 правила Альдера 1/199  
 – Вудворда-Хофмана 2/101  
 стереоспецифичность 2/129  
*цис*-Диевоны 3/1037  
 Диевофилы 1/375, 532, 742, 995; 2/99–102, 120, 360, 1272; 3/115, 514, 556, 579; 4/856, 1133, 1158, 1248, 1250; 5/428, 534, 705, 722, 734, 977  
 Диены, см. *Диевновые углеводороды*  
 Диежелеза триоксид, см. *Железа оксид*  
 Дизаялант 3/969, 970  
 Дизельные масла 2/595; 3/277  
 Дизельные топлива 2/102, 27, 33, 34, 103, 131, 166–170, 594, 679, 1005, 1102; 1/728, 920, 1089, 1108; 3/117, 278, 442, 446–448, 462, 507, 547, 978; 4/174, 175, 461, 526; 5/696, 951  
 воспламеняемость, см. *Цетинолы*  
 число  
 индекс 1/307  
 синтетические 2/677  
 смесь с нитратом аммония 1/608  
 Дизопирамид 1/319, 320  
 Дизоамиловый эфир 5/693  
 Дизобутилалюмогалогениды 1/210; 4/1258  
 Дизобутилалюмогидрид 1/210; 4/926, 933, 1257, 1258; 5/774  
 Дизобутиламин 1/641, 642  
 (–)-3,6-Дизобутил-1,4-диоксан-2,5-дион 2/1141  
 Дизобутилены 3/104, 1244  
 Дизобутилкарбонат 2/638  
 Дизобутилртуть 4/1258  
 Дизобутилсебацнат 4/607  
 Дизобутилсульфид 4/912  
 Дизобутилфталат 1/650  
 Дизодецилфталат 3/1117  
 Дизооктилаланинат 3/1117  
 Дизооктилзеланнат 1/65  
 Дизооктилдитиофосфат 4/172  
 Дизооктилсульфат 2/396  
 Дизооктилфталат 3/728  
 Дизоопниокамфилборан 1/601  
 Дизопропанол 1/932  
 Дизопропаноламин 1/901, 932; 2/378, 379  
 Дизопропенил 2/99  
 Дизопропиладипинат 1/47  
 Дизопропиламин 3/26; 4/197, 198  
 1,4-Дизопропиламиноантрахинон 2/302  
 N,N-Дизопропилбензамид 1/488  
 Дизопропилбензол 1/1115; 2/396, 465, 520; 4/448  
 (–)-3,6-Дизопропил-1,4-диоксан-2,5-дион 2/1141  
 1,2,5,6-Ди-О-низопропилен-D-маннит 1/1147  
 2,3,4,6-Ди-О-низопропилен-L-сорбоза 1/745  
 Дизопропилксантогендисульфид 1/629  
 Дизопропиловый эфир 2/103, 297; 5/1008  
 Дизопропилсульфид 4/912  
 Дизопропилсульфит 4/921  
 Дизопропилфосфат 2/103  
 Дизопропилфторфосфат 2/103, 104, 695; 1/435, 1098; 3/846; 4/194, 893, 1075; 5/273, 518  
 Дизопропилэтиламин 4/197  
 Дизохинолиновые алкалоиды 1/533  
 1,6-Дизоцианатогексан 1/989  
 4,4'-Дизоцианатодифенилметан 2/184  
 Дизоцианатотолуолы 4/1199, 1200  
 Дизоцианаты 1/151–153, 847; 2/82, 118, 286, 372, 401, 402, 404, 707, 708, 808, 867, 868, 1150, 1214; 3/21, 159, 744, 909, 1224, 1246, 1259; 4/25, 29, 30, 49, 51, 54–56, 70, 1088, 1199; 5/72, 73, 84–86, 88, 124, 238  
 Дизоэвгенол 2/408  
 Димилотрифосфаты 5/253  
 Димиды 3/950, 951, 1016, 1017  
 1,3-Димининозонидол 5/385  
 1,3-Димининозонидолин 1/87  
 Диминны 1/1068; 3/739, 953; 4/634  
 «Диндиоль» 2/85  
 Динидиолы 2/456  
 Динины 5/293  
 n-Диндобензол 2/497  
 n,n'-Динидифенилсульфон 2/497  
 Динодметан 2/421; 3/113, 1057. См. также *Метиленидиол*  
 3,5-Динод-4-оксо-1,4-дигидропирридиноуксусная кислота 4/478, 479  
 Динодпентаоксид 2/495  
 Динодперфтордифенил 2/90  
 Динодстеараты 4/478  
 Динодтирозин 1/340; 4/1170, 1171  
 Диканн 3/68  
 Дикалий, монооксид 1/820  
 Дикальций, дибораты 2/582, 583  
 «Дикальцийфосфат» 2/937  
 Дикамба 1/1028, 1029  
 Дикаптол 2/175  
 Дикарбазолилы 2/618  
 6,8-Дикарба-арано-нонаборан 2/650  
 Дикарба-клязо-додекабораны 2/650–652  
 1,5-Дикарба-клязо-пентаборан 2/650  
 3,3'-Дикарбокс-4,4'-днитротрифенилсульфид 5/941  
 Дикарбонилжелезо 2/276  
 Дикарбонилсульфид 3/79  
 Дикарбонилметил(η-циклопентадиенил)железо 3/81  
 бис-[Дикарбонил(η-циклопентадиенил)рутений] 4/566  
 Дикарбонильные соединения 2/104, 65, 105–107, 360, 361, 636, 784, 785, 815, 816; 1/656, 784, 980, 981, 1147  
 3/580, 665, 688, 870, 1034; 4/67–70, 270, 500, 530, 991, 992, 1144, 1145, 1158; 5/123, 713, 794  
 альдегидо- и кетокислоты 1/194, 195, 196  
 альдегиды, см. *Глюкозаль*, *Диальдегиды*  
 арил(гетерил)замещенные 4/1148, 1253  
 гидразоны 3/655, 656; 4/1253; 5/1059, 1060  
 энولات, см. *β-Дикетонаты металлов*  
 кетоальдегиды 2/741, 742, 743  
 кетоны, см. *Дикетоны*  
 конформеры 2/908  
 таутомерия 2/165, 247, 248  
 этилацетоацетат, см. *Ацетоуксусный эфир*  
 Дикарбоновые кислоты 2/107, 82, 108, 379, 640, 643, 1169; 1/270, 1142–1144; 3/658, 744, 1059, 1207, 1208, 1212, 1247, 1252; 4/54, 200, 1258, 1259, 1261; 5/84, 85, 348, 398, 713, 723, 724, 967, 975, 1058  
 азиды 2/1106; 4/25  
 алифатические 2/92; 3/945, 946, 1116, 1117, 1219; 4/48, 90  
 амиды 2/415, 417  
 ангидриды 1/476; 2/867; 3/838, 953, 1240; 4/95, 272, 969  
 – галогензамещенные 1/943; 2/95, 986, 1036; 3/1201, 1209, 1210, 1212, 1213, 1217–1219, 1240, 1255; 4/25, 95, 538; 5/369  
 ароматические 1/513, 827; 2/95, 116; 3/945, 946, 953; 4/48, 90; 5/535  
 гббереллины 1/1063, 1064  
 ди- и полигидразиды 3/1240; 4/25, 26, 48  
 имиды 1/951, 952; 3/953, 954; 5/380  
 как моносахариды 3/257  
 метаболизм 3/617–621  
 нитрилы 2/417  
 соли 2/28, 29; 3/966, 1163  
 эфирамиды 2/417  
 эфиры 1/444, 606, 620, 644; 2/92, 785, 806, 863; 3/277, 291, 688, 728, 1117, 1209, 1210, 1212, 1240; 4/90, 95, 391, 669; 5/1012  
 Дикват 2/142  
 дибромид 1/1032; 2/37, 38  
 Дикветен 2/108, 78, 109, 740, 741, 1110; 1/335; 3/69  
 Дикетимид 3/376  
 2,3-Дикетоглоуоная кислота 1/744  
 Дикетодикарбоновые кислоты 4/873  
 Дикетодиформы 2/785  
 Дикетонимидазолидины 2/412  
 Дикетодикарбоновые кислоты 3/870  
 β-Дикетонаты металлов 2/109, 105, 110, 872; 3/818; 4/68; 5/8, 164, 441, 966

- Дикетонитрилы 3/870  
 Дикетоны 1/444, 450, 493–495, 510, 951, 957, 971, 980, 987, 1074; 2/78, 82, 85, 104–107, 179, 233, 411, 545, 547, 745, 747, 785, 813, 815, 924, 969, 1271; 3/180, 870, 891, 1024–1026, 1033, 1038, 1049, 1255; 4/68, 313, 390, 530, 873, 991, 1197, 1220, 1250; 5/57, 369, 427, 607, 792, 825, 986, 1059  
 1,3-бутандион, см. *Диаетил*  
 соединения с металлами, см. *β-Дикетонаты металлов*  
 фторированные, см. *Полифтор-β-дикетоны*  
 циклические 4/529. См. также *Индандионы*, *Хиноны*  
 β-кетоперезины 1/252, 391; 3/924, 930; 5/197, 894  
 Диксепорол 3/576  
 соединения, см. *Пероксидные соединения неорганические*  
 Диксит 1/1141  
 Диклосаццилин 2/1134  
 Диклофенак натрия 2/110  
 Дикмана реакция 2/110, 111, 785, 889; 1/143; 5/1010  
 Дикобальтокарбонил 1/864  
 Дикотекс 5/585  
 Диколол 1/107  
 Дикремниевые кислоты 2/1006  
 Дикротофос 2/472  
 Диксангилен 2/88  
 Диксантоген 2/213  
 1,3-Дн-(2,4-квядлиллино)-2-метил-2-азаропан 1/107  
 Диктаминн 5/527  
 Дикумарин 2/111, 1100; 1/330; 4/249  
 Дикумарол 2/111  
 Дикумилпероксид 2/1102  
 n-Дикумилхлорид 3/1227  
 Дикуран 1/1030  
 Дилактид 2/1149  
 Дилалаки 2/998  
 Дилана 4/90  
 Дилатансия 2/111, 112; 4/487, 885  
 Дилатогетрия 2/35, 36; 4/1058, 1078  
 Дилауритдиондипропионат 4/815  
 2,6-Дилитгийсульфонилбензоаты 1/374  
 1,4-Дилитгийтетрафенил-1,3-бутандиен 2/182  
 Дилитгуровая кислота 1/455  
 Дилор 1/949; 2/470  
 Дилтиазем 4/773  
 Дильрин 1/337, 998; 2/470; 5/733  
 Дильсия углеводород 4/861, 862  
 Дильса-Альдера реакция 1/157, 375, 532, 640, 742, 995, 997; 2/65, 90, 97, 100–102, 182, 205, 1273; 3/58, 514; 4/61, 418, 419, 426, 512, 856; 5/413, 738, 759. См. также *Диеновый синтез*  
 Димарганца гептаоксид 2/1291  
 Диметбол 1/721; 3/110, 111  
 Димедон 2/112; 3/26  
 Димедрол 2/112, 113, 123; 1/324  
 1,4-Димезидиноантирахинондисульфокислота, гексаметиленаммониевая соль 4/18  
 1,3-Ди(мезилокси)алканы 2/139  
 1,4-Димезитилминоантирахинон 1/352  
 Димесколин 2/1215; 3/1018  
 Димезитация 2/113, 85, 99, 134, 179, 205, 206, 246, 313, 403, 413, 525, 623, 643, 644, 741, 935, 1252; 1/371, 375, 523; 3/18–20, 70, 78, 84, 102, 104, 105, 110, 123, 508, 514, 539, 544, 549, 552, 687, 738, 741, 876, 986; 4/450, 740, 869, 908, 1103, 1222; 5/332, 450, 570, 713, 722, 734, 737, 811  
 в звуковых полях 5/60  
 кластерная 2/796  
 обесцвечивающие эффекты 1/1216, 1217  
 окислительная 2/106, 400; 3/1250  
 по Торпу-Циглеру 5/711  
 твердофазная 4/412, 413  
 фотохимическая 1/375; 2/52; 4/1217, 1218; 5/332, 355, 360, 738, 811  
 электрохимическая 5/903  
 Димеркаптаны 2/174, 175  
 Димеркаптоалканоли 2/174, 175  
 Димеркаптоалкансульфонаты 2/174, 175  
 Димеркаптоалканы 2/174, 175  
 1,2-Димеркаптоарены 4/1154  
 1,4-Димеркаптобутан 2/173  
 Димеркаптокарбонные кислоты 2/174, 175  
 Димеркаптомаленинодинитрил 5/706  
 1,3-Димеркаптопропан 2/173  
 2,3-Димеркаптопропанол 1/328; 2/175, 1216  
 2,3-Димеркаптопропеновая кислота 4/207  
 2,6-Димеркаптопурин 4/274  
 1,2-Димеркаптоэтан 2/173, 175  
 2,3-Димеркаптоянтарная кислота 2/175  
 Диметакрилат 4/969  
 Диметаноламин 1/194  
 Диметиладипнат 1/47  
 Диметилазеланат 1/65  
 N,N-Диметилалканолмины 1/265  
 N,N-Диметилалкиламины 3/106  
 3,3-Диметилаллил-1-дифосфат 3/617, 618  
 Диметилаллилпирофосфат 4/865, 1092  
 1,3-Диметилаллоксазины 1/525  
 Диметилаломогидрид 1/538  
 Диметилаломохлорид 1/210  
 Диметиламиды 2/121; 3/106  
 Диметиламин(ы) 2/115–117, 121, 123, 275, 549; 3/106, 107, 124, 125, 438, 503, 709, 982, 1036, 1195; 4/100, 342, 972; 5/125, 222, 305  
 n-Диметилминоазофениларсоновая кислота 5/762  
 β-Диметилминоахроленны 1/710  
 Диметилминоалканоли 1/235  
 Диметилминоацетон 1/237  
 4(n)-Диметилминобензальдегид 2/113, 103, 114; 1/238, 264, 1071; 3/281, 711, 1079; 4/397, 713; 5/1, 968, 970  
 4-Диметилминобензальдегидданил 2/114  
 4,4'-бис-(Диметилмино)бензгидрол 3/181  
 4-Диметилминобензиловый спирт 2/113  
 4-Диметилминобензойная кислота 2/113  
 4,4'-бис-(Диметилмино)бензофенон 3/181  
 (Диметилмино)боран 4/627  
 1,4-бис-(Диметилмино)-2,3-бутандиол 1/389  
 1,6-бис-(Диметилмино)гексан 1/503  
 Диметилминогруппа 3/569  
 3-Диметилмино-3-дезоксид-D-глюкоза 1/264  
 Диметилминодигидроксантирахиноны 2/79  
 3-Диметилмино-3,4-дидезоксид-D-глюкоза 1/264  
 4,4'-бис-(Диметилмино)дифенилкетон 1/367  
 2-Диметилмино-6-дифенилсалицинофосфамидо-7-метилпурин 5/218  
 α-Диметилминонзомасляный альдегид 1/237  
 Диметилминокислоты 1/251, 252  
 n-Диметилминокоричный альдегид 1/556  
 2,N,N-Диметилминометанол 5/385  
 2-[3-(Диметилминометиленамино)-2,4,6-триодфенил]пропионовая кислота, Na-соль 4/478, 479  
 2-Диметилмино-2-метил-1-пропанол 2/114  
 2-Диметилмино-7-метилпуринил-6-амидофосфорная кислота 5/218  
 6-Диметилмино-1-метил-3-циклогексил-1,3,5-триазин-2,4-дион 4/1249  
 1,8-бис-(Диметилмино)нафталин 2/114, 82, 115  
 1-Диметилминонафталин-5-сульфохлорид 1/476; 5/801  
 1-Диметилмино-4-нитробензол 3/535, 536  
 4-Диметилминопиридин 3/830, 831  
 3-Диметилминопропанол 2/417  
 3-(Диметилмино)пропилхлорид 2/417  
 Диметилминопропилгетилкарбодимид 2/630; 3/932  
 4,4'-бис-(Диметилмино)-транс-стильбен 2/113  
 бис-(4-Диметилминофенил)метан 3/181  
 трис-(n-Диметилминофенил)метилкатионы 2/941  
 1,1'-бис-(4-Диметилминофенил)этилен 3/181  
 3-Диметилминофенол 2/88  
 трис-(Диметилмино)фосфиноксид 5/304, 305  
 Диметилминоэтанол 1/441; 2/112, 123  
 2-Диметилминоэтантриол 4/1164  
 Диметилминоэтилметакрилат 1/234, 235  
 Диметилминомнойформат 2/121  
 Диметиланилин 1/153–155, 254, 367, 498, 530; 2/113–115, 178, 181, 455, 1057, 1091, 1271; 3/536, 830; 4/92, 525; 5/559, 647, 722  
 9,10-Диметилантрацен 1/349  
 Диметиларсин 3/308  
 Диметилацетал 1/32, 420; 4/170  
 N,N-Диметилацетамид 2/115, 116; 1/230, 421, 427; 3/107, 1199, 1209, 1210, 1214, 1216–1219, 1246, 1258, 1260; 4/26, 58, 60, 71; 5/57, 235, 546, 860  
 Диметилацетилгидразид 2/117  
 2,4-Диметил-4-ацитилокси-2-оксазолон 3/683  
 3',4'-Диметилацетофенон 2/600  
 3,3'-Диметил-2-ацетиламиноакриловые кислоты 3/897  
 1,3-Диметилбарбитуровая кислота 1/455  
 N,N-Диметилбензамид 1/488  
 3,3'-Диметилбензидин 4/397  
 N,N-Диметилбензиламин 2/116  
 1,3-Диметилбензимидазольный-катионы 4/267  
 5,6-Диметилбензимидазолпирротид 1/743  
 5,6-Диметилбензимидазолн-β-D-рибофуранозид 2/944, 946  
 1(5),6-Диметилбензимидазола 1/744; 4/1199  
 9,10-Диметил-1,2-бензоантрацен 2/605  
 Диметилбензолсульфонат 4/413  
 Диметилбензоаты, см. *Ксалоаты*  
 5,7-Диметилбензо-2,1,3-тиадиазол 1/526  
 2,6-Диметил-1,4-бензохинон 1/533; 3/25; 4/1125  
 Диметилбериллий 1/538  
 10,10'-Диметил-9,9'-биакридинидинитрат 2/1230  
 N,N'-Диметил-4,4'-бипиридин 5/333  
 7,7-Диметилбцикло[4.1.0]гептан-4-он 2/653  
 эндо-4,4-Диметилбцикло[3.2.1]окт-2-ин 2/598  
 2,3-Диметил-1,3-бутадиев 2/99, 100; 3/1026; 4/999  
 2,3-Диметил-2,3-бутандиол 3/1025, 1026  
 2,3-Диметил-3-бутанон 3/1026  
 Диметилбутаны 1/991  
 Диметилбутены 1/999  
 3,3-Диметилбутилметилгидрохлорид 4/1216  
 N-(1,3-Диметилбутил)-N'-фенил-n-фенилендиамин 1/333; 4/243  
 Диметилвинилкарбинол 2/116, 538  
 Диметилгексаноли 3/727, 728  
 2,6-Диметил-2,5-гептадиен-4-он 2/744; 4/1256  
 Диметилгептазины 2/116, 117, 605; 1/1071, 1072, 1075, 1076; 3/107; 4/342, 1011  
 N,O-Диметилгидроксилламин 1/1095  
 1,1-Диметил-1-гидроксиэтиламин 1/254, 255  
 1,3-Диметил-5-гидроксииндол 5/181  
 Диметилгликоксаль 2/85  
 Диметилглиоксим 2/117, 105, 1034; 1/674; 3/475, 701–703; 4/85, 394, 395; 5/431  
 Диметилгликоксимат-ионы 2/920  
 6-O,N,N-Диметилглицил-D-глюконовая кислота 3/877  
 N,N-Диметилглицин 3/877  
 N<sup>2</sup>-Диметилгуанозин 4/1239  
 N<sup>2</sup>-Диметил-2'-дезоксигуанозин 3/173, 174  
 6,10-Диметил-3,5,9-декатриен-2-он 2/517  
 Диметилдибромсилан 3/799  
 Диметилдигидрорезорцин 2/112  
 Диметил-1,4-диоксан-2,5-дионы 2/1141  
 4,4-Диметил-1,3-диоксаны 1/639; 2/375; 4/199  
 Диметилдисульфид 2/117, 118; 3/102, 653; 4/903  
 Диметилдитиокарбаминные кислоты, Na-соли 3/106  
 см. *Диметилдифенилметочевина* 1/453  
 Диметилдифторсилан 3/799  
 2,5-Диметил-2,5-дихлоргексан 3/292  
 Диметилдихлорсилан 2/1021, 1023; 3/126; 4/833  
 Диметилдихлорфосфин 2/122  
 2,6-Диметил-N,N-диэтиламиноацетанид, гидрохлорид 2/1175  
 Диметилдиэтоксисилан 1/171  
 N,N-Диметилдиэтиленглицин 3/924  
 1,4-Диметил-7-изопропилазулен 1/104  
 Диметилдифталат 2/396, 397; 4/90  
 1,3-Диметил-4-иминоурацил 5/707  
 Диметилкальций 2/580, 581  
 N,N-Диметилкарбаматы 2/474  
 3-(Диметилкарбамонлокси)-1-метилпирдинийбромид 3/710  
 Диметилкарбат 4/494  
 Диметилкарбонат 2/638  
 Диметилкетен 2/740  
 Диметилкетон 1/436, 437, 1148; 2/933; 3/661  
 Диметилксантины 2/1084, 1085; 4/274, 275  
 e-N-Диметиллизинметилат 2/577  
 Диметилмагний 2/1236  
 N,N-Диметилметидин 3/25  
 Диметилметиленбцикло[2.2.1]гептаны 2/597, 598; 5/146  
 7,7-Диметил-3-метиленбцикло[4.1.0]гептан 2/653  
 2,2-Диметил-3-метиленинорборан 2/597, 598  
 4-(2,2-Диметил-6-метиленциклогексил)-3-бутен-2-он 2/517  
 1,3-Диметилметочевина 5/707

- Диметилмуконат 1/533  
 Диметилнафталины 3/116, 117  
 N,N-Диметилнитрамин 3/502  
 N,N-Диметилнитроанилин 4/1111  
 Диметилнитробензолы 2/1093  
 Диметилнитрозамин 2/1117; 3/532  
 1,1-Диметил-1-нитроэтан 1/255  
*эндо, эндо*, 2,6-Диметилнорборран 3/333  
 2,3-Диметил-2-норборрен 5/438  
 Диметилловые эфиры, см. индивидуальные представители и соответствующие кислоты  
 Диметилловый желтый 2/447  
 Диметилловый эфир 2/118, 132, 366; 3/125; 4/196; 5/758, 1008  
 2,5-Диметил-1,3,4-оксадиазол 3/674  
 2,5-Диметилпиказол 1/428  
 Диметилпикалат 5/795  
 3,3-Диметил-2-(3-оксобутил)циклопропанкарбоновая кислота 2/653  
 3,7-Диметил-1,6-октаден 5/774  
 α(β)-(*транс*-3,7-Диметил-2,7-октаден-1-олы) 1/1024. См. также *Линдолол*  
 2,6-Диметил-2,7-октадиол 5/938  
 Диметилкватерны 1/187; 3/869, 1027; 4/1089, 1092  
 3,7-Диметил-6-октеналь 5/774  
 Диметилкетенылы 1/187; 2/96; 5/774, 938  
 Ди(3,7-диметилоктил)азеланнат 1/64  
 Диметилотмеламин 3/35  
 Диметилотмочевина 3/712  
 Диметилфосфиновая кислота 2/118  
 Диметилортофталат 4/90  
 Диметилпентаны 1/1023; 4/1074  
 N,N'-*бис*-(1,4-Диметилпентил)-*п*-фенилендиамин 4/243  
 2,5-Диметилпиперазин 1/265  
 Диметилпиперидины 2/1214  
 Диметилпиридины 1/1216; 2/846, 1214, 1215; 4/429; 5/527  
 2,6-Диметил-*γ*-пирон 3/1074, 1075  
 Диметилпирофосфат 2/122  
 Диметилполисульфиды 2/118  
 2,2-Диметилпропан 3/345, 912  
 2,2-Диметилпропановая кислота 2/643, 644  
 1,1-Диметилпропиламин 1/232  
*бис*-(1,2-Диметилпропил)боран 1/601  
 6,9-Диметилпурин 4/273  
 7,9-Диметилпуридинийодид 4/273  
 7,8-Диметил-(1'-D-рибитил)изоаллоксанин 4/523  
 Диметилртуть 4/551  
 Диметилсебацнат 1/47; 4/607  
 Диметилселен 4/621  
 N,N-Диметилсеротонин 1/653, 654  
 Диметилсиландол 2/1020  
 Диметилсилациклобутан 2/1020  
 1,1-Диметилсилациклопентан 2/1020  
*п*-Диметилсилпилвинилбензол 2/1018  
 Диметилсиллилен 2/182  
 Диметилсилоксановый каучук 2/1012-1014  
 Диметилсилоксаны 1/286, 1045  
 Диметилсилуциат 5/1058  
 Диметилсульфат 2/119, 79, 83, 132, 138, 142, 179, 186, 606, 636, 1084, 1137; 1/298, 304, 455, 459, 543, 940, 988, 1074, 1140; 3/62, 109, 120, 121, 127, 294, 546, 703, 709, 1229; 4/273, 448, 905, 1252; 5/132  
 Диметилсульфид 2/119, 120, 938; 1/588, 601; 3/125, 133, 134, 653, 1089; 4/903, 912, 915, 1160  
 Диметилсульфидиамин 3/541  
 Диметилсульфидноборан 1/589  
 Диметилсульфит 4/921, 922  
 Диметилсульфогалогениды 2/120  
 Диметилсульфоксид 2/120, 13, 14, 29, 69, 94, 110, 119, 629, 751, 777, 874, 938, 941; 1/1005, 1180; 3/33, 110, 384, 875, 1199, 1217, 1218, 1246, 1258; 4/37, 44, 71, 277, 359, 422, 429, 595, 750, 915, 925, 226, 1083, 1132, 1135; 5/234, 546, 860  
 Диметилсульфон 2/120, 121; 4/933; 5/236  
 Диметилсульфонийметилдид 1/349  
 2-Диметилсульфонобутан 2/311  
 Диметилталлий 4/976  
 Диметилтерефталат 2/120, 121; 3/120, 1221, 1255, 1257; 4/1055, 1088  
 2,5-Диметилтерефталевая кислота 2/236  
 3,6-Диметил-4,5,6,7-тетрагидробензофуран 5/1005  
 6-Диметилтетрациклон 4/1110  
 3,3-Диметилтетан 4/1123  
 N,N-Диметилтиокарбаматы 4/1131  
 N,N-Диметил-*п*-толуолсульфамид 4/896  
 1,2-Диметил-1,2,3-триазолия соль 4/1252  
 1,3-Диметил-2,4,6-тринитробензол 4/1265, 1266  
 Диметилтубокурариниодид 5/23  
 Диметилуксусная кислота 2/1295  
 Диметил-*п*-фенилендиамин 5/554  
 Диметилфенилкарбиол 3/123  
 N,N-Диметил-N'-фенилмочевина 5/125  
 1,4-Диметил-9,10-*бис*-(фениленил)-антрацен 5/444  
 3,5-Диметилфеиол 5/93  
 N,N-Диметилформид 2/121, 114, 115, 297, 375, 439, 448, 449, 537, 647, 752, 770, 777, 807, 1102, 1148, 1285; 1/5, 63, 188, 229, 335, 420, 427, 431, 438, 709, 710, 874, 903, 946, 966, 1202; 3/33, 102, 103, 107, 289, 353, 390, 546, 552, 600, 690, 729, 736, 994, 1117, 1136, 1199, 1214, 1217, 1218, 1246, 1247, 1252, 1258; 4/48, 67, 71, 273, 359, 501, 595, 737, 738, 750, 906, 924, 1083, 1100, 1116, 1131, 1136, 1154, 1157, 1202, 1267; 5/87, 141, 196, 224, 234-236, 414, 860, 901  
 Диметилфосфат 5/254  
 Диметилфосфинистая кислота, хлорангидрид 2/122  
 Диметилфосфит 2/122; 1/3  
 Диметилфосфор 3/1036  
 Диметилфталат 2/122; 1/506; 4/494; 5/377, 444  
 3,4-Диметилфуразан 5/427  
 3,4-Диметилфуроскан 5/431  
 2,6-Диметил-2-хлор-7-октен 2/96  
 Диметилхлорсилан 2/105, 126, 1019, 1022, 1023  
 Диметилхлорсиланол 2/1021  
*бис*-(Диметилхлорсилил)метан 3/799  
 Диметилхлортиофосфат 1/961  
 Диметилхлорфосфат 1/962  
 Диметилхлорфосфин 2/122; 1/963  
 Диметилхлорфосфит 1/966  
 3,4-Диметилциклобутены 5/927, 928  
 5,5-Диметил-1,3-циклогексанион 2/112  
 1,5-Диметил-5-(1-циклогексенил)барбитурат 1/999  
 (Z),(E)-2(3,3-Диметилциклогексилден)ацетальдегиды 1/415  
 (Z)-2-(3-Диметилциклогексилден)этанол 1/415  
 1,1-Диметилциклононан 4/1227  
 α,α-Диметилциклопентаноны 1/656  
 Диметилциклопентаны 2/368; 3/332  
 Диметилциник 5/747, 757  
 3,3-Диметилцистеин 3/897  
 Диметилцитраконал 3/617, 618  
 N,N-Диметилэтиламиды 2/123; 3/106  
 1,4-Диметил-7-этилазулен 1/104  
 Диметилэтилкарбиол 3/292  
 D-3,3-Диметилглючная кислота 3/879  
 Диметилгемицианновые красители 3/129  
 Диметипин 2/53  
 Диметиримол 5/418  
 Диметоат 2/471  
 4,4-Диметоксизаоксбензол 3/521  
 2,5-Диметоксиналин 3/109  
 Диметоксинатрахионы 2/136  
 3,4-Диметоксизбензальдегид 3/880  
 3,3'-Диметоксизбензидин 5/148  
 3,4-Диметоксизбензойная кислота 5/17  
 Диметоксизбензол 1/988; 3/662; 5/22, 1008  
 4,5-Диметоксизбензол-2,2-дикробоновая кислота 5/948  
 2,5-Диметоксиз-1,4-бизоксидин 1/532  
 3,5-Диметоксиз-4-гидроксикоричный спирт 2/1173  
 2,5-Диметоксиз-2,5-дигидрофуран 3/1043  
 6,7-Диметоксиз-1-(3,4-диметоксизбензил)изохинолин 3/876  
 5,5-Диметоксидитиогидантоны 4/1167  
 4,4'-Диметоксидифенилнитроксили 4/303  
 2,5-Диметоксиз-1,4-дихлорбензол 5/417  
 Диметоксиднэтоксисилан 4/445  
 6,7-Диметоксизизохинолин-1-карбоновая кислота 5/948  
 Диметоксикарбен 4/1167  
 Диметоксиметан 2/908, 911  
 2,3-Диметоксиз-5-метил-1,4-гидрохинон 5/34  
 7,8-Диметоксиз-4-метил-1-(3,4-диметоксифенил)-5-этил-5Н-2,3-бензодиазепин 4/1225, 1226  
 2,3-Диметоксиз-5-метил-6-полннзопревил-1,4-бизоксидины 2/972  
 2,3-Диметоксиз-5-метил-6-полифенилбизоксидины 5/34  
 2,6-Диметоксифенил-*трет*-бутилнитроксили 4/303  
 6,7-Диметоксифталид 5/380  
 1,2-Диметоксизэтан 2/248, 620, 777; 1/542; 3/364, 974; 5/12, 585  
 Димилан 2/474  
 Димиритиолфосфатдихлорлан 5/245, 246  
 Димольблаты 3/241  
 Димольбденборид 1/583, 584  
 Диморфт 3/312-314  
 Димрота параметры 2/942  
 перегруппировка 2/123, 124  
 Димурон 1/1031  
 Димышыак, триниодид 3/308  
 ДИНА 1/608; 2/210; 3/507  
 ДИНА-Старка метод 1/108  
 Динакислота 2/131, 132; 4/75  
 Динамика адсорбции 1/61  
 выродженного разветвления цепей 5/691  
 броуновская 3/214  
 нонного обмена 2/514, 515  
 ланжевенная 3/214  
 молекулярная 3/213, 214, 215; 2/125, 126, 301, 408, 829, 832, 859; 5/71, 72, 475  
 поведения порошков 4/138  
 реакций в растворах 4/407-409  
 спиновая 5/476  
 сушки 4/956, 957  
 тепловая в хроматографии 5/627, 628  
 формирования волокон 5/227  
 химическая 5/475, 476  
 элементарного акта 2/124, 41, 125, 126, 724, 753, 756, 799, 917, 918, 1211; 1/125, 547; 3/141, 239, 1137, 1177, 1178; 4/415, 424, 692, 870, 871; 5/475, 476, 868  
 энергетическая 5/475, 476  
 Динамиты 2/126, 127; 1/607, 608, 706; 4/731; 5/986  
 Динамическая вязкость 3/13, 1183, 1185  
 Динамическая стереохимия 2/127, 128-131, 913, 914; 3/602; 4/855-857  
 Динамические аллильные системы 1/184  
 Динамические устройства и режимы реакторов 4/402-404  
 компрессоры 2/882, 884, 885  
 насосы 3/340-342  
 разделительные мембраны 3/53, 56  
 скрубберы 4/282, 283  
 фильтры 5/189, 193, 194  
 Динамический метод Монте-Карло 3/215  
 Динамический скейлинг 2/1073, 1074  
 Динамическое давление 1/1214. См. также *Взрыв, Ударных труб метод*  
 Динамическая сталь 2/262  
 Динамоны 2/131; 1/280  
 Динасовые материалы 2/733; 3/650  
 Динатрий моносульфид 1/735  
 оксиды 1/674; 2/535  
 тетракарбонилжелезо 5/225  
 фосфат 1/342; 2/937, 938  
 9,10-Динатрий-9,10-дигидроантрацен 1/355  
 Динафталинсульфокислоты 3/386  
 Динафталинбензолы 3/463  
 1,1'-Динафтл 3/950  
 1,1'-Динафтл-8,8'-дихлорбензойная кислота 2/131, 132; 4/75  
 Динафталиоксикарбон 1/73  
 Динафтохризен 5/943  
 Динахромы 1/918  
 Динезин 4/237  
 Диникельнидид 2/478, 481, 484  
 Динил 2/185  
 Диниобийоксид 3/495-497  
 N,N-Динитраммы 3/501  
 1,5-Динитрат-3-нитро-3-азептан 2/210  
 Динитрилы 1/258; 2/82, 111, 1091, 1274-1276; 3/514, 1208; 4/70, 525, 866, 1221, 1222, 1250; 5/449, 710, 711, 713  
 3,3'-Динитроазоксизбензол 2/132  
 Динитроалканы 1/1184; 2/900; 3/32, 180, 529, 531, 551, 553, 558  
 2,4-Динитро-3-аминоанизол 3/521  
 4,6-Динитро-2-амино-1,3,5-триметилбензол 3/25  
 2,3-Динитро-4-аминофенетол 3/562  
 N,N-Динитроамны 3/530  
 Динитроанизоны 1/304; 3/521, 522  
 Динитроанилины 1/1026, 1027; 2/133; 3/522, 523, 562  
 Динитроантрахионы 1/349; 2/78, 136; 3/524, 525  
 5,6-Динитроацеафенон 1/418  
 5,6-Динитроацеафенитрион 1/419  
 4,4'-Динитробензилдид 1/489  
 2,2'-Динитробензидин 1/490  
 2,4-Динитробензилгалогениды 4/759  
 3,5-Динитробензоат 1/586; 5/130  
 Динитробензонламнокислоты 4/392  
 Динитробензонлирование 5/1057  
 Динитробензойные кислоты 1/1210; 3/525, 526; 4/803  
 Динитробензол(ы) 1/437; 2/132; 3/561; 4/1265; 5/213  
 м(1,3)-изомер 2/132, 133; 3/522, 523, 527, 555; 5/124, 567, 1000  
 2,4-Динитробензондиазоний 2/73  
 3,5-Динитро-2-гидроксифенил 5/127  
 Динитрогликоль 1/1164  
 2,2'-Динитро-4,4'-диаминодифенилметан 2/80

- 1,5-Динитро-5,8-дигидроксиантрахион 2/79  
 1,4-Динитродины 3/556  
 Динитродифениламин 1/999  
 4,4'-Динитродифенилсульфид 3/565  
 4,4'-Динитродифенил-2,2'-дисульфо-кислота 5/569  
 Динитро-*n*-дифенилкарбазид 2/553  
 4,4'-Динитродифениловый эфир 2/80  
 6,6'-Динитро-2,2'-дифеновая кислота 2/367  
 Динитродихлорантрахионы 1/944  
 3,3'-Динитро-4,4'-дихлордифенил-сульфон 3/543  
 N,N'-Динитроизоэтиомочевина 4/1155  
 N,N'-Динитрозопентаметилтетра-мин 3/905; 4/134  
 Динитрозоспирты 1/465  
 Динитрокарбонные кислоты, эфиры 1/1184  
 Динитрокетоны 2/900; 3/558  
 4,6-Динитро-*o*-крезол 1/106, 1027, 1034; 2/1005  
 Динитрокетаны 2/88  
 Динитромеламны 3/34  
 4,4'-Динитро-2-(1-метилгептил)фени-ловый эфир 2/1080  
 Динитронафталины 1/280, 608; 3/371, 547; 4/730, 1267, 1268  
 Динитронафтолы 3/537, 538, 543  
 2,4-Динитро-6-(2-октилфенил)хромо-тан 1/107  
 3,10-Динитроперилен 3/950  
 Динитропироксатехин 3/1113  
 2,4-Динитрофторбензол 2/133  
 Динитросоединения  
 ароматические 2/82, 83, 331  
*виш*-замещенные 3/552, 557, 558  
*гем*-замещенные 2/900; 3/556-558  
 4,4'-Динитростильбен 3/560  
 2,β-Динитростиролы 3/408, 409  
 Динитросульфенилирование 5/1057  
 Динитротерфенилы 4/1095  
 5,6(7)-Динитротетралины 4/1101  
 Динитротриолы 2/133  
 Динитротолуолы 1/453; 2/126, 934; 3/555, 560, 561; 4/1199, 1267  
 2,4-Динитро-5',6'-*бис*-(трифторметил)-2'-хлордифениламин 1/108  
 Динитрофенетолы 3/561, 562  
 Динитрофенильные группы 3/569  
 2,4-Динитрофенилгидразин 1/1075; 4/396  
 2,4-Динитрофенилгидразоны 2/251, 252, 359, 743, 938, 1298; 3/26, 114, 128, 577, 725; 4/208  
 Динитрофенилирование 5/1057  
 Динитрофенолы 1/1026; 2/133; 3/519, 521, 558, 559, 562, 563, 670; 4/1267, 1268; 5/139  
 2,4-Динитрофенолаты 2/133  
 2,4-Динитрофторбензол 2/133  
 Динитрохиноксалин 5/523  
 Динитрохинолыны 5/526  
 Динитрохлорбензол(ы) 1/999; 3/565, 566  
 2,4-изомер 2/133; 1/258; 3/107, 521, 543, 562, 563, 565, 604; 4/872, 1267, 1268  
 6,12-Динитрохризен 5/607  
 N,N'-Динитро-1,2-этилендиамин 5/988  
 Дибобутон 1/107; 3/563  
 Диоксал 1/107; 5/418  
 Диоксиалфатат 3/1117  
 Диоксифаны 3/766  
 Диоксид 1/1027; 2/38; 3/563  
 Диотерб 1/1027  
 Диоксифосфаты 5/1048  
 Диоксидоанилины 3/601  
 Диоксидоанилины 1/552  
 Диоксидные красители 3/675-677, 1017  
 1,3-Диоксалан 1/504  
 Диоксиддибромид 2/80, 456  
 1,4-Диоксан-2,5-дион 2/1141  
 Диоксан-лигнин 2/1173  
 1,4-Диоксан-2-он 2/211  
 Диоксаны 2/133, 134, 209, 211, 297, 406, 412, 448, 449, 518, 807, 897, 1237; 1/198, 422, 427, 1134; 3/713, 719, 738, 803, 1067, 1219; 4/169-171, 329, 343, 359, 469, 501, 512, 750, 872, 896, 906, 917, 918, 923, 924; 5/12, 222, 567, 901, 961, 984, 991  
 1,3,2-Диоксафосфоланы 5/313  
 1,3,2-Диоксафосфоринаны 2/95; 5/313  
 1,2-Диоксетан 2/134, 135; 3/975; 5/446  
 1,2-Диоксетандион 2/134  
 1,2-Диоксетаноны 2/134  
 Диоксидантрахионы 2/135, 136. См. также *Ализарин*, *Хинизарин*  
 Диоксидантранин 1/1136  
 Диоксидбензолы 2/136  
*o*-изомер, см. *Пирокатехин*  
*m*-изомер, см. *Резорцин*  
*n*-изомер, см. *Гидрохинон*  
 Диоксигеназы 2/241; 3/697  
 Диоксигенальные соединения 2/136, 137, 767, 769; 3/575, 872, 971  
 Диоксидин 2/137; 4/232  
 Диоксидифторид 2/769; 3/971  
 Диоксид-*R*-кислота 3/386  
 Диоксид-*S*-кислота 3/386  
 Диоксиды 1/419, 464; 2/85, 742, 743, 830; 3/701, 703; 4/534; 5/427  
 «Диоксин» 2/137, 138; 3/851; 4/1104; 5/586, 1045  
 Диоксинафталины 2/138, 139  
 2,4-Диоксинпиримидин-6-карбоновая кислота 3/812, 813  
 2,4-Диоксогексагидропиримидин 1/455  
 1,3-Диоксоидан-2-карбоновая кисло-та, этиловый эфир 2/439  
 Диоксоиданы 2/438, 439  
 Диоксокарб 4/570  
 α-[1,3-Диоксолан-2-илметокси]ими-но-α-фенилацетонитрил 1/329, 330  
 Диоксоланы 2/139, 140; 1/422, 1061, 1134; 4/63; 5/135  
 3,6(1*H*,2*H*)-Диоксопиримидин 3/1044  
 2,5-Диоксотетрагидрофуран 5/1059  
 2-(1,3-Диоксо-4,4,4-трифторбутил)тио-фен 2/1214; 5/802  
 Диоксофенилаланин 3/271  
 Диоксофосфаты 1/1120  
 2,4-Диоксо-5-фторпиримидин 5/411  
 Диоксоэтан 1/970  
 Диоктилдипнат 3/1113  
 Диоктилсебацнат 3/1117; 4/167, 607  
 Диоктилфосфат 3/907  
 Диоктилфталат 2/140, 996; 3/327, 728, 1013, 1113, 1117  
 Диолеилфосфатидилхолин 5/245  
 Диолефины 2/671, 965; 4/1057  
 Диолы 1/153, 422, 423, 444, 582; 2/100, 135, 171, 226, 325, 934, 935, 970, 1086, 1142, 1271; 3/33, 186, 187, 738, 744, 791, 1023, 1024, 1258; 4/30, 31, 56, 90, 95, 158, 800, 805, 1088, 1190; 5/96, 239, 377, 545, 999, 1000, 1054.  
 См. также *Глицоли*  
 Диольные липиды 2/141, 303, 1188, 1189; 5/273  
 Диопсид 2/578; 4/676  
 Диорганиламиды 5/710  
 Диорганилдисульфиды 2/170, 171; 5/261  
 Диорганидтиокарбамминовые кисло-ты, соли 1/162  
 Диорганидхлорсиланы 2/1013  
 Диорганидтеллурагалогениды 4/1024, 1025  
 O,O'-Диорганилдиоксиды 4/1163  
 Диорганилтригалогенфосфораны 5/260  
 Диорганилфосфаты 4/1163  
 Диорганилфосфиты 5/261, 267  
 Диорганилфосфорные кислоты 5/253  
 Диорганилхлорфосфены 5/261  
 Диорганосилиновые кислоты 3/314, 315  
 Диорганодиаз(органомно)силаны 3/804  
 Диорганодихлорсиланы 2/1016; 3/804, 805  
 Диорганополсульфиды 5/7, 264  
 Диорганосиландиолы 2/1022  
 Диорганосиланы 3/799, 800  
 Диорганостаннилены 3/762  
 Диорганотиоарсенистые кислоты 3/310  
 Диорганофосфиновые кислоты 2/924  
 Диорганофосфиты 4/1192  
 Диорты 4/561  
 Диосенин 1/1048; 2/30, 959; 4/578, 579  
 Диосин 4/578-580  
 Диоспропные реакции 4/665  
 Дипальмитонилфосфатидилхолин 5/245, 246  
 Дипентаметиленурамтетрасульфид 1/846  
 Ди(пентахлорфенил)ртуть 4/552  
 Дипентен 1/534; 2/99; 3/57, 58, 1027; 4/714, 1089, 1090, 1093, 1094  
 Дипептиламин 1/232  
 Дипептидилпептидаза 2/695  
 Дипептиды 1/1150; 2/414, 427; 3/766, 930; 5/197  
 Дипероксидкарбонные кислоты 4/699  
 Дипероксидоканцикарбонная кисло-та 4/699  
*гем*-Дипероксиды 3/975, 976  
 Дипероксугульная кислота, эфиры 3/975  
 Дипероксвольфраматы 1/822  
 Дипивалоилметан 2/110  
 Дипивалоилметанаты 5/966, 967  
 Дипикриламины 1/560; 2/562  
 Дипин 3/1029; 4/234  
 Дипиперидитиурамдисульфид 1/162  
 2,2'-Дипиридилдисульфид 1/478  
 Дипиридия соли 1/1026, 1032  
 Дипиридилсульфид 2/645  
 Дипиридилы 2/141, 110, 142, 264, 872; 3/1045; 4/394, 396, 397; 5/385  
 Дипиридинкарбонные кислоты 2/858  
 Дипиририметаны 4/148  
 Дипиририметены 4/148  
 Дипирролилариламты 1/264  
 Дипирролилметан 5/576-578  
 Дипирролы 2/279  
 Дипластин 2/1105  
 Диплон 1/441  
 Диполь-дипольное взаимодействие 3/16, 20; 4/884; 5/891, 1029  
 и параметр растворимости 2/834  
 спин-спиновое 4/798  
 эффект(ы) аномерный 3/266, 267  
 – конформационные 2/910, 911  
 – Δ<sup>2</sup> 3/266, 267  
 Дипольные моменты 2/142, 143, 144, 210, 320, 372; 3/68, 158, 467, 468; 5/463, 1032. См. также *Межмолеку-лярные взаимодействия*  
 в электриках 2/206, 207  
 в мезомерных системах 3/29, 30  
 в пироэлектриках 3/1078  
 и колебательные спектры 2/853-855  
 и молярная рефракция 4/516  
 и моменты квадрупольные 2/712  
 – – квантовых переходов 2/727  
 и поляризация люминесценции 2/1223  
 и поляризуемость 2/865, 866; 4/124-127  
 и эффект индуктивный 2/461  
 – – Керра 2/739  
 мгновенные 2/147  
 молекул 1/856  
 – полярных 4/124, 126, 127  
 –, симметрия 4/692  
 – электронно-нежестких 3/392  
 Дипольное присоединение, см. *При-соединения реакции*, *Ренте реакции*, *Циклоприсоединение*  
 Дипольрофилы 1/73, 74; 3/556  
 Дипроксамин 4/173, 188  
 Дипропен 2/99  
 Дипропенсульфид 2/76  
 Дипропетрин 1/1033  
 N,N'-Дипропиламин 2/1172  
 Дипропиламин 4/196-198  
 N,N'-Дипропиламин 1/153, 154  
 N,N'-Дипропил-2,6-динитро-4-(три-фторметил)анилин 4/196  
 Дипропиленгликоль 4/31, 199  
 Дипропилкарбонат 2/638  
 Дипропил-N-нитрозамин 3/532  
 Дипропиловый эфир 5/1008  
 Дипропилсульфид 4/912  
 Дипропилсульфит 4/921  
 N,N'-Дипропиоилгидразин 4/207  
 Дипрофилин 4/774  
 Дипрофилин 4/771  
 Дирака  
 дельта-функция 4/824  
 матрицы 4/787, 788  
 уравнение 1/800; 2/721; 4/686, 787, 788; 5/868  
 Дирицинолевая кислота 1/139  
 Дирутты-катоды 3/576  
 Дисузоксиды 1/81-83; 2/80, 138, 150, 996; 3/382; 4/1199  
 кислотный черный С 3/381  
 метиловый оранжевый 2/980  
 Дисузонгенты 2/997; 3/1014, 1015  
 N,N'-Дисалицилиден-1,2-пропиленди-амин 4/174, 175  
 Дисахариды 2/658-660, 1144; 3/614, 746-749, 1089; 4/200, 381, 581, 880; 5/93, 201, 661-663. См. также *Сах-роза*  
 Диселендихлорид 4/614  
 Диселенпентаоксид 4/617  
 Дисерадилсульфид 2/533  
 Дисереброоксид 1/711, 714, 779, 810  
 Дисиамилборан 1/601  
 Дисиламины 2/1024  
 Дисилади 4/670, 671  
 Дисилосканы 3/806  
 Дисковые устройства 5/188, 192-194  
 вакуум-фильтры 3/637  
 истрателен 4/180  
 кристаллизаторы 2/1051  
 мельницы 4/139  
 пнтатели 3/1083, 1085  
 форсунок 4/347, 348  
 экстракторы 5/831, 832  
 электроды 2/144, 145; 1/809; 5/842, 911, 913  
 Диск-электрофорез 2/395  
 Дискразит 4/637  
 Дискретное взвешивание 1/698-701  
 Дислокации 2/50-53, 55, 715, 957, 1071, 1153; 3/98, 146, 164, 499-501; 4/46, 117, 994; 5/52. См. также *Де-фекты в кристаллах*  
 Дисмембраторы 2/354  
 Дисмутация 3/103, 104. См. также *Дис-пропорционирование*, *Метатезис*  
 Диспенсеры 5/161  
 Диспергатор(ы) 1/865; 3/718, 1167, 1168; 4/769, 1012; 5/974. См. также *Дис-пергирование*  
 безлопастное 4/86  
 вулканизации 1/845  
 каучуков 4/42  
 красок и пигментов 1/789; 2/799, 982; 3/991, 1010



- мыл 3/717  
НФ 2/151, 996; 3/376  
оксигенированные 3/716, 717  
ОП-10 4/37  
пестицидных препаратов 3/716, 992  
присадки 4/173  
проксамин 4/189  
проксанолы 4/189  
сульфонаты 4/929  
флотореагенты 5/208
- Дисперсионные аэрозоли 1/445, 446; 2/153, 154
- Диспергирование 2/145, 146; 1/1105.  
См. также *Диспергаторы*  
в звуковых полях 5/59, 62  
жидкофазное 4/139. См. также *Рас-  
пыливание*  
и гранулирование 1/1188  
и дисперсные системы 2/153, 154  
и дисперсный анализ 2/148, 149,  
152, 155  
и золь-гель процесс 2/339, 340  
и каплеудаление 2/613  
и лиофильность 2/1183  
и микромульсии 3/163  
и мощное действие 3/282  
и ПАВ 3/1162, 1163  
и перемешивание 3/940  
и пластификация полимеров 3/1116  
и реология 5/172  
и суспензии 4/951, 952  
и эмульгирование 5/948, 949  
интенсификация 2/491  
«квазисамостоятельное» 2/1183  
самопроизвольное 2/1183; 3/1172
- Дисперсии  
масляно-водные 1/1210  
синтетических латексов 2/705
- Дисперсионное взаимодействие 2/147,  
148, 300, 834, 905; 1/781, 782, 1112;  
3/16–18; 4/126, 344, 374; 5/463
- Дисперсионно-твердые сплавы  
2/486, 1242, 1332. См. также *Дис-  
персноупрочненные материалы*
- Дисперсионные анализаторы  
газов 1/888  
жидкостей 2/291
- Дисперсионные среды 2/152–156. См.  
также *Аэрозоли*
- Дисперсионный анализ 2/148, 146,  
149, 792, 859; 4/180, 951  
и пылемеры 4/279–281  
кривые 3/404  
пеп 3/922  
ситовой 4/709, 710, 951  
статистический 3/139; 4/183
- Дисперсия  
волновая и энергетическая рентге-  
новского излучения 5/878, 879  
выборочная 3/639, 640, 643  
коэффициентов рефракции 4/514  
оптического вращения 3/773; 4/859;  
5/107, 539. См. также *Хироптиче-  
ские методы*  
остаточная 3/642, 643  
результатов анализа 3/136–139  
скорости звука 1/135
- Дисперсно-наполненные полимеры  
3/327, 328, 1119, 1121; 4/162, 604;  
5/143, 144
- Дисперсность 2/148, 149, 152, 154;  
4/951; 5/176
- Дисперсноупрочненные материалы  
1/819, 821; 2/332, 336, 800, 877–  
879. См. также *Дисперсионно-тер-  
модующие сплавы*
- Дисперсные красители 2/149, 77, 90,  
150–152, 976–979, 991–993, 1094,  
1095; 1/155; 3/371, 377, 523, 525,  
1204, 1236; 4/50, 91, 840; 5/124, 125,  
127
- азокрасители 1/82, 83; 2/149–152;  
3/998  
аминосоединения 3/543  
антрахиноновые 1/240, 352–354;  
2/149–152; 3/998  
бирюзовые 2/78  
для оргстекла 4/840  
для печатания тканей 3/997, 998  
желтые 2/972, 981; 3/543  
– капрозол 2/981  
– прочный 2К 2/979; 3/543  
кислотные 3/543  
красный СМП 2/151  
металлодержащие 2/993  
макрогетероциклические 2/1254  
МП 1/438  
нейтротианиновые 3/131  
перининовые 3/953, 954  
розовый 1/260  
сернистые 5/530  
синие 2/79, 80, 135, 136, 244  
тиоиндигоидные 4/1129  
хинониновые 5/530  
хнофталовые 5/535, 536
- Дисперсные системы 2/152, 145, 146,  
153–156; 5/178  
вязкость 1/872  
газовые, см. *Аэрозоли*, *Пены*, *Порош-  
ки*  
двойной электрический слой 2/1, 3,  
408  
дилатансия 2/111, 112; 4/885  
дисперсионные 1/445, 446; 2/153,  
154. См. также *Диспергаторы*,  
*Диспергирование*  
изоэлектрическая точка 2/408, 840  
как наолитители 3/327–330, 646  
каменноугольный пек 3/895  
коагуляция 2/816, 817, 818; 1/1111;  
4/952; 5/171. См. также *Флоку-  
лянты*  
коалесценция 2/818, 153  
коллоидные, см. *Гели*, *Золи*, *Колло-  
идные системы*, *Латексы*  
конденсационные 2/154, 808, 809;  
4/884, 951, 952. См. также *Суспен-  
зии*, *Эмульсии*  
лиофильные и лиофобные 2/153–  
156, 1182, 1183  
микрогетерогенные, см. *Микро-  
мульсии*  
мозаичные 4/884  
мощное действие 3/283, 284  
нефелометрия 3/440  
нефтяной кокс 2/840  
пенное разделение 3/897–901  
пептизация 4/886  
пигменты 3/1009, 1010  
плазмохимические 3/1100  
пленкообразователи 3/1140  
поверхностные явления 3/1172–  
1174  
псевдо- и сверхтекучесть 4/886  
реология 4/488–492  
синергизм 4/886  
состав, см. *Дисперсионный анализ*,  
*Дисперсность*  
структурообразование 4/884, 20,  
885–888, 952; 2/152–156, 332,  
338–340, 1182; 3/1167; 5/171. См.  
также *Зарождение новой фазы*  
тиксотропия 4/885, 886  
устойчивость 2/1, 154–156; 3/1162;  
4/952  
фазы, см. *Дисперсионные среды*,  
*Дисперсные фазы*  
физико-химическая механика  
5/171, 172  
химия, см. *Коллоидная химия*  
частицы 2/796  
– взаимодействия, см. *Гидрофобное*  
*взаимодействие*, *Дисперсионное*  
*взаимодействие*  
черные пленки 5/776  
электрокинетика, см. *Электрокине-  
тические явления*  
эмульсионные, см. *Эмульсии*
- Дисперсные фазы 2/148, 152–156, 191,  
408, 840  
Диспро[2.1.3.4]додекан 4/799  
Диспрозий 2/156; 3/957, 958; 5/937  
алюминиевый гранат 2/222  
алогениды 2/157; 4/437, 1003  
нитрат 2/157  
оксиды 2/157; 4/586  
органические соединения 2/157,  
1147  
получение 2/157; 1/875; 3/413  
применение 2/157, 1226, 1227, 1240,  
1243  
свойства 2/156, 157; 4/432–434;  
5/164
- Диспропорционирование 2/157, 158,  
498, 602, 622, 626, 642, 716, 1022,  
1025, 1093; 1/371, 597, 962, 983,  
1073, 1161; 3/81, 103, 104, 121, 179,  
800; 5/9, 222, 297, 368. См. также  
*Метатезис*  
альдегидов, см. *Тищенко реакция*  
в пептидном синтезе 3/932  
внутримолекулярное 2/604; 3/542  
гидратация 2/552  
диффузионно-контролируемое  
2/192  
и хемилюминесценция 5/445  
каталитическое 5/309, 332, 548, 549,  
681, 712  
колебательный режим 2/850  
межмолекулярное 5/294  
одноэлектронное 2/604; 3/545  
окислительно-восстановительное  
1/1073; 2/157, 158, 603; 3/664;  
4/267, 554. См. также *Каннищаро*  
*реакция*  
при перекислировании 3/936  
при химическом осаждении из газо-  
вой фазы 5/503  
радикальное 2/39, 40, 157, 158, 465,  
525, 1239; 3/1062; 4/303, 306,  
308, 310, 311  
фотохимическое 5/332, 354, 356  
электрохимическое 5/926
- Дисротаторные реакции 1/842, 843;  
4/417, 420; 5/442, 443, 927, 928
- Диссимилиация 3/611, 937. См. также  
*Катаболизм*
- Диссиплятивные структуры 3/645, 841,  
842; 4/136, 163, 574, 1070. См. также  
*Колебательные реакции*
- Диссолевры 3/942
- Диссоциативные процессы. См. также  
*Диссоциация*  
захват электронов 2/1310  
нионизация 2/524, 528, 529; 3/1102;  
5/331  
рекомбинация 2/530; 3/1102  
хемосорбция 4/786
- Диссоциация 2/158. См. также *Диссо-  
циативные процессы*  
блокированных изонантов 2/406  
в звуковых полях 5/59, 60  
в ионообменной хроматографии  
2/518  
в реакциях нонно-молекулярных  
3/1102, 1103  
– радиационно-химических  
4/296  
воды 1/786, 787; 4/693  
и изоэлектрическая точка 2/408  
и иницирование ценных реакций  
2/466  
и обжиг 3/1000  
и перенос протона 5/337  
и pH среды 2/408  
и термический анализ 4/1057  
и ударные волны 5/52  
и хемосорбция 5/683  
и эффект клетки 2/755  
ионных пар 2/511  
нонгенных групп 2/504  
подстиго водорода 2/497
- каталитическая 2/326  
кинетика 2/36, 939; 3/427–430  
кислот(ы) подноватистой 2/495  
– карбоновых 2/644  
– полиосновных 2/871  
– серной 4/643  
координационных соединений  
2/926, 930, 931, 933  
лазерная 3/189–191  
многоатомных новов 5/742  
молекулярными пучками 3/239, 240  
на диаграмме состав – свойство 2/55  
одно- и многофотонная 3/239  
пентаоксида азота 3/528  
полэлектролитов 4/78, 79  
полярная 2/529  
при изотопном обмене 2/387, 388  
растворенного вещества 4/361  
с перезарядкой новов 2/508, 509  
степень 5/176, 586, 800, 856, 857  
термическая 2/403; 3/1069; 5/59  
фотохимическая 1/767; 2/158, 728,  
810, 811, 1119, 1122, 1123; 3/141,  
189, 191; 4/309; 5/331, 338, 339,  
351–353, 356  
электролитическая 5/856, 857, 923;  
1/762, 763; 4/360, 361, 745. См.  
также *Ионизация*  
энергия 2/158, 852, 853, 984; 3/18;  
5/331, 463
- Дистамицины 3/924, 925  
Дистаннаны 3/760  
Дистанционный анализ 1/292  
Дистеаронил-сп-глицеро-3-фосфо-сп-  
глицерин 5/244  
сп-1,2-Дистеаронил-3-пальмитонилглице-  
рин 2/303  
Дистеаронилфосфатидилхоллин 5/245,  
246
- Дистиллированная вода 2/158, 159,  
574; 1/730, 772; 3/829, 1148
- Дистиллят(ы) 2/159  
вакуумные 2/169, 1251; 3/443  
керосиновые 3/377  
масляные 2/168  
пексовые 2/595
- Дистиллятные масла 2/168, 463, 903,  
1251; 3/277, 446, 466, 472; 4/167,  
171, 438–440, 1113–1116; 5/28–30
- Дистилляция 2/159, 1299, 1300; 5/415,  
1005. См. также *Дистилляты*  
азеотропная 5/1011  
вакуумная 3/349  
в металлургии 3/93, 1069  
в неорганическом синтезе 3/420  
в производстве особо чистых ве-  
ществ 3/835  
– полиэтиленполиаминнов 4/85,  
86  
– серы 4/633  
и очистка стоков 3/859  
и разделение изотопов 2/391, 393  
– металлов 2/561  
и ректификация 4/452  
и рекстракция 5/824  
и хроматография 5/625, 627, 628  
контроль 2/210, 293  
молекулярная 2/164, 165, 916; 4/458  
нефти 2/165, 166–169; 3/441–443,  
458, 462; 4/460, 461. См. также  
*Гудрон*, *Мазут*  
низкотемпературная 3/101  
при обжиге 3/1000  
простая 2/160–163  
пассеры 2/552  
радиоактивных отходов 4/320, 321  
фракционная 2/159, 164–169, 893  
1004
- 2,5-Дистирилпипразин 4/999  
Дисульфамиды 4/899  
Дисульфид 2/170; 3/576; 4/902, 903  
Дисульфидхлорид 2/202  
Дисульфидизомераза 2/364; 3/198

- Дисульфидные связи 2/423–425, 475, 476, 487, 736, 1156; 3/198; 5/17. См. также *Дисульфиды*
- Дисульфидный каучук 4/41
- Дисульфиды, см. также *Дисульфидные связи*
- неорганические 2/178, 179, 745; 4/515, 1124; 5/217, 305
- органические 2/170, 117, 118, 120, 171, 173, 178, 213, 697; 1/902; 4/634, 908, 909, 915, 916, 938, 1127, 1134, 1137, 1146, 1150–1152, 1160, 1166
- Дисульфиды 1/515
- 4,6-Дисульфино-1-нафтольная кислота 4/915
- Дисульфидрам 4/1111
- Дисульфидсальцид 4/918
- 2,4-Дисульфобензальдегид 2/1083
- Дисульфокислоты 2/78
- $\beta$ -Дисульфокислоты 4/272
- Дисульфониамиды 4/896, 897
- Дисульфониламин 4/896, 897
- Дисульфоны 2/170; 4/932, 934, 1151, 1152
- 4,6-Дисульфорезорцин 4/1266
- 2,4-Дисульфобензилфлуорон 5/128
- Дисульфохинон 4/254
- Дисульфохлориды 4/61
- Дисульфурил 3/577
- Дисульфурилгалогениды 4/939, 940
- Диталинфос 5/421
- Дителлуриды 4/1024
- Дитерпаны 3/379
- Дитерпеноиды 1/226; 2/602, 1285; 4/741. См. также *Терпеноиды*
- Дитерпены 1/342; 2/171, 605; 3/156; 4/714, 1090–1092; 5/438, 1054
- алкалоиды 2/171, 172, 173; 5/1051, 1052
- кислоты 2/283; 4/739–742
- Дитиалаканы 2/170
- 2,3-Дитиабутан 2/117, 118
- 2,3-Дитиа-1,5-диазанидан 3/575
- 1,3,5-Дитиазины 2/93
- 1,7-Дитиа-15-краун-5-эфир 2/985
- 1,1,2-Дитиа-[2.2](2,7)нафталинфран 5/743
- Дитианон 5/418
- Дитианы 2/173; 4/1128; 5/225, 991
- 2,4-Дитиапентан 4/911
- 1,2-Дитиадициклоалканы 2/170
- Дитиадициклоксаны 2/173
- Дитиадициклопентаны 2/177, 178
- Ди(2-тиенил)метан 4/1157
- 1,3-Дитиетаны 4/1132
- Дитиэтон 2/174, 336; 1/736; 3/8; 4/394, 395, 550, 594, 640; 5/220, 750
- Дитиэноаты 2/174; 4/504, 505
- 1,4-Дитинин 4/1116
- Дитилин 2/1105, 1106
- 3,3'-Дитио-*бис*-аминопропаноная кислота 5/768
- Дитиоарсениды 3/312
- Дитиоацетали амидов карбоновых кислот 1/420
- Ди(тиоацетаты) 4/1155
- Дитиоацилины 4/1135
- «Дитиоацилоны» 1/709
- Дитиобензойная кислота 2/177
- Дитиобурет 1/981
- 2,4-Дитиогидантоны 1/655
- Дитиогликоли винциальные 2/174, 170, 175
- Дитиоглицерин 2/175
- 1,4-Дитиогликолид 4/1127
- Дитиодекафторид 4/655
- Дитиодибромид 4/655, 656
- Дитиодигликолевая кислота 4/1127
- Дитиодифторид 4/655, 656
- Дитиодихлорид 3/671; 4/654–656
- Дитионзолаверлановая кислота 2/177
- Дитиозомасланная кислота 2/177
- Дитиокарбаматы 1/330, 337, 846; 2/175–177; 4/326, 1139, 1154; 5/417
- Дитиокарбамид 1/981
- Дитиокарбаминные кислоты 2/175, 176, 177, 179; 4/1168; 5/417, 978
- тиурамдисульфиды, см. *Алкилтиурамсульфиды*, *Тетурам*, *Тиурамы эфиры*, см. *Дитиоуретаны*
- Дитиокарбонаты 4/1153; 5/779
- Дитиокарбонные кислоты 2/177, 179; 4/654
- 1,2-Дитиол-3-оны 2/180
- 1,3-Дитиолан-2-оны 2/174
- 1,2-Дитиолан-3-тион 1/179
- Дитиоланы 2/177, 174, 178; 4/652, 653, 1122, 1133, 1134
- 1,2-Дитиолентон 2/179, 180
- Дитиолы соли 2/178, 179; 4/634, 930
- Дитиолсульфиды 4/921
- Дитиолтион(ы) 2/179, 180
- Дитиолы 2/174, 175, 178, 179, 987; 3/734, 1248; 4/1134, 1155, 1202
- Дитиоуровняющая кислота 2/177
- Дитионная кислота 4/45
- 5,5-Дитио-*бис*-(2-нитробензойная) кислота 4/1164; 5/941, 942
- Дитиооксамид 4/555
- 6,8-Дитиооктановая кислота 2/1193
- Дитиопропаноная кислота 2/177
- Дитиосульфиты 4/634
- Дитиоугольные кислоты 4/1152–1154
- амиды, см. *Дитиокарбаминные кислоты*
- О,S-диэфиры 4/1131
- О-эфиры 2/573. См. также *Ксантогенаты*
- S-эфиры 3/606
- Дитиоуксусная кислота 2/177; 4/1155
- Дитиоуретаны 2/175–177; 4/1156, 1166
- Дитиофосфаты 2/471, 472; 4/1162; 5/207
- 1,3,2-Дитиофосфоланы 2/174
- Дитиофосфорные кислоты, эфиры 2/177, 470; 4/172, 173, 1160
- Дитиокарформаты 2/176
- Дитиоциан 1/970
- Дитиощавелевая кислота, диамид 4/555
- Дитиозтиленгликоль 2/175
- Дитозилаты 2/986, 987
- Дитозилдиамины 2/987
- 1,4-Ди-*л*-толлиламиноантрахинон 1/352, 353
- Ди-*л*-толлилкарбодимид 2/630
- Дитоллилосульфиды 4/43
- Дитоллисульфиды 4/1206
- Дитоллиэтан 3/122
- Ди-*л*-толуидинантрахинон 1/944
- 1,4-Ди-*л*-толуидино-5,8-дигидроксантрахинон 2/79
- 1,4-Ди-*л*-толуидино-5,8-дигидроксантрахинон-2,6-дисульфокислота 2/79
- Диторийникельид 2/481
- Ди-тралекс 3/405
- Дитразины, соли 4/225
- Дитридециловый спирт 2/97
- Дитридецилодипропионат 2/97
- Ди(трифторметил)ртуть 4/551
- Дитрифторметилтрихлорфосфоран 2/716
- Дитропил 5/20
- Дитропилюксид 5/20
- Дитропиловый эфир 5/20
- Дицетин 1/1175
- Диураны 5/74, 83
- Диурановая кислота 5/74, 83
- Диурет 5/87
- Диуретаны 4/25
- Диуретик, см. *Диуретические средства*
- Диуретические средства 2/180, 181, 204, 1085; 1/341, 1119; 4/240, 270, 275, 901; 5/203, 433, 520, 715
- Дуруон 1/1030, 1031; 2/203; 4/695
- Дурацин 2/342, 439
- Дуриакум 2/343
- Дуриенам О 1/334
- Дуриенамид 1/1029
- Дуризокват-метилсульфат 1/1031
- Дуфенил(ы) 1/512, 566, 616; 2/89, 90, 151, 591, 593, 1041; 3/536, 1058, 1059, 1066, 1088; 4/390, 1012, 1050. См. также *Бифенил* и *дуфениловый эфир*, смесь 1/567; 2/185; 3/940; 4/1050
- мономзамещенные 1/1158
- 1,3-Дуфенилаллен 2/367
- Дуфениламины 5/775
- Дуфениламин 2/181, 182, 205, 251, 450, 474, 497, 618, 934; 1/35, 94, 272, 306, 670, 712, 713, 717, 1075; 3/536, 542, 543; 4/61, 135, 172; 5/116, 145, 666, 667, 999
- Дуфениламин-2,2-дикарбоновая кислота 2/450
- Дуфениламин-4-сульфокислота 1/670; 2/205
- 2,5-Дуфениламинотерефталевая кислота 3/1017
- 9,10-Дуфенилантрацен 5/444
- Дуфенилацетилен 2/182
- Дуфенилацетилен-глюкоза-тетраакс-(трикарбонилугрунтей) 2/793
- 2-(Дуфенилацетилен)-1,3-инданион 2/439
- N,N'-Дуфенилбензамиды 1/488
- Дуфенилбензидин 2/450
- Дуфенилбензолы 4/1094, 1095
- Дуфенилброметан 2/183
- 1,4-Дуфенилбутандиен 4/418
- Дуфенилбутандиен 5/122
- 1,1-Дуфенилбутан 2/1298, 5/122
- 2,3-Дуфенил-2,3-бутандиол 3/1025
- Дуфенилбутилпиперидины 3/398, 399
- Дуфенилгалогенные соединения 1/957
- 2,6-*цис*-Дуфенилгексаметилтетрациклоксан 2/1023
- 5,5-Дуфенилгидантоин 4/240
- Дуфенилгидразины 1/491, 1075; 3/536
- Дуфенилгидразоны 1/419
- Дуфенилгликолевая кислота 1/494; 5/591
- Дуфенилглиоксаль 1/493, 494
- Дуфенилглиоксиматы, полнородны 3/1238
- N,N'-Дуфенилгуанидин(ы) 2/182, 183, 186, 187; 1/306, 634, 846; 4/82, 396; 5/572
- Дуфенилгуанидинный-катноны 4/396
- Дуфенилгуанидиния соли 4/1221
- (+)-3,6-Дуфенил-1,4-диоксан-2,5-дион 2/1141
- Дуфенилдихрезоксисиланы 1/171
- Дуфенилдихлороксисиланы 1/171
- Дуфенилдисульфид 4/1158
- Дуфенил-4,4'-дисульфокислота 1/566
- Дуфенилдифеноксисилан 1/171
- Дуфенилдихлорметан 1/201
- Дуфенилдихлорсилан 2/1022; 5/128, 129
- Дуфенил(диэтокс)силан 1/171; 2/1022
- Дуфениленнин 2/617–619
- о,о'*-Дуфениленметан 5/212, 213
- Дуфениленоксид 1/418; 2/90, 91, 591
- Дуфениленсульфид 1/336; 2/591, 593, 595
- N,N'-Дуфенилзотиомочевина 2/186
- 4,5-Дуфенилмидазол 1/508
- Дуфенилкарбазин 2/183, 1235; 4/394, 397; 5/610
- Дуфенилкарбазон 2/183; 3/64
- Дуфенилкарбен 2/622
- 1,5-Дуфенилкарбогидразин 2/183
- Дуфенилкарбодимиды 2/186; 4/816
- Дуфенилкарбонат 2/638; 3/1253
- Дуфенилкетен 2/740
- Дуфенилкетинин 1/200
- Дуфенилкетон 1/530; 4/1149
- Дуфенилметановая кислота 1/615
- Дуфенилметан 2/183, 88, 184, 236; 1/373, 947; 3/113; 4/32; 5/213, 786
- 4,4'-Дуфенилметандиноцианат 2/184, 80, 185, 401, 406; 1/306; 4/50, 54, 1088; 5/85, 86
- Дуфенилметановые красители 1/366, 367; 3/1089; 4/668
- Дуфенилметилхлорид 2/938
- Дуфенилмочевина 3/280; 5/125, 238
- Дуфенил-N-нитрозамин 3/532
- Дуфенилнитроксил 3/544
- 1,5-Дуфенил-3-нитроформазан 2/174
- Дуфениловая смесь, см. *Дуфенильная смесь*
- Дуфениловые эфиры, см. *индивидуальные представители и соответствующие кислоты*
- Дуфениловый эфир 2/88, 90, 185, 786; 3/721, 722, 1058, 1059; 5/127, 132. См. также *Дуфенилоксид* смесь с дуфенилом 1/567; 2/185; 3/940; 4/1050
- Дуфенилоксидназолы 3/674
- 2,5-Дуфенилоксасол 3/679; 4/329
- 2,5-Дуфенил-2-оксазолин 3/681
- Дуфенилоксид 2/185, 226, 846; 4/61, 1050; 5/1008. См. также *Дуфениловый эфир*
- Дуфенилоксидкарбоновые кислоты 3/1247; 4/26
- Дуфенилолпропан 1/436, 437, 994; 2/95, 96; 3/116, 1270; 4/54, 757; 5/963
- Дуфенилпикрилгидразил 1/1070, 1075; 2/185, 432; 4/302
- N,N'-Дуфенил-N'-пикрилгидразильный радикал 2/185, 432; 1/1070, 1075; 4/302
- 1,3-Дуфенилпразолин 3/836
- 1,3-Дуфенил-1,3-пропандион 2/86, 87
- Дуфенилртуть 1/958; 4/551, 976
- Дуфенилсилан 4/32
- Дуфенилсиландиол 2/1013, 1020, 1022
- Дуфенилсульфид 1/336; 2/89, 90, 186; 3/224; 5/569
- Дуфенилсульфит 4/921
- Дуфенил-4-сульфокислота 5/127
- Дуфенилсульфоксид 4/925
- Дуфенилсульфон 2/186; 4/933
- Дуфенилсульфон-3,3'-дисульфокислота, дигидразид 2/186
- Дуфенилгаллийбромид 4/976
- Дуфенилтетракарбоновые кислоты 3/1247; 5/385
- Дуфенилтиокарбазин 2/174
- Дуфенилтиокарбазон 2/174
- N,N'-Дуфенилтиокарбамид 1/306; 2/186, 187
- Дуфенилтиокетон 2/178
- N,N'-Дуфенилтиомочевина 2/186, 187; 1/306
- 2,6-Дуфенилтиопирилийперхлорат 4/1144
- N,N'-Дуфенил-N-(триметилсилл)мочевина 4/682
- Дуфенилтрифторфосфоран 2/764
- Дуфенилуксусная кислота, тропиловый эфир 4/238
- N,N'-Дуфенил-1,4-фенленциамин 1/633, 635; 2/376; 5/532
- 2,5-Дуфенил-3-фенлоксасол 1/336
- 1,5-Дуфенилформазан 5/219
- Дуфенилфосфит 5/7
- 3,3'-Дуфенилфтальд 5/380
- 4,4'-Дуфенилфалидкарбоновая кислота 4/26
- Дуфенилфторарсин 1/385
- 3,4-Дуфенилфуразан 5/427

- N,N'*-Дифенилхинондиимин 5/531, 532  
 Дифенилхлорарсин 3/843, 844, 846  
 Дифенилхлорметан 2/183  
 Дифенилхлорфосфат 1/962  
 Дифенилхлорфосфин 1/962  
 Дифенилхлорфосфит 1/966  
 Дифенилдианарсин 3/843, 844, 846  
 Дифенилдианид 4/918  
 Дифенилдициклопропены 1/70  
 Дифенильная смесь 1/567; 2/185; 3/940; 4/1830  
 Дифенильные углеводороды 3/463  
 Дифенилэтан 2/204  
 Дифенилэтидиол 1/493  
 1,2-Дифенилэтанол 5/370  
 Дифенилэтилены 4/418, 867–869  
 Дифенин 1/319, 320, 1068; 4/240, 241  
 2,2'-Дифеновая кислота 5/117  
 Дифеноксурон 1/1030, 1031  
 Дифенолы 3/36; 4/94; 5/397  
 Диферулолметан 2/972  
 Дифильные соединения 1/789; 3/181–184, 260, 1160; 4/127  
 Дифлуорбензол 2/474  
 Дифманометры 2/1280–1282; 3/1510; 5/89, 90  
 9,10-Диформилантрацен 1/349  
 Диформил 1/1141, 1142  
*N,N'*-Диформилэтилендиамин 2/413  
 Дифос 2/472  
 Дифосген 2/187, 419; 3/843, 844, 846  
 Дифосфат-гомомевоалат 3/617, 618  
 Дифосфатдидилглишерин 2/187, 188, 1191; 3/48, 49; 5/244, 269  
 Дифосфат-мевалонат 3/617, 618  
 Дифосфаты 5/246, 248, 251, 252  
 Дифосфинид 5/265, 277  
 Дифосфин 1/392, 1120; 5/263, 264, 307  
 Дифосфиты 1/1120  
 Дифосфоглицериновые кислоты 1/43, 1008, 1136, 1143; 5/268  
 Дифосфонозитид 5/271  
 Дифосфонные соли 2/630, 631  
 Дифосфонные кислоты 5/280  
 Дифосфоприндиннуклеотид 5/745  
 Дифосфор  
 пентаоксид 1/753; 3/629, 630, 775; 4/339, 843, 1156, 1158, 1169  
 пентасульфид 1/721; 2/1137; 3/870; 4/1118, 1126, 1135, 1162, 1163, 1230  
 Дифосфорная кислота 5/287  
 Дифрактометры 3/168; 4/473–476  
 Дифракционные методы 2/188, 1063, 1065; 1/407; 3/21, 168, 240, 402, 404; 5/515  
 анализ рентгеновский структурный 4/473, 474, 475, 882, 883; 2/190  
 – фазовый 4/475, 476; 2/190  
 мессбауэрография 2/188, 189, 191  
 нейтронография 3/404; 2/189–191; 4/882  
 рентнография 4/476, 477; 2/188, 190  
 ультрамикроскопия 5/62, 63, 64  
 электронно-зондовые 5/877, 878  
 электронография 5/893; 2/188–190; 4/882  
 Дифракция, см. Дифракционные методы  
 Дифталонциантин 5/383  
 Дифтерийный токсин 4/1195  
 Дифторамин 1/96, 98, 1184; 2/68, 69, 214; 3/508  
 Дифторбензол 5/406  
 Дифтордиазин 1/96, 97  
 3,3-Дифтор-3Н-диазирин 2/69  
 Дифтордидибромметан 2/641; 5/549, 550  
 Дифтордихлорметан 3/928; 4/195, 1104; 5/549, 550  
 Дифтордихлорсилан 2/1031  
 1,1-Дифтор-1,2-дихлорэтан 1/714
- сим*-Дифтордихлорэтилен 2/191, 192  
 Дифторкарбен 1/995; 4/67, 69, 1103; 5/294, 736  
 Дифторметилен-бис-гипофторит 5/399  
*N,N'*-Диформочевина 1/1184  
 2,3-Дифторнафталин 5/736  
 Дифтороксид 1/768  
 1,3-Дифтор-2-пропанол 2/342  
 Дифторсилан 2/1031  
 Дифторсилоксан 2/1031  
 Дифторфосген 2/137  
 Дифторфосфораны 5/791  
 Дифторфосфорная кислота 5/408  
 Дифторхлорборметан 1/704; 2/432; 3/649; 5/548–550  
 Дифторхлорметан 4/195, 1104; 5/548–550  
 Дифторхлорметилгипофторит 5/399  
 1,1-Дифтор-1-хлорэтан 1/714; 5/549, 550  
 1,1-Дифторциклоксан 4/1216  
 Дифторэтан 5/549, 550  
 1,1-Дифторэтилен 5/401  
 1,1-Дифторэтиленсульфат 5/409  
 1,2-Ди(2-фурил)этанол 5/431  
 Дифурфурилендиэтанол 5/430  
 Дифференциальные методы  
 анализ термический 2/35, 36; 4/1057, 1058, 1085  
 – фотометрический 5/335  
 импульсная вольтамперметрия 1/809  
 перекрывание орбиталей 4/120  
 сканирующая калориметрия 2/576  
 Дифференциальные параметры  
 реакций, сечения 2/124  
 – тепловые эффекты 4/1036, 1037  
 теллота адсорбции 1/55  
 Дифференциальные устройства  
 детекторы 1/909  
 калориметры 2/574–576  
 насосы 3/342  
 реакторы 1/466, 486  
 термодары 2/574  
 Дифференциальный закон регулирования 1/24  
 Диффузионные материалы  
 обработка, см. Диффузионные методы  
 ползусть 2/197  
 разделительные мембраны 3/55, 56  
 твердые сплавы 2/1242  
 Диффузионные методы  
 легирование 2/1154; 4/116, 117  
 насыщение металлов и сплавов 2/950, 1154; 4/807  
 осаждение 4/282  
 пламен 2/195, 754  
 термохимические 2/251; 3/1001  
 фотография 4/501, 504, 505, 509  
 хроматография 3/818  
 пниквание 2/321  
 Диффузионные процессы (явления)  
 горение 1/1165, 1168–1171; 2/192  
 нмпедаст 2/429  
 массообменные, см. Массообмен  
 мембранные 2/1300; 3/42, 43  
 модели, структура потоков 4/1245  
 отраженне, спектры 4/780, 782  
 переноса, см. Переноса процессы  
 плазмохимические 3/1100  
 планарные 3/1103–1105  
 разделение воздуха 1/798  
 термоэффект 4/1043  
 ток 2/194, 954, 1098; 4/123, 128; 5/637, 638, 895, 911  
 форез 1/448; 2/200. См. также Электрофорез  
 Диффузионные реакции  
 кинетика, см. Диффузия  
 контролируемые 2/192, 193, 755, 868; 4/297, 307, 406, 832, 872
- пары частиц-реагентов 2/192, 193; 4/309  
 Диффузионные устройства  
 насосы 1/64; 2/201, 1011, 1315; 3/344  
 смеси 4/736  
 Диффузия 2/195, 196; 1/448; 5/178  
 амбиоплярная 2/531  
 броуновская 1/447; 2/195  
 в газовой фазе 2/192, 197, 198  
 в конденсированных средах 2/192, 193, 198–200  
 в твердых телах 5/516  
 взаимная 2/478, 1072, 1074  
 внешняя и внутренняя 1/1051, 1052  
 встречная 3/256  
 закон Фика 2/126, 192, 195–197, 514; 3/947, 948; 4/1067  
 зародышей «ядло оси размеров» 2/318, 319  
 и адсорбция 1/60, 61  
 и вид освещения 5/653  
 и двойной электрический слой 2/3, 4  
 и дефекты в кристаллах 4/994  
 и дисперсный состав системы 2/155, 156  
 и иммобилизация ферментов 2/422, 423  
 и испарение 2/541, 542  
 и капиллярная пропитка 2/613  
 и коррозия металлов 1/907, 908; 2/436, 953–957  
 и критические явления 2/1072, 1073  
 и липфильность 2/1183  
 и обмен изотопный 2/388  
 и перенос фотонизображения 5/325–327  
 – – нонный 2/514  
 и реакции в растворах 2/990, 991; 4/406, 407  
 – – гетерогенные 1/1049–1052, 1058  
 – –, кинетика 1/548, 1218; 2/192, 193, 195, 1254–1261; 4/831. См. также Диффузионные реакции  
 – – колебательные 2/851  
 – – ферментативные 5/156  
 и реакционная способность 4/423  
 и ректификация 4/455, 456, 459  
 и силловер 4/786  
 и теория подобия 3/1181, 1183–1185  
 – – столкновений 4/870  
 и химико-термическая обработка металлов 5/451  
 и химический транспорт 5/497  
 и экстрагирование 5/820, 821  
 как необратимый процесс 1/839; 3/644, 645, 946–949; 4/1065, 1067, 1069, 1073  
 квантовая 2/1035  
 кнудсеновская 1/60; 3/42  
 конвективная 2/1298–1300; 3/39, 948; 5/820, 821  
 латеральная 3/52  
 массовая, см. Изотопов разделение  
 методы, см. Диффузионные методы  
 молекулярная 1/60; 2/164, 195, 197–200, 541, 1256, 1257, 1259, 1260, 1298–1300; 3/39, 214, 215; 4/261; 5/29–31, 497  
 параметры, коэффициенты 2/193, 195–200; 3/1183, 1185; 4/832. См. также Коэффициенты диффузии  
 – потенциал(ы) 2/194, 521; 3/48; 5/839, 843  
 числа Бю 2/1304  
 – Пекле 2/1257, 1301  
 – Фурье 2/1301, 1304  
 поверхностная 1/60; 2/198  
 процессы, см. Диффузионные процессы, Диффузионные устройства  
 «стационарная» 2/1304
- температурный градиент, см. Термодиффузия  
 турбулентная 5/29, 30, 31; 2/195, 1298, 1300, 1302, 1303; 3/946–948, 1099–1102  
 фольмеровская 1/60  
 электрохимическая, см. Электродиффузия, Электроперенос  
 Диффузные пятна 2/191  
 Дихалькогениды 1/343; 2/477; 4/585  
 Ди(8-хинолилд)дисульфид 3/63  
 Дихиноны 3/388; 5/532, 533  
 Дихлорбензил 1/1028  
 Дихлорбутирол 5/419  
 Дихлорзолни 5/420  
 Дихлор 1/193; 3/388, 390; 5/418  
 2,2-Дихлорпропионовая кислота 1/1027  
 Дихлоральдегид 1/1031  
 1,3-Дихлор-2-аминоантрахинон 1/239  
 Дихлорамин 1/237, 770; 2/68, 69; 3/502, 503; 4/1203; 5/557, 558  
 Дихлоран 5/418  
 2,4-Дихлорантрол 1/304  
 Дихлорантрин 2/203; 3/815; 5/11, 420, 558  
 Дихлорантрахинондисульфокислоты 1/944  
 Дихлорантрахинонсультфокислоты 1/354, 944  
 Дихлорантрахиноны 1/355, 943, 944; 3/690  
 5,6-Дихлоррацетин 1/418  
 1,2-Дихлор-2-ацетнафтенон 1/419  
 Дихлоррацетальдегид 5/585  
 Дихлоррацетамид 5/585  
 2-Дихлоррацетамид-3-хлор-1,4-нафтохинон 1/193  
 2,6-Дихлоррацетанилд 2/110  
 Дихлоррацетилен 5/13  
*N*-Дихлоррацетил-1-окса-4-азаспиро[4.5]декан 1/329, 330  
 Дихлоррацетилхлорид 5/585  
 Дихлорбензидин 2/997, 1003; 3/565  
 2,6-Дихлорбензилдидихлорид 1/492, 493  
 Дихлорбензиловый спирт 1/338, 452  
 3,4-Дихлорбензил(трифенил)фосфонийхлорид 5/278  
 2,2-Дихлор-1,3-бездодиоксол 1/504; 4/1154  
 2,4-Дихлорбензоилпероксид 2/1013  
 2,6-Дихлорбензойная кислота  
 нитрил 1/1028  
 тиоамид 1/1028  
*N,N*-Дихлорбензолсульфамид 2/9  
 Дихлорбензолсульфокислоты 2/201  
 Дихлорбензолы 2/201, 82, 132, 202, 203, 404, 536, 1046; 1/113, 267, 489, 709, 945, 948, 989; 3/382, 527; 4/393, 494, 495, 1105, 1200; 5/11, 139, 381, 416, 535, 562, 587, 739, 817  
 4(5),7-Дихлорбензо-2,1,3-тиадназол 1/526  
 2,5-Дихлорбензотрифторид 5/403  
 7,8-Дихлорбензилкло[4.2.0]окта-2,4-диен 5/729  
 Дихлорборан 4/925  
 Дихлорбутиадиен 5/571  
 1,4-Дихлорбутан 1/644  
 Дихлорбутены 1/47, 714; 5/570  
 Ди(8-хлорбутил)формаль 4/41  
 1,4-Дихлор-2-бутин 2/85  
 α,δ-Дихлорвалериановая кислота 4/192  
 Дихлоргептаоксид 3/657  
 Дихлоргидантонин 1/1067; 2/18  
 2,2-Дихлоргидразобензол 3/565  
 Дихлоргидрины 1/1146; 2/1319  
 2,4-Дихлор-6-гидроксн-1,3,5-триазин 2/234  
*N,N*-Дихлор(дибром)бензолсульфамиды 1/515  
 Дихлордибромфенолсульфоталенин 4/936

- Дихлорднбутилово 3/761  
1,4-Дихлор-5,8-дигидрокснантирахион 1/354  
3,6-Дихлор-4,5-дигидроксн-2,7-нафталидинсульфокислота 2/203  
Дихлордиметилдидантон 2/9, 18  
Дихлордиметилэфир 2/202, 606; 3/691  
Дихлордиметилсилан 3/804  
Дихлординитроазокснбензол 2/133  
2,5-Дихлор-1,3-динитробензол 2/203  
5,5'-Дихлор-2,3'-динитродисульфид 5/569  
4,4'-Дихлордифенил 1/566; 3/1059  
4,4'-Дихлордифенилсульфон 4/44  
1,2-Дихлор-1,2-дифенилэтан 4/854, 855  
Дихлордифторид 1/966  
2,3-Дихлор-5,6-дидиано-1,4-бензохион 2/325; 3/390, 768; 4/147  
Дихлордизтиловый эфир 2/202, 134, 707, 708; 1/960, 1140; 4/41  
Дихлордизтилово 3/763  
 $\beta,\beta'$ -Дихлордизтилсульфид 2/533  
 $\beta,\beta'$ -Дихлордизтилсульфон 4/935  
Дихлордиэтокснсилан 1/171  
1,2-Дихлордиэтанол 3/72, 405  
Дихлордиэтанол 3/405  
Дихлордиэтаноловая кислота 2/19; 5/777  
Дихлордидантон 1/244  
Дихлордибензол 2/497, 498; 3/346  
Дихлоркарбены 2/597, 600  
Дихлоркарбен(ы) 2/93, 373, 622, 1138, 1139; 3/1078; 4/341, 1143; 5/414, 527, 580, 585  
N,N-Дихлор-л-карбокнбензолсульфамид 1/338  
9,9-Дихлорксантен 2/88  
Дихлоркислоты 5/566  
1,4-Дихлор-л-ментен 4/1093  
Дихлорметан 1/19, 504, 834, 836; 2/10; 3/113, 114, 125, 348, 374, 887, 902, 911, 986; 4/924; 5/580. См. также *Метилхлорид*  
Дихлорметилалкиловые эфиры 5/224  
(Дихлорметил)бензол 1/488  
2-Дихлорметил-4-гидроксиметил-5-(4-нитрофенил)-2-оксазолон 3/683  
2,4-Дихлор-6-метил-5-ди(2-хлорэтил)аминопиримидин 2/221  
1,4-Дихлорметилдурол 2/236  
Дихлорметилдифосфорильные соединения 1/361  
Дихлорметилениминные соли 2/418  
Дихлорметилэфир, см. *Дихлордиметилэфир*  
(Дихлорметил)хлорбензолы 5/583  
N,N'-Дихлормочевина 3/280  
Дихлорнафталины 3/380, 950; 5/568  
1,4-Дихлор-2-нафтол 3/387  
2,3-Дихлор-1,4-нафтохион 1/193; 3/388, 390; 5/418, 535  
Дихлорнитроанилины 3/523; 5/418  
Дихлорнитробензолы 2/202, 201, 203; 3/565; 5/11  
 $\mu$ -Дихлоро-*бис*-( $\eta$ -аллил)дипалладий 1/183; 2/927  
Дихлороаммино(этиламин)платина 2/930  
Дихлородиамминоплатина 2/927, 928  
7,7-Дихлорнокран 5/725  
Дихлорогексаоксид 5/555  
Дихлорогексаоксид 5/555, 556  
10,10-Дихлор-9-окса-10-сила-9,10-дигидрофенантрен 2/1019  
Дихлороксид 5/554, 555  
3,3-Дихлор-2-оксондиолн-5-сульфохлорид 2/346  
 $\alpha,\omega$ -Дихлороктаметилтетрасилоксан 3/806  
6,8-Дихлороктаноат 2/1194  
Дихлоро-*бис*-(метиламин)платина 2/930  
Дихлорорганиосиланы 3/804, 807  
 $\alpha,\omega$ -Дихлорорганиосилоксаны 3/806  
Дихлоро-*бис*-(трифенилфосфин)платина 2/926  
Дихлорофен 1/337, 452  
Дихлоро( $\eta$ -1,5-циклооктаден)платина 2/97  
3,9(10)-Дихлорперилены 3/950  
1,2-Дихлорперфтордихлорбутан 3/986  
4,6-Дихлорпиколиновая кислота 3/1018  
3,6-Дихлорпирридазин 3/1043  
4,6-Дихлорпиримидин 3/832  
Дихлорпроп 4/207  
 $\beta,\gamma$ -Дихлорпропанол 1/959  
Дихлорпропаны 1/140, 949; 3/405; 4/42, 194, 199, 202  
Дихлорпропены 1/949; 3/405; 5/416  
Дихлорпропиловый эфир 4/202  
Ди(3-хлорпропил)сульфат 4/921  
1,2-Дихлорпропионитрил 1/117  
Дихлорпропиновая кислота 1/195, 955; 5/582, 583  
2,6-Дихлорпурины 4/274  
Дихлорсилан 2/1009, 1032  
Дихлорсульфамиды 4/924  
2,4-Дихлор-5-сульфамилбензойная кислота 5/433  
Дихлорсульфаны 4/655, 903  
Дихлорсульфолан 4/926  
2,5-Дихлортерефталевая кислота 1/113  
2,6-Дихлортетрагидропиран 3/1038  
2,3-Дихлортетрагидрофуран 4/1096  
1,3-Дихлортетраметилдисилоксан 3/806  
Дихлортитаноксн 3/78, 92  
Дихлортолуолы 1/488; 4/1202; 5/583  
Дихлортриазин 2/975  
Дихлортриазинозные активные красители 1/128  
Дихлоруксусная кислота 1/956; 3/762; 5/584, 585  
1,4-Дихлорфеназин 5/115  
2,4-Дихлорфенетол 5/120, 121  
2-(2,6-Дихлорфениламино)-2-имидазолины, гидроксид 2/812  
2-(2,6-Дихлорфениламино)фенилуксусная кислота, Na-соль 2/110  
N-(3,4-Дихлорфенил)-N,N-диметилмочевина 4/695  
1-(2,6-Дихлорфенил)-2-нидолион 2/110  
6,11-Дихлор-5,12-*бис*-(фенилэтилин)тетрацен 5/444  
N-3-(2,4-Дихлорфенокси)пропил-N-метил-2-пропиламин 3/254  
Дихлорфенокснуксусная кислота 1/416, 956, 1027, 1028, 1034; 5/585-587  
Дихлорфенолсульфофталеин 4/936  
Дихлорфенолы 5/11, 587, 588  
2,7-Дихлорфлуорен 5/213  
Дихлорфлуоресценн 2/1217  
Дихлорфос (дихлорфос) 2/122, 472; 3/967  
Дихлорфосфин 3/671  
*бис*-(Дихлорфосфин)алканы 1/964  
4,5-Дихлорфталева кислота 5/377  
Дихлорфторамин 1/97  
Дихлорфурметан 3/909; 4/67  
Дихлорфурмадинитрил 4/1108  
Дихлорфумаровая кислота 1/432  
2,3-Дихлорхиноксалин 5/523  
6,12-Дихлорхризен 5/607  
4,4-Дихлорхромены 1/517, 518  
2,7-Дихлорхромотроповая кислота 2/203  
Дихлорциклогексаны 2/912  
l-2-c-4-Дихлорциклопентан-r-1-карбонная кислота 3/571  
1,1-Дихлорциклопропан 5/739  
Дихлорэтан 2/203, 9, 34, 82, 173, 178, 184, 204, 212, 461, 647, 732, 812; 1/140, 709, 723, 724, 760, 761, 887, 889, 947, 949; 3/113, 371, 374, 375, 740, 1029, 1040; 4/42, 43, 85, 172, 266, 359; 5/12, 13, 416, 973, 982, 984, 985, 987, 989, 994, 998  
N,N-Ди(2-хлорэтил)аминофосфорная кислота 5/745  
Дихлорэтиларсин 3/315  
Ди-( $\beta$ -хлорэтил)галогенфосфаты 5/13  
1,2-Дихлорэтиленкарбонат 2/638  
Дихлорэтилены 1/715, 947; 4/1129; 5/12, 13  
Ди( $\beta$ -хлорэтиловый)эфир 3/121  
Ди(2-хлорэтил)сульфон 2/94  
Ди( $\beta$ -хлорэтил)формаль 4/41  
Ди(хлорэтил)хлорфосфат 1/962  
Дихлотиазид 2/204, 180; 1/1119  
Дихлороп-метил 1/1028  
Дихлорфос, см. *Дихлорфос*  
Дихлофлуанид 5/417  
Дихрографы 2/457, 458  
Дихрографы 5/540  
Дихронное поглощение 5/540  
Дихромалюминид 2/481  
Дихроматометрия 2/204, 205; 1/670; 4/1189; 5/631  
Дихроматы 3/969, 1224; 4/396; 5/630-633  
Дихромовая кислота 2/783, 801; 3/1046; 5/617. См. также *Хромовая кислота*  
Дицан 1/93, 970; 3/514; 4/555, 1108, 1165, 1253; 5/9, 699, 700, 706, 795, 796  
Дицандиамид 2/205, 804, 990, 996; 1/1210; 3/34, 38, 282, 646, 870, 997, 1239; 4/256; 5/137, 701  
Дицандиамиддиэтерид 2/190  
Дицандиамин 1/455  
Дицаноаурат-ионы 2/333, 334  
Дицаноэтилен 4/1108; 5/706  
Дицанобензолы 5/381, 812  
2,3-Дициано-1,4-бензохион 2/13  
1,4-Дицианобутан 1/47  
Дицианобутены 1/989  
Дицианодинило-формальдегидные смолы 2/205, 236  
 $\beta,\beta'$ -Дицианодинилсульфид 5/709  
Дицианокобровая кислота 2/945, 946  
Дицианометан 2/1274-1276  
1-(2-Дицианометил)гидразино-4-триформатокснбензол 3/670, 671  
Дицианоолефины 2/1276  
Дицианоэтилен 5/706  
Дициклогексиланы 4/173  
N,N'-Дициклогексил-2-бензотиазолилсульфенамид 3/62  
Дициклогексилборан 1/601  
Дициклогексилкарбонид 1/40, 299, 442; 2/135, 629, 630, 1143; 3/670, 931, 1077, 1246; 4/277, 1169  
Дициклогексилметан 2/183  
Дициклогексилмочевина 4/277  
Дициклогексилпероксидкарбонат 5/446  
Дициклогексилртуть 4/552  
Дициклопентаден 2/205, 206; 1/35; 3/104, 875; 4/468; 5/635, 991  
*бис*-(Дициклопентаденил)технций 4/1113  
Дициклопентениловый эфир 5/963  
Дициклопропилвинилгалогениды 5/373  
Дициркнаты 5/761  
Дицистенн 5/768  
Дише метод 1/264  
Диэдральные углы 3/208, 210, 219  
Диэлектрики 2/206, 207-209, 706, 708, 1018, 1019, 1026, 1071, 1123, 1124; 1/115, 136, 188, 262, 382; 3/100, 167, 227, 418, 508, 695, 696, 698, 984, 1137, 1138, 1248, 1252; 4/52, 442-444, 837, 911, 977; 5/102, 257, 668, 761  
дефектоскопия 2/48  
жидкости 2/90, 1011, 1012; 5/11  
зонная теория 4/995, 996  
и полупроводники 2/206; 4/105  
и поляризуемость 2/206, 207; 4/125  
как материалы магнитные 1/407; 2/1240, 1241; 4/142  
-- радиопоглощающие 4/332  
-- сверхпроводящие 4/585  
параметры, см. *Диэлектрическая проницаемость*, *Диэлектрические потери*  
пирозелектрики 3/1078  
поляризация 2/143, 206, 207; 3/1078; 4/284, 608  
пробой 2/208  
пьезоэлектрики 4/284  
радиационная стойкость 4/291  
релаксация 2/208  
сегнетоэлектрики 1/672; 2/1012; 4/284, 608  
управляемые 2/208, 209  
электроизоляционные 2/208, 209  
электреты 5/835, 836; 4/285, 1062  
Диэлектрическая проницаемость 2/3, 4, 7, 143, 206-210, 292, 912, 913, 1072; 4/125, 356, 359, 360, 376, 748, 837, 996; 5/856, 857, 860  
Диэлектрическая релаксация, метод 2/208  
Диэлектрическая сепарация 3/634  
Диэлектрические потери 2/207-210, 292; 4/333  
Диэлектрометрия 2/209, 210  
Диэлектрометрия 2/209, 210, 292; 1/755  
Ди-эм, см. *Адамсит*  
Диэпоксиды 3/1224; 4/30, 93  
Диэтан 5/146  
Диэтаноламиды 3/686; 5/973, 974  
Диэтаноламин 1/5, 140, 265, 865, 902, 932, 1096; 2/210; 3/686, 1029, 1164; 5/196, 973-976, 991, 993  
Диэтанолнитрамидинитрат 2/210; 1/608; 3/507  
Диэтанол-N-нитрамидинитрат 2/210  
Диэтилбензолы 2/92, 93  
Диэтиладипинат 1/47  
N,N'-Диэтилалкиламинны 5/978  
Диэтилолигнорид 2/210; 1/210, 628; 3/78, 79, 1220; 4/22, 62  
Диэтиламинды 4/654; 5/978  
Диэтиламин 1/846, 895, 1147, 1148; 2/214, 215, 1021, 1032, 1175, 1176; 3/386; 4/205, 750, 1111, 1263; 5/977-979, 995  
Диэтиламиноалканоли 1/235; 2/215; 3/567  
Диэтиламиногруппа 3/569  
Диэтиламинометилсилан 2/1024  
(Диэтиламинометил)триэтокснсилан 2/1020  
1-Диэтиламино-4-пентаон 1/238  
Диэтиламинофенилдибромфторфосфоран 2/716  
m-(N,N'-Диэтиламино)фенол 2/1083; 3/676  
Диэтиламиноэтанол 2/215; 3/567  
Диэтиламиноэтилакрилат 1/235  
Диэтиламиноэтиламид 3/568  
Диэтиламиноэтиламин 3/568  
Диэтиламиноэтилметакрилат 1/234, 235  
10-(N,N'-Диэтиламиноэтил)фенолтиазин, гидроксид 4/237  
Диэтиламиноэтилхлорид 5/668  
Диэтиламиноэтилцеллюлоза 2/1145; 5/668  
2,7-*бис*-[2-(Диэтиламино)этоксн]-9-флуорен 2/427

- Диэтиламмоний  
2,5-дигидроксibenзолсульфонат  
1/322  
диэтилдитиокарбамат 2/177  
Диэтиланилин 1/153, 154; 2/302; 4/92  
Диэтилацетали 1/420–422, 1147; 4/208  
Диэтилацетональ 1/422  
Диэтилацетофосфонат 1/3  
5,5-Диэтилбарбитуровая кислота  
4/742  
Диэтилбензолы 2/210, 93, 211; 1/65,  
159  
N,N-Диэтил-2-бензотиазолилсульфен-  
амид 3/62  
3,4-Диэтил-3,4-тексаидиол 3/1025  
Ди(2-этилгексил)адипнат 1/47; 5/981  
Ди(2-этилгексил)азеланат 1/65  
Ди(2-этилгексил)изофталат 2/396, 397  
Ди(2-этилгексил)себацнат 4/607  
Ди(2-этилгексил)фенилфосфат 5/981  
Ди(2-этилгексил)фосфорная кислота  
1/537; 2/445; 3/566; 4/396, 435;  
5/825  
Ди(2-этилгексил)фталат 3/1116, 1117;  
5/981  
Диэтилдисульфид 4/1155  
Диэтилдитиокарбамат 3/272; 4/1021  
Диэтилдитиокарбаминовая кислота  
2/177; 4/1111  
сим-Диэтилдифенилмочевина 1/453  
О,О'-Диэтил-S-(2-диэтиламино)этил-  
тиофосфат 4/1163  
Диэтиленгликоль 2/211, 212, 806;  
1/1133; 4/768, 1202; 5/15, 85, 377,  
660, 984  
диметиловые эфиры 1/1140. См.  
также *Глимы*  
моно- и диалкиловые эфиры 1/789.  
См. также *Карбитолы*  
Диэтиленгликоль-бис-аллилкарбонат  
2/638  
Диэтиленгликольдинитрат 2/212, 126;  
1/453, 607, 706; 4/162  
Диэтилендиамин 3/1029  
Диэтилендиоксид 2/134  
Диэтилендисульфид 2/173  
Диэтилендиоксид 3/275, 276  
Диэтилентриамин 2/212, 9, 83, 213;  
1/453; 4/85, 86  
Диэтилентриаминоэнтауксовая кис-  
лота 2/213, 872; 5/160  
Диэтилизифталат 2/396, 397  
Диэтилкальций 2/580  
Диэтилкарбинол 1/538  
Диэтилкарбитол 2/627  
Диэтилкарбодимид 4/277  
Диэтилкарбонат 2/638; 3/916  
Диэтилкетон 2/740; 4/595  
Диэтилксантогендисульфид 2/213  
Диэтилмагний 2/1236, 1237  
Диэтилмалонат 2/1273–1275; 3/529  
Диэтилметилдифторфосфорная 2/716  
Диэтилмочевина 4/277; 5/979  
N,N-Диэтилинитрамин 3/502  
Диэтил-*n*-нитрофенилфосфат 2/635  
Диэтиловые эфиры, см. индивидуаль-  
ные представители и соответствую-  
щие кислоты  
Диэтиловый эфир 2/213, 12, 103, 117,  
214, 1086; 1/140, 455, 542, 602, 838,  
1175, 1202, 1203; 3/104, 121, 123,  
350, 397, 572, 721, 722, 785, 803;  
4/135, 388, 512, 648, 671, 713, 752,  
804, 812, 852, 865–867, 1222; 5/6,  
116, 200, 221, 256, 449, 544, 557, 693,  
702, 790, 791, 961, 979, 991, 995–999,  
1007, 1008, 1010  
алдукуты 2/779  
и сольватированный электрон 4/750  
как растворитель 1/6–8; 2/532;  
4/359
- Диэтилоксалат 2/785; 5/795, 796  
3,3-Диэтилоксетан 3/685  
Диэтилолово 3/763  
Диэтилолуво 4/551  
Диэтилсиландиол 2/1020  
Диэтилстильбэстрол 2/605, 606; 5/972  
Диэтилсукцинат 5/1058  
Диэтилсульфат 2/606; 4/905; 5/995,  
999  
Диэтилсульфид 2/651; 3/653; 4/912  
Диэтилсульфит 4/921, 922  
Диэтилсульфоксид 4/925  
Диэтилтарtrat 1/726  
N,N-Диэтил-*m*-толуамид 4/494  
N,N-Диэтил-1,1,2-трифтор-2-хлорэтил-  
амин 2/214; 1/953  
N,N-Диэтил-*n*-феилендиамин 5/531,  
554  
N,N-Диэтил-*n*-феилендиаминсульфат  
4/253  
2,6-Диэтилфенол 5/121  
Диэтилформаль 1/422  
Диэтилфосфит 1/3; 2/549  
Диэтилфосфорная кислота 5/242, 253  
Диэтилфталат 2/214, 215; 3/1117  
Диэтилфумарат 2/76  
Диэтилхлортниофосфат 1/961  
Диэтилхлорфосфат 1/962  
Диэтилхлорфосфин 1/963  
Диэтилхлорфосфит 1/966  
N,N-Диэтилетаноламины 2/215, 1318,  
1319; 5/978  
Диэтил(2-этилтиоэтил)тиофосфат  
3/1091  
Диэтинильные соединения 4/48, 49,  
61, 62, 70  
3,3'-Диэтоксизаоксibenзол 3/561  
N,N'-(4,4'-Диэтоксидифенил)мочевина  
5/238  
Ди(этоксикарбонил)карбен 4/1158  
2,2-Диэтоксипропан 1/422  
1,1-Диэтоксис-1-сила-3-циклопентен  
2/1020  
1,3-Диэтокситетраметилдисилоксан  
3/807  
Диэфиры 1/656; 3/277, 291, 292, 1081,  
1082; 4/199, 1131. См. также инди-  
видуальные представители  
Длиннопламенные угли 2/597  
Длины  
молекул ДНК 3/587  
свободного пробега электронов 3/97  
связей 1/378, 411, 412; 2/852, 984;  
3/29, 30, 208, 210, 219, 330–334,  
390, 797; 5/461, 463, 897  
ДЛФО-теория 2/817  
ДМ, см. *Адамсит*  
2,4-ДМ, гербицид 1/1028  
ДМИ, см. 4,4-*Дифенилметандиизоци-  
анат*  
ДМСО, см. *Диметилсульфоксид*  
ДМФА, см. *Диметилформамид*  
Дневные флуоресцентные пигменты  
5/213  
ДНК 1/1124, 1125, 1229; 2/20, 21, 969;  
3/589–593, 599. См. также *Дезокси-  
рибонуклеиновые кислоты*  
A,B,Z-формы 3/586  
агрегация структур 4/1063  
антигены 1/324  
биосинтез, мутации 3/293–301  
– нарушения 2/137. См. также *Ре-  
парация*  
– стимуляция 2/478; 4/428  
вирусные 3/587, 594, 719; 4/218  
внехромосомные 4/495, 496. См.  
также *Плазмиды*  
геномов 1/1014  
гены 1/1009, 1008, 1010–1012;  
2/1322–1325; 3/211, 1051; 5/636  
– прыгающие, см. *Мигрирующие ге-  
нетические элементы*  
гетеродуплексы 4/451
- длины молекул, единицы 3/587  
и геиния инженерия 1/555  
и дезоксирибонуклеазы 3/584  
и интерлейкины 2/478  
и канцерогены 2/604  
и микотоксины 3/154  
и митохондрины 3/179  
и ниацин 3/470  
и нуклеопротеиды 3/599  
и регуляторные белки 3/587  
и РНК, гибриды 3/587, 588  
и хроматин 3/599  
как лиотропный каучук 2/287  
как метаболиты 3/619, 620, 622, 624,  
626  
кодирование иммуноглобулинов  
2/424  
кольцевые 3/587  
комплементарность 2/877; 4/495  
конъюгация 4/451  
копии 2/1322–1325  
кроссинговер 4/451  
матричные процессы, см. *ДНК-мат-  
рицы, Репликация, Транскрипция*  
минорные нуклеозиды 3/173–175  
митохондриальный хлоропласт 3/587  
нуклеотидные последовательность и  
состав 1/472, 482; 3/585–587,  
594; 5/38, 342  
однотяжевые 3/587, 588  
палиндромы 3/151  
полимерные комплексы 4/20  
предшественники 4/519  
распределение в клетках 5/769, 770  
растений 1/559  
реверсии 4/492  
рекомбинантные 3/212, 594; 4/450–  
452, 510  
репликасома 4/495  
рестрикция и модификация 4/510,  
276, 509. См. также *Мутагены*  
рибосомные 4/522  
сайт-специфичность 4/450, 492,  
493, 509  
секвенирование 3/588, 589; 4/522  
спирали двойные 1/559; 3/586, 587,  
593; 4/450–452, 493, 495–498  
– сверхскрученные 3/587, 1096  
SOS-система 4/493  
транслукция 4/451  
трансфекция 4/451  
ферментативный гидролиз 3/599  
фотореактивность 4/492  
хроматина 5/619, 620  
хромосомные 3/587  
чужеродные, расщепление 4/509  
– трансформация 4/1242, 45, 1243,  
1244  
экзоны 2/581  
электропорация 4/1243, 1244  
ДНК-гиразы 3/587  
ДНК-зависимые ДНК-полимеразы  
3/1241, 1242; 4/1231  
ДНК-зависимые РНК  
нуклеотидилтрансферазы 4/527, 528  
полимеразы 1/303, 552; 2/1322;  
3/1241, 1242; 4/426; 5/1049  
ДНК-лигаза 3/470, 589, 590; 4/493,  
497  
ДНК-матрицы 2/877, 1322, 1325;  
3/300, 587, 588, 626; 4/426, 496  
и самовоспроизведение нуклеино-  
вых кислот 4/496  
и синтез мРНК, см. *Транскрипция*  
– – пептидов 3/934  
ДНК-полимеразы 3/300, 587, 589, 741;  
4/451, 492, 493, 495, 496  
вирусные 4/218  
ДНК-зависимые 3/1241, 1242; 4/1231  
РНК-зависимые 3/1242  
ДНК-репликационная система 4/495  
ДНК-топоизомеразы 4/498, 1214  
ДНОК, гербицид 1/1027; 2/38; 3/563
- ДНС  
α-аминокислота 1/476  
Π, сульфонат 4/929  
пептид 1/476  
ДНС-Эдмана метод 5/801  
Добезилат-кальций 1/322  
Доверительные вероятность и интер-  
вал результатов измерений 3/136–  
139, 638, 639; 4/181, 182  
Додекаборан 2/651  
Додекаванадиевая кислота 1/670  
Додекагидрокарбазол 2/618  
Додекаметилен 5/725  
Додекаметиленгуанидин 1/1210  
Додекаметилендиамин 2/215  
Додекаметилциклотетрасилазан 3/805  
Додекан 1/5  
Додеканол 2/215, 216  
1-Додекаамин 2/216  
Додекандиамин 2/215  
Додекандикарбоновая кислота 3/1202  
Додекановая кислота 1/863, 864;  
2/643, 644, 1151  
Додеканол 2/216  
Додекантиол 4/1136, 1139  
Додекарбонилтрижелезо 2/252, 253,  
274  
2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7-Додекафторге-  
птанол 4/805  
Додеказдрин 4/76, 858  
Додеморф 5/419  
Додециламин 2/216, 51  
Додецилбензолсульфат 3/1164  
Додецилгуанидинацетат 5/420  
Додецилсульфонат 2/401  
трет-Додецилмеркаптан 1/629, 636  
Додециловая кислота 2/216  
Додециловый альдегид 2/215, 216  
Додециловый спирт 1/866; 2/216;  
3/169  
Додецилсульфат 3/1164  
Додецилтиодипропионат 2/96, 97  
Додецилфосфат 3/1164  
Дожди 1/1210; 5/420  
Дожди  
искусственные 4/227, 636  
кислотные, см. *Кислотные осадки*  
Дожигание  
автомобильных выхлопов, см. *Вы-  
бросы автотранспорта*  
термическое примесей в газах 1/903  
Доза(ы)  
внесения удобрений 5/55  
излучения (облучения) 2/216, 217,  
499. См. также *Радиационная за-  
щита*  
– измерение, см. *Дозиметрия*  
– как мера светостойкости 4/590  
– мощность 2/217; 4/289, 292  
– поглощенная 2/216, 503  
– фактор уменьшения 4/326, 327  
– цветовые индикаторы 2/221  
– эквивалентная 2/216, 217; 4/288  
лекарственного средства 2/1160.  
См. также *Фармакокинетика*  
токсические ОБ 2/467; 3/843. См.  
также *Токсичность*  
Дозанекс 1/1030  
Дозаторы 2/217, 218, 219; 3/144; 5/210  
конвейерные, см. *Роторно-конвей-  
ерные линии*  
насосы 3/342  
питатели 3/1083  
проб в хроматографии 2/609; 3/342  
Дозиметрия 2/219, 216, 217, 220, 221,  
1209, 1227; 3/501; 4/329, 338. См.  
также *Радиационная защита*  
ДОК, кортикоид 2/958  
Докозангексаеновая кислота 2/307;  
3/006  
Докозановая кислота 1/863, 864; 4/968  
Докозанпентеновая кислота 1/863,  
864  
Докозеновая кислота 1/863, 864

- Доксациклин 4/1110  
 Доксорубин 1/356, 357  
 Докторская проба 3/447  
 Долан 3/1198–1200  
 Долговечность материалов 2/1133; 3/144; 4/251; 5/171  
 Долгоживущие частицы карбатионы 2/627  
 радионуклиды 4/321, 331, 332  
 свободные радикалы 4/300–304  
 Долихол(ы) 3/48, 197  
 Доломит(ы) 1/280, 773; 2/282, 353, 578, 637, 639, 734, 868, 1234, 1235, 1247; 3/328, 633, 1001; 4/673, 838, 978; 5/42, 44, 113, 114, 199, 298  
 известь 2/349  
 как удобрение 2/498  
 каоучицкий 1/871  
 мука 2/348, 1233  
 обожженный 1/871; 2/1233, 1251  
 огнеупоры 3/650  
 Домениос производство 3/93  
 печи 2/256, 263; 3/1004, 1005  
 продукты, графит 1/1190  
 – кокс 2/836, 846, 847  
 – шлаки 2/348, 588  
 Домены 1/474, 475, 482, 484; 2/53; 3/51, 1098, 1192; 4/54, 56, 526, 527, 608, 708, 994, 1087, 1186, 1195, 1196, 1224; 5/86, 168, 662, 771, 772  
 «Домнио»-дневной синтез 2/101  
 Дюпана  
 потенциал 3/47, 48  
 уравнение 3/47  
 эффект 4/79  
 Дюнные продукты, см. *Каменноугольная смола*  
 Дюорно-акцепторная связь 1/432, 665; 2/831, 832, 877, 918, 1019, 1171; 3/82, 83, 207, 545, 735; 5/462, 651, 811, 812, 827, 828, 834, 835, 860.  
 См. также *Дюорно-акцепторные взаимодействия*, *Координационная связь*, *Лиганды*  
 Дюорно-акцепторные взаимодействия 1/512; 2/294  
 в конденсированных фазах 2/2, 527  
 в реакциях, см. *Перегруппировки*, *Реакции химические*  
 в комплексные соединения, см. *Дюорно-акцепторная связь*, *Координационные соединения*  
 – – молекулярные 3/223, 205, 224, 225, 891; 2/478, 525  
 кислотно-основные 2/281, 282, 778–782  
 окислительный перенос 3/651, 652, 653  
 Дюорное число 2/780  
 Дюоры, см. *Кислоты и основания*  
 Дюонистка нефтепродуктов 1/52; 3/968  
 Дюония 2/222, 400, 401  
 Дюон 2/221; 4/234  
 Дюорвание 2/51, 53; 3/1215, 1238  
 Дюора эффект 3/66, 158  
 Дюония 2/222  
 Дюре металл 4/1020  
 Дюрифиллин 2/398, 399  
 Дюриктв 4/49, 50  
 Дюрия, см. (+) *Абсцизовая кислота*  
 Дюрия эффект 5/847–850  
 Дюриловское октановое число 3/725  
 Дюриловые покрытия 2/594, 595, 904, 1175, 1319  
 Дюулит 4/616  
 ДюФ, классификатор 5/981  
 ДюФА 1/1161; 2/1152  
 ДюФА-вадрибисинила 4/695  
 Дюффа 2/222, 695, 696, 1152; 1/745; 3/399, 619, 620; 4/237, 267, 269, 694, 695, 742, 1225; 5/116, 948, 1039, 1049  
 Дюфаминомиметические средства 4/237  
 ДюФА-хион 2/271, 272  
 Дювтекстонные стали 2/258, 259, 261  
 2,4-ДП, гербицид 1/1028  
 Дюагоненные камни  
 природные 2/332; 3/1193; 4/681, 739; 5/678, 761, 788, 789. См. также *Алмаз(ы)*, *Кремниевая диоксид*, *Флюорит*, *Шпинели*  
 синтетические 2/222, 223. См. также *Гранаты синтетические*  
 Драгоценные металлы 3/97. См. также *Благородные металлы*  
 Дралон 3/1198–1200  
 Дресвениа 2/223, 224; 1/305; 4/1039; 5/619, 664, 665  
 антиоксиданты 1/628; 2/1091  
 антипирены 1/335; 2/1246; 3/1060  
 антисептики 1/336, 337, 668, 1006; 2/226, 264, 594–596, 613; 3/305, 368, 689; 4/940; 5/127, 400, 407, 588, 749, 751, 756, 979  
 балансая 2/1164  
 воспламенение 1/831  
 гидрофобизация 3/876  
 грунтовки 1/1208  
 дровяная 2/1164  
 золочение 3/755  
 зольность 2/341, 498  
 искусственная 3/905  
 истриание 1/620  
 как диэлектрик 2/208  
 как ионит 2/504  
 как пьезоэлектрик 4/284  
 кислородно-щелочная делигнификация 2/1164  
 крашение 2/994, 995; 3/471, 694; 5/412  
 материалы, см. *Древесные материалы*  
 модифицирование 3/200, 201  
 морение 2/994, 995  
 огнезащита 3/646  
 пиролиз (сухая перегонка) 3/1059, 107, 120, 351, 785, 1058, 1060, 1061; 1/667; 2/225, 226, 230, 231, 1004, 1165; 4/771; 5/56  
 пиротехническая 3/1075  
 просмоленная 2/600, 602  
 склеивание 2/802  
 слоистая клееная 2/225, 226; 3/282  
 смолье, см. *Осмол*  
 состав 2/223; 5/662. См. также *Гемилцеллюлозы*, *Лигнин*, *Целлюлоза*  
 сушка 4/959  
 тоирирование 2/994  
 химия 5/515, 664, 665, 668  
 энергохимическая переработка 2/1165; 4/118, 119. См. также *Лесохимия*  
 Древесная зелень 2/1165, 1166  
 Древесные материалы (продукты) антифрикционные и фрикционные 1/343, 344; 5/371  
 зола как удобрение 2/498  
 карбюратор 2/232  
 клеевые композиции 2/229  
 масло 5/25, 26  
 мука 1/262, 280, 706, 788; 2/126, 131; 3/128; 4/165, 731; 5/143, 186  
 пековые 2/226; 3/894; 4/771  
 плиты 2/227; 3/282  
 – волокнистые 2/29, 30, 227–229, 1166; 3/646; 4/572, 1042; 5/138  
 – стальнойные 2/225  
 – стружечные 2/29, 30, 185, 224, 225, 227–229, 282, 1106; 3/646; 5/138  
 полуцеллюлоза 4/118, 119. См. также *Метилцеллюлоза*  
 прессовочные массы 2/229, 230; 3/282  
 слоистые пластики 2/230, 224, 225; 1/369, 370; 3/327; 4/723; 5/144  
 смола 2/226, 227, 375, 1165; 1/1101; 3/893, 894, 1059, 1060; 4/771  
 спирт 3/785. См. также *Метиловый спирт*  
 сульфатный концентрат 3/894  
 уголь 2/230, 231, 232, 239, 766, 1165; 1/130, 431; 3/305, 1054, 1059, 1060; 4/224, 654; 5/452  
 фанера 2/225, 226  
 Дрейдинга модель 3/227  
 Дрейфовая скорость носителей заряда 4/103  
 Дреирование 3/637, 1180; 5/909  
 Дреирчерные установки 3/1191  
 Дрималины 1/129  
 Дробление  
 и ударные волны 5/52  
 струй жидкости, см. *Распыливание твердых материалов* 1/190, 702, 707, 1205; 2/350–353; 3/630; 4/180  
 Дробные процессы  
 вымораживание 3/323  
 дистилляция 2/159, 164–169  
 кристаллизация 2/752, 1045; 3/93, 117; 4/762  
 осаждение 4/833  
 Дробный анализ 2/710, 711  
 Дробящие взрывчатые вещества 1/607, 608  
 Дрожжи 1/748, 850, 1000; 3/151; 5/38, 272, 415, 771, 818, 954  
 выращивание 1/483. См. также *Микробиологический синтез*  
 и брожение 1/558, 608, 609; 3/627; 4/582  
 как восстановители 2/655  
 кормовые 2/232, 233, 1164; 1/1006, 1101–1103; 3/155, 157; 4/920; 5/204, 995, 996  
 метаболиты 3/611, 614  
 мутации 3/293, 300, 301  
 пекарские 2/1278; 3/155, 470; 4/1229  
 пивные 2/81; 3/470  
 состав 1/1144; 2/187, 571; 3/156, 470; 4/859, 861  
 Дроперидол 3/398, 399, 1031; 4/269  
 Дроссельный эффект 5/594  
 и анализ газов 1/887  
 и охлаждение 5/599–601  
 Друде уравнение 5/540, 541  
 Друде–Нериста–Борна уравнение 1/1218  
 Друзы 1/1123; 3/166  
 Друк-фильтры 5/191  
 ДС-РАС, сульфат 4/928  
 ДССК, каучуки 1/635  
 ДТПА  
 как кислота 2/213  
 комплексонат железа 2/269  
 Дуалистическая теория Берцелиуса 3/572; 5/508, 509  
 Дубинина–Радушкевича уравнение 1/58, 59  
 Дубинина–Стёкли уравнение 1/59  
 Дубильные вещества, см. *Дубление*  
 Дубление 2/225, 594, 731, 994, 998, 1165, 1175; 3/366; 4/609, 978, 979; 5/222, 619  
 в фотографии 2/233, 234; 5/182, 322, 453  
 желатина 2/85  
 кожи и меха 2/234, 202, 235, 236, 835, 836; 1/859; 4/544, 919, 920, 980, 995, 996; 5/138, 143, 631, 761  
 при крашении 5/535  
 Дублетные состояния 3/287, 288; 5/882  
 Дублирование металлов полимерными пленками 3/86; 5/660  
 Дуговой разряд 3/1094, 1099; 4/776, 777  
 Дуговые атомные спектры 1/412  
 Дуговые печи 3/999  
 Дуктильность битумов 3/447  
 Дүлшин 5/119  
 Дүлщит 3/615, 616  
 Дуиниты 2/348, 1233; 4/561  
 Дуоплазмотрон 2/507  
 Дуосол-процесс 4/612  
 Дуплекс-хромирование 1/976  
 Дураболлин 1/290, 291  
 Дуралюминий 1/214, 215; 3/695  
 Дуризол 2/229  
 Дурипанель 2/229  
 Дурил 2/236; 1/375, 514; 3/1067; 4/257, 258  
 Дуротон 5/144  
 Дурохион 3/476; 5/354, 533  
 Дуробан 2/470, 471  
 Дуржемовский полиацетилен 3/1216  
 Дусти 3/993; 4/541  
 Душные вещества 2/237, 238, 239; 3/558. См. также *Эфирные масла*, *индивидуальные представители как пищевые добавки* 2/648; 3/1089  
 одоризация, см. *Дезодоранты*  
 ДУФ, ускоритель вулканизации 2/183  
 ДУФП, радикал 2/185  
 ДУХК, кислота 2/203  
 ДУК, карбонимид 2/629, 630  
 Дымность отработавших газов дизелей 4/174  
 Дымные порохи 1/706; 3/1076; 4/136, 621  
 Дымовые взвешатели 4/667  
 Дымовые составы 2/239, 240, 1032; 1/998; 3/1073, 1076; 4/669, 1245; 5/117. См. также *Дым*  
 Дымовые шашки 2/240; 3/993, 994; 5/416  
 Дымососы-пылеуловители 1/898  
 Дымы 1/446; 2/153, 154, 239, 240, 304; 3/843, 1075, 1186, 1190; 4/279–281, 283, 667–669, 898, 1244  
 Дырки 1/1054, 1055, 1062, 1193; 2/196, 1239; 3/1095; 4/103–105, 626, 627, 998, 1075; 5/332, 333, 678, 924  
 Дыричная проводимость 3/1103, 1104, 1106; 4/103–105, 112  
 Дыричное уравнение состояния 5/72  
 Дыричный ветер 5/898  
 Дышание 2/240, 241, 242; 1/558; 3/50, 503, 665; 4/894; 5/34, 159, 508  
 и гликолиз 1/1136  
 и кетоны 2/747  
 и кислород 2/240, 767, 768. См. также *Гемоглобин*  
 и окислительное фосфорилирование 1/558; 2/240, 241; 3/668–671, 697  
 и супероксид-ионы 2/526  
 и цикл трикарбоновых кислот 3/668; 4/1259, 1261  
 ингибиторы 4/541  
 как катаболический процесс 3/611, 612  
 коферменты 2/967, 968  
 минутный объем 2/242  
 «нитратное» 2/240  
 растений 1/1026; 2/240, 241  
 субстраты 2/241; 3/668–671  
 «сульфатное» 2/240  
 цепь переноса электронов 2/241; 3/668–671, 697  
 энергия 1/561; 2/241  
 яды 2/242; 3/670  
 Дышательные аппараты 1/1004; 3/972  
 Дышательные яды 2/242; 3/670  
 Дышательный коэффициент 3/612  
 Дюара (Дж.)  
 бензол 2/366; 5/354  
 гексафторбензол 4/67  
 комплексы 5/905  
 сосуды 1/94



Дьюара (М.)  
 структуры валентных связей 1/666  
 теория возмущений орбиталей 3/236  
 энергия резонанса 1/377  
 Дьюара-Гриффитса уравнение 2/941  
 Дьюарти принцип 4/1069, 1070  
 ДЭАС-сефалекс 2/1145  
 Дэви реагент 4/1133  
 ДЭГ, см. *Лаурининовая кислота*  
 Дэпра 1/1029  
 ДЭТА, репеллент 4/494  
 Дюгема (Дюэма) правило 2/312  
 Дюкло-Траубе правило 3/1160, 1161  
 Дюлонга-Пти закон 3/413; 4/1039  
 Дюма метод 2/242; 3/168; 4/159  
 Дю Нун метод 3/1171  
 Дюпре уравнение 4/729  
 Дюрании 3/472  
 Дюрандоны 2/1095  
 Дюрен 2/596  
 Дютрал 5/993  
 Дюфура эффект 4/831, 1067

**Е**

Европий 2/243; 4/584; 5/937. См. также *Лантаноиды, Редкоземельные элементы*  
 арсениды 1/384  
 бромиды 4/437  
 гидроксид 2/243  
 дигидрид 1/1081  
 нитрат 2/243  
 оксиды 2/243; 4/438  
 определение 1/763  
 органические соединения 2/243, 244, 1147, 1148; 4/68, 605  
 ортованадат 1/672  
 получение 1/875; 2/546; 4/435, 571  
 применение 2/244, 1226, 1227  
 свойства 2/243; 3/957, 958, 961; 4/432-435; 5/446  
 селениды 4/618  
 силициды 4/685  
 сульфат 2/243, 244; 4/435  
 фтораммониевые комплексы 2/243  
 фториды 2/243; 4/436  
 хлориды 2/243, 244; 4/437  
 цианиды 5/703  
 Европий 2/375  
 Единичка(а)  
 длины молекул нуклеиновых кислот 3/587  
 измерения и размерность физических величин 3/1181  
 - радиоактивности 4/317  
 переноса, высота и числа 2/1306  
 СИ, см. *Международная система единиц*  
 тритиевая 5/3  
 Едкие щелочи 5/796  
 Еловое масло 5/438  
 Емкостные устройства 2/160, 161, 1284; 4/401; 5/90-92, 191, 717, 718  
 Емкость  
 ионообменная 1/771, 772; 2/231, 504, 519  
 слоя двойного электрического 2/3, 429; 5/845  
 - макромолекулярного 3/260  
 электродов 5/925  
 Енаминовый желтый 3/130  
 Енаминокетоны 1/228  
 Енамионитрилы 3/514; 4/1222  
 Енамионы 2/244, 245, 403, 421, 746, 815, 1139; 1/197, 420, 421, 423, 710; 3/276, 408, 982, 1050, 1080; 4/872, 873, 1131, 1134, 1168, 1222, 1227; 5/978  
 Ендолы 2/105, 364  
 1,5-Енин-3-олы 2/965, 966  
 Енины 2/245, 246, 1103, 1104; 1/713, 714; 3/406, 831; 5/1000

Еновые реакции 2/246, 247; 5/732  
 Еновый синтез, см. *Еновые реакции*  
 Енолазы 5/953, 954  
 Енолизация 1/1203, 1204; 2/105, 244, 245, 247, 248, 642, 741, 742, 968, 1093; 3/267, 932; 4/67, 68, 128, 245, 390, 512; 5/125, 641  
 Еноловые эфиры 3/680  
 Енолпириват-трансфераза 4/1242  
 Енолсфаты 1/174  
 Енолы 2/247, 86, 105, 106, 112, 248, 268, 449, 745, 1107, 1108, 1211; 1/198, 440, 717, 718, 953; 3/688, 1046; 4/128, 800, 991, 992, 1134, 1205; 5/293, 356, 364, 527, 943  
 органические анионы, см. *Енолат-анионы*  
 эфиры 1/450, 840; 2/14, 1142; 3/285, 1021  
 Енолат-анионы 2/248, 642, 745; 1/198, 225, 744; 4/528, 529  
 металлов 2/105, 248  
 - β-дикетонаты 2/109, 110  
 реактивы Иванова 2/345  
 Еноны 5/738  
 Енофилы 2/246, 247  
 Ентоиды 4/1133  
 Естественные переменные системы 3/883; 4/1071, 1072  
 Естественные радиоактивные ряды 4/322  
 Еха метод 5/946  
 EXAFS-рентгенокопия 2/191

## Ж

Жад 2/222  
 Жадент 4/681  
 Жакино выигрыш 5/436  
 Жалюзийные каллеулловителы 2/613, 614  
 Жаропонижающие средства 2/110, 344; 4/561; 5/143  
 Жаропрочные материалы  
 керамика 2/903, 1229  
 композиционные 2/625, 878, 879  
 сплавы 2/249, 250, 251, 261, 485, 486, 827, 878, 879, 949, 1153, 1250, 1333; 3/241, 244-246, 248, 249, 482, 483, 492, 497, 498; 4/467, 806, 984, 985; 5/618, 766  
 Жаростойкие сплавы 2/625; 3/482; 4/685  
 Жасмиин-9 2/251  
 Жасмиальдегид 2/251, 237; 1/487, 1024  
 Жасмолины 3/1040  
 Жасмолон 3/1040  
 Жасмон 2/251, 106, 237, 747  
 Жасмональ 2/251  
 Жевательные резинки 2/606; 3/884  
 Желатин(а) 1/322, 362, 624, 625, 644, 1001, 1002, 1135; 2/85, 233, 550, 818, 819, 836, 857, 1078, 1149; 3/126, 159, 440, 711, 818, 993, 1088, 1144; 4/392, 397, 508, 661, 887; 5/63, 128, 150, 223, 318, 319, 321, 323, 325, 330, 331, 333, 453, 950  
 Желатин-динамиты 2/126; 4/731  
 Желатинозоль 2/1078  
 Железистая кислота 2/255  
 Железистая платина 3/1132  
 Железистые воды 3/170  
 Железные охры 1/1141  
 Железнодорожные смазки 3/1125, 1126  
 Железная лагура 2/268, 272, 273, 330, 565, 1148; 3/1011, 1012; 5/703  
 Железная сложка 2/268, 269; 3/1012  
 Железные гранаты 1/1185  
 Железные квасцы 2/729-731

Железные мыла 4/669  
 Железные стекла 4/835  
 Железные удобрения 2/269  
 Железный блеск 2/270  
 Железный колчедан 2/265; 3/1052, 1053; 4/657, 911  
 Железный купорос 2/264, 269; 4/904  
 Железный сурик 2/269, 268, 273, 1296; 1/19; 3/991, 1011, 1012  
 Железняки 2/254, 269, 606; 3/634  
 Железо 2/269, 270-273, 578, 789; 1/550, 768, 769; 3/170, 575, 871, 949; 5/54, 936, 937  
 аквакомплексы 2/933  
 амальгамы 1/223  
 аммины 2/272  
 антимиониды 1/331; 3/165  
 армо 2/271, 273  
 арсенат 1/382  
 арсениды 1/383, 384; 3/1053  
 бромиды 1/614; 2/272; 3/26, 354  
 ванадаты 1/671, 672  
 гемовые 2/242  
 гермаит 1/1035  
 германиевый гранат 1/1035  
 гидриды 1/1081; 2/272  
 гидроксилиды 1/289, 675, 770, 772, 773, 901, 1182; 2/253-255, 271, 273, 274; 3/584, 868; 4/711, 746, 904; 5/298  
 гидрокарбонат 1/772; 2/272  
 гидроксокомплекс 1/1099  
 гидросульфат 2/566; 3/1227  
 губчатое 2/251, 263, 272, 569  
 ДТПА 2/269  
 жидкое 2/271  
 и 1,10-фенаитролин 2/450  
 интеркалаты 2/477  
 интерметаллиды 1/1037; 2/272, 477, 479-481, 483, 485, 486, 1240, 1242, 1243; 3/75, 165; 5/162  
 иодиды 2/568; 3/356  
 иоинные ассоциаты 2/84  
 как загуститель среды 3/849  
 как кофермент 3/624  
 как метаболит 1/483, 484  
 как микроэлемент 2/269  
 карбиды 2/255, 256, 260, 485, 624, 625; 3/165  
 карбонат 1/773; 2/272, 349, 637, 639; 3/634  
 карбоинилы 2/252, 69, 83, 84, 97, 98, 100, 253, 257, 274-277, 363, 629, 640-642; 1/379, 649, 794, 795, 920, 927, 928, 935; 3/477; 4/501, 947, 1270; 5/225, 332, 721, 734  
 кластеры 2/794-797; 5/162  
 кобальтат 2/672  
 комплексоиат 2/269, 872  
 криноне 2/273  
 метеоритное 2/270; 3/95  
 молибдаты 1/1057; 2/665, 672; 3/241, 242  
 монокристаллы 3/500  
 наводороживание 2/232  
 негемовое 2/242  
 негеминное 1/1150  
 нитраты 2/253, 254, 677; 1/1079; 3/504, 577  
 нитриды 2/271-273; 3/509  
 оксалат 2/254, 272, 669; 4/816  
 оксидирование 3/695  
 оксиды 2/254, 48, 253, 255, 256, 258, 263, 270, 271, 663, 690, 952; 1/786, 833, 1141; 3/89, 122, 244, 434, 634, 698, 699, 805, 868, 1011, 1012, 1068, 1069; 4/333, 560, 592, 673, 708, 724, 816, 817, 836, 972, 1057, 1172-1174; 5/223, 298, 552, 904, 925. См. также *Ферриты*  
 определение 1/120, 284, 336, 380, 505, 615, 670, 745, 990; 2/84, 139, 142, 203, 205, 442, 452, 522, 565, 566, 569, 654, 710, 731, 743, 838,

896, 1219, 1224, 1318; 3/63, 124, 365, 512, 690, 751, 969, 1058; 4/394, 396, 397, 399, 555, 569, 935, 936, 972, 1126, 1146, 1230, 1250; 5/118, 379, 431, 636  
 органические соединения 2/274, 97, 98, 174, 175, 203, 213, 269, 275-277, 362, 373, 648, 741, 923, 1035, 1078, 1104; 1/166, 364, 365, 433, 486, 1006; 3/62, 83, 84, 537, 539, 713, 735-737, 825, 875, 997, 1018, 1211; 4/151, 96, 97, 816, 935, 1148; 5/417, 456, 663, 721, 935. См. также *Ферроцен*  
 особо чистое 2/271, 273  
 оцинкованное 4/601  
 пассивация 1/315; 2/271; 3/888, 889  
 пероксиды 3/975, 1198; 4/768  
 перхлорат 3/990  
 пикрат 3/1020  
 пиросульфит 3/1198  
 питтинги 3/1087  
 получение 1/672, 674, 977, 1019-1021, 1188; 2/32, 87, 177, 270, 273, 334, 819; 3/4, 89, 95, 412, 636, 698, 1068, 1069, 1193; 4/139, 559-561, 633, 820, 1257; 5/205, 207, 506, 749, 789, 853, 895, 923  
 применение 1/339; 2/273, 800, 801; 3/71, 911; 5/370, 587, 739, 901, 904, 920  
 радиохимически чистые препараты 4/335  
 самородное 2/270; 3/167  
 сварочное 2/273  
 свойства 1/412, 833, 869, 907, 965, 1015, 1056; 2/111, 255, 256, 259, 270-272, 282, 320, 322, 334, 384, 639, 664, 665, 667, 668, 670-672, 677, 767, 812, 919, 924, 1096, 1155, 1171, 1250, 1251, 1253; 3/5, 96-99, 147, 175, 325, 409, 432, 439, 527, 553, 559, 561, 565, 575, 577, 956-958, 1092, 1105; 4/24, 114, 115, 567, 573, 746, 813, 816, 916, 973, 980, 1039, 1097, 1102, 1109, 1113, 1133, 1165, 1199, 1266, 1269; 5/12, 16, 20, 49, 56, 85, 116, 124, 133, 142, 164, 166, 271, 277, 363, 455, 651, 683, 771, 772, 833, 929  
 сесквиоксид 1/832, 901, 1055, 1141, 1182, 1184; 2/12, 253-255, 263, 265, 268, 269, 273, 274, 666, 733, 801, 1225; 3/165, 288, 356, 634, 698, 864, 868, 986, 996, 1012, 1068, 1075, 1079; 4/33, 131, 209, 333, 560, 588, 657, 695, 708, 709, 724, 839, 846, 869, 875, 977, 1173  
 силикаты 2/587, 962; 3/7; 4/675, 676, 680; 5/407, 408  
 силициды 2/272; 3/165; 4/684, 685  
 сплавы 2/255, 249, 250, 252, 256-264, 271, 273, 332, 454, 561, 625, 734, 736, 737, 801, 946-950, 962, 1153, 1240-1243, 1318, 1331-1333; 1/215, 216, 618, 820, 875, 1039; 3/15, 86, 87, 91, 100, 244, 410, 482-486, 492, 695, 889, 890, 1069, 1088, 1132; 4/142, 601, 685, 806, 808, 809, 1057, 1175, 1180, 1181; 5/80, 81, 102, 199, 651, 766, 902, 908, 966  
 старат 1/280; 4/508, 509  
 сульфаты 2/264, 134, 221, 253, 265, 269, 272, 274, 336, 465, 570, 1053, 1293; 1/341, 537, 668, 675, 770, 833, 901; 3/537, 859, 969, 1054, 1060, 1133; 4/615, 658, 718, 746, 904; 5/453  
 сульфиды 2/265, 264, 266, 272, 370, 565, 710, 797, 962, 1001; 1/901, 1175; 3/6, 7, 242, 471, 474, 475,

- 1052, 1053; 4/560, 630, 633, 651, 839, 911, 1005, 1023; 5/415
- теллурическое 2/270
- тетрагидролиз 2/272
- тетрафторборат 4/400
- тиосульфат 2/710
- тиоцианат 2/272, 273; 3/64
- титанаты 2/263; 3/1012, 1068; 4/560, 1172, 1183, 1184
- трихлорид 1/431, 440, 505, 674, 715, 717, 742, 770, 940, 947, 988, 1193, 1194; 2/87, 138, 139, 201–204, 267–269, 272, 275, 312, 388, 673, 838; 3/107, 134, 285, 356, 390, 538, 559, 578, 671, 705, 709, 710, 722, 859, 1035, 1045, 1057; 4/393, 448, 569, 718, 746, 924, 1019, 1056, 1096, 1100, 1104–1106, 1116, 1145, 1253, 1269; 5/6, 11, 13, 16, 94, 116, 124, 133, 141, 145, 367, 369, 372, 449, 453, 568, 636, 739, 768, 1012. См. также *Льюиса кислоты*
- ураты 5/83
- фосфаты 2/266, 267, 1130; 4/941; 5/249–252, 281
- фосфиды 2/272; 3/165; 5/256–258, 284
- фториды 1/341; 2/272; 5/162
- халькогениды 2/443; 3/243, 304
- хелаты 1/397, 571; 3/713; 4/54
- хлориды 2/267, 268, 275, 388; 1/786; 3/26, 506, 751, 1227; 4/757, 1020; 5/165, 735
- хромат 2/672; 3/165; 5/608, 631–633
- цианиды 2/778; 3/576; 5/703
- цианокомплексы, см. *Калия гекса-цианоферраты*
- электротехническое 2/1241
- Железоаммонийные квасцы** 2/729–731; 4/640; 5/455, 456
- Железоаммонийоксалат** 2/1001
- Железобактерии** 1/770
- Железо-галлийные гранаты** 3/777
- Железо-иттриевые гранаты** 1/1184, 1185; 3/777
- Железосиликатные квасцы** 2/729, 730
- Железо-копаль** 4/1081
- Железо-копель** 4/1081
- Железо-магний, силикат-перовскит** 3/970
- Железомарганцевая латуна** 2/1332
- Железомарганцевые конкреции** 2/273, 270, 820; 1/1021; 4/874
- Железо-никелевые источники тока** 2/255; 5/487, 488
- Железоокисные пигменты** 2/273, 253, 265, 274, 330, 990, 994, 996, 997, 1003, 1014; 1/1208; 3/869, 991, 1011, 1013, 1197; 4/51, 673; 5/563
- природные, см. *Железный сурик, Мушкет, Охра*
- Железосодовая очистка газов** 1/901, 902
- Железо-хлорный водородогенерирующий цикл** 1/786
- Железосиано-водородные кислоты** 2/783; 3/722
- Желюфузи** 2/1078
- Желтый кровяная соль, см. Кровяные соли**
- Желто-коричневый для кож** 1/248
- Желтые красители**
- явлинский 5/19
- зурамин 5/649
- «вау» 5/200
- дисперсные, см. *Дисперсные красители*
- для меха Н 3/694
- Ж в К 2/302
- кубовый 1/245
- Марциуса 3/542, 543
- прочный К 2/150
- флавантроиновый 3/1016, 1017
- хинолиновый 1/614; 2/150; 5/535
- эозины 5/957
- Желтый круг** 4/444
- Желчегонные средства** 2/277, 400; 3/487; 5/203, 520
- Желчные кислоты** 2/277, 278, 605; 1/457; 3/624, 786; 4/865, 1119; 5/589
- Желчные пигменты** 2/278, 279, 280, 975, 1079; 4/147
- Желчные спирты** 2/280, 281; 4/865
- Жель** 3/284, 1079
- Жемчужная полимеризация** 4/953
- Женевская номенклатура** 3/572
- Женитроны** 4/134
- Жерара теория** 5/509
- Жерардин** 4/652, 653
- Жернова** 2/354–356
- «Жесткие» и «мягкие» кислоты и основания, принцип** 2/281, 282, 779, 930, 931; 1/225
- «Жесткие» каучуки** 1/630, 636
- Жесткие молекулы** 3/391–393
- Жесткие фильтры** 1/899
- Жесткий ротор** 1/926
- «Жестко-жесткие» взаимодействия** 2/281, 282
- Жесткость воды** 2/282, 283, 521, 637; 1/769, 771, 772; 3/39, 367, 511
- Жесткость материалов** 3/144–146
- Жесткоцепные полимеры** 1/287, 288; 2/1265, 1266; 3/808, 809, 1120, 1209, 1215, 1219; 4/371; 5/226, 229, 235
- Жезь** 1/976; 3/758
- Женая магния** 2/511, 1233, 1246–1248. См. также *Магния оксид*
- «Жежные» квасцы** 2/730
- Жженный сахар** 3/1089
- Живца** 2/283, 284, 602, 802, 1165; 4/660, 714, 739–741, 1092
- Живичная каинфоль** 2/602, 1165
- Живичный скипидар** 4/714
- Живое вещество** 1/553, 554, 1019; 2/963; 3/161
- Животные жиры, см. Жиры**
- Животные клеи** 2/802; 5/223
- Живущие полимеры** 1/309; 2/285, 673, 698, 1088; 3/1113, 1114. См. также *Анионная полимеризация*
- Жидкие материалы**
- каучуки 2/284, 285, 286, 631, 705, 1014; 1/632, 646, 647, 1044; 3/743, 750, 1121; 4/41, 42, 55, 57
- кристаллы 2/286, 153, 191, 287–289, 299, 453, 1060, 1069, 1072, 1186; 1/393, 411; 3/182, 185, 784, 1120, 1209, 1213, 1216; 4/23, 24, 65, 868; 5/100–104, 538, 884
- магнитные 2/1243, 1244
- мембраны 3/53, 39, 54; 2/521, 522, 1300
- металлы 2/299, 300, 1243
- смазки 2/901
- стекло 4/834, 673, 680, 699, 726; 1/458; 2/705, 801, 802, 982, 1241, 1319; 3/361; 5/208
- топлива 1/1086; 2/844, 1165; 3/278; 4/342, 580, 597, 701–706; 3/278
- удобрения 2/290, 869, 870; 1/277, 278; 3/172; 5/54, 287
- Жидко-жидко-твердофазная хроматография** 5/621
- Жидко-жидкофазная хроматография** 5/621
- Жидкокристаллическое состояние** 2/1060; 3/1093
- ляпидного бисюла 2/1186; 3/50, 51
- полимеров 2/286, 289, 1266; 3/1120, 1209, 1213, 1216; 4/371; 5/232, 237
- Жидкости** 2/299. См. также *Расстворы*
- адгезия 1/35–38; 3/1173
- амортизаторные 1/286; 4/1113, 1114
- анализаторы 2/290, 291–293, 712. См. также *Жидкостная хроматография*
- анизотропия 1/305
- антиобледенительные 4/1113
- ассоциированные 2/299–301
- бозе 1/1003
- бордоская 2/587, 1334
- Вакевродера 4/657
- влажность 1/753–756
- вязкость 1/871–873, 1215, 1218; 3/144. См. также *Вискозиметрия*
- вязкоупругость 4/484–486
- «газо- и твердоподобные» области 2/302
- гидравлические 1/1068, 1135; 2/212, 660; 3/446, 466; 4/301, 491, 1113, 1114, 1250; 5/15, 410, 985
- гидротормозные 2/212
- гидробобые взаимодействия 1/1111, 1112
- горение 1/1169, 1170
- горючесть 1/1176
- давление 1/1215–1219
- движение, см. *Гидромеханические процессы, Диффузия, Насосы, Переноса процессы*
- детонация 2/46, 47
- диаграммы состояний 1/923; 2/55–64, 299
- диспергирование 2/145, 146
- дозирование 2/217–219
- задержка 4/986
- закалочные 4/31; 5/985
- изотропные 2/1072
- иммерсионные 2/421; 3/776; 4/514
- «исключенный объем», см. *Лиофильность и лиофобность*
- ионизация, см. *Ионизация, Ионы испарительное охлаждение* 2/542, 543
- как гетерогенные системы 1/1049
- как иониты 2/519
- как расплавы 4/345
- калориметрическая 2/574
- капиллярные явления 2/611, 608, 612, 613
- квазихимические модели 2/301
- квантовые 1/1003; 2/299, 300; 5/103
- Клеричи 4/975
- когезия 2/833, 834
- кремнийорганические 2/1010, 363, 880, 981, 1011, 1012, 1018; 1/789; 3/744, 807; 4/51, 1050, 1079; 5/962
- критическое состояние 2/299, 1072–1077
- легковоспламеняющиеся 3/1187–1189
- магнитные 2/1243, 1244; 3/634; 4/492; 5/164. См. также *Омагничивание водных систем*
- максвелловские 4/484, 490
- мейнски 2/611, 612
- метастабильные 2/299, 761
- механические свойства 1/1215; 2/54, 55; 3/144; 4/664
- мозольная 4/569
- молекулярные 2/300; 3/208, 427; 5/860
- ниеньтоновские 1/728, 729, 872; 3/947; 4/138, 484, 486, 487; 5/41
- нормальные 2/299, 302
- нютоновские 1/729, 872; 3/946–948; 4/485, 487; 5/41
- оптическая активность 3/772, 773
- охлаждающие 4/1113
- переохлажденные 2/299
- плотность 1/1215; 2/299, 1072; 3/1145, 1146. См. также *Плотности*
- поверхностное натяжение 3/1159–1163, 1170–1172
- полимерные 2/300
- полярные 2/300, 302
- промысловые 4/1113, 1114
- простые 2/300–302
- пусковые 4/1113, 1114
- разделительные 4/1113, 1114
- распыливаемые 2/146
- растворимость взаимная 4/356, 357 – газы 1/924
- расходомеры 4/384–387
- реагирующие 2/300
- реакции 4/414–416. См. также *Реакции в растворах*
- влияние среды 2/302. См. также *Клетки эффект*
- двухквантовые 2/5
- молекулярность 1/548; 3/258
- электронов 2/5; 4/410
- элементарные акты 2/124–126
- релаксация 1/287; 4/463
- реология 4/483–492
- решеточные теории 2/301; 4/368, 829, 831
- синергетическая 4/888, 889
- смазочно-охлаждающие 4/725, 726, 728, 976, 1113; 2/146, 858, 861; 3/84–86, 378, 466; 5/25, 949
- смазывание 2/607, 608
- сольватация 4/747, 748–751; 2/302. См. также *Гибратация, Растворы электролитов*
- статистическая теория 2/300–302
- сферондальные 2/762
- телескопический сдвиг 1/729
- теплоемкость 4/1039, 1040, 1086
- теплопроводность 4/1043
- технические 4/1113, 1114
- тормозные 1/650, 1068; 2/627; 4/31, 199
- уровнемеры 5/88–91
- Фелингова 5/114
- ферми 1/1003
- электроизоляционные 1/487; 2/363
- этиловая 5/994, 568; 1/327, 500; 3/278
- Жидкостная хроматография** 2/293, 294–299, 916, 1158; 1/475, 1067; 3/231, 749, 798; 4/514; 5/172, 620, 621
- адсорбционная 2/294, 297; 3/459
- аффинная 1/416, 32, 42, 417, 418, 475; 2/295, 463, 1163, 1164; 3/599; 4/1011; 5/160, 621
- биоспецифическая 1/416–418
- бумажная, см. *Бумажная хроматография*
- высокого давления 4/294
- высокоэффективная 2/294, 298; 3/929, 934, 1096; 5/23, 35, 245, 246, 425
- вытеснительная 5/628, 630
- гель-проницающая 2/295; 5/813, 817
- гель-фильтрационная 2/295; 5/813, 817
- гидродинамическая 2/294
- гидрофобная 1/418; 2/297
- градIENTная 2/297, 298
- детекторы 2/44, 45
- изократическая 2/298
- нмунсорбционная 1/417
- ночная 2/506, 295, 507
- нонообменная, см. *Ионообменная хроматография*
- нон-парная 2/297, 519
- капиллярная 2/294, 609, 610; 3/817, 818
- ковалентная 1/417, 418
- колониная 2/293, 294, 298; 3/817, 818; 5/425

- лигандообменная 2/1171, 295, 297, 1172; 1/418, 625; 3/460; 4/392, 424
- осадочная 3/817, 818; 1/625; 2/294
- плоскостная 3/817, 818
- по средству 2/416–418
- препаративная 2/294, 298
- распределительная 2/294
- реакционное детектирование 4/424
- ситовая 2/294, 295; 5/812–817
- твердофазная 5/621
- тонкослойная, см. *Тонкослойная хроматография*
- химическая дериватизация 4/424
- эксклюзионная 5/812, 426, 621, 813–817; 2/45, 294–296
- экстракционная 2/87, 294; 3/57; 5/160
- Жидкостная экстракция, см. Экстракция жидкостная**
- Жидкостные устройства**
- вакуумметры 1/661, 662
- газоанализаторы 1/891
- калориметры 2/574, 575
- компрессоры 2/883, 884, 886
- лазеры 2/431, 1118, 1119, 1125; 3/676
- манометры 2/1281, 1282
- насосы 3/339–343
- сцинтилляционные детекторы 4/329, 330
- Жидкофазные реакции, см. Жидкости, Растворы**
- Жижа** 3/1059, 1060
- «Жизненная сила»** 3/281, 785
- Жизнеспособность композитов** 2/286
- «Жирная» известь** 2/350
- Жирно-ароматические соединения**
- 1/373, 375, 869, 874, 953, 957, 1083, 1180; 2/17, 68, 70, 210, 211, 237, 787, 809, 810, 899, 900, 1080, 1109; 3/32, 254, 498, 530, 531; 4/865
- Жирного ряда соединения, см. Алифатические соединения, Жирные кислоты, Жирные спирты**
- Жириность** 5/73
- Жирные кислоты**
- высшие, см. *Высшие жирные кислоты*
- гиполипидемические средства 1/1118, 1119
- жиров 2/303–306
- ископаемых остатков 3/871
- как ингибиторы ферментов 1/1136
- как модификаторы 3/445
- липидные, см. *Липиды*
- липопептидов 2/1195
- метаболизм 3/617, 618, 621, 623, 625, 1096
- насыщенные 1/1085; 2/303–306, 602
- натурального каучука 2/703
- незаменимые 3/395, 396, 397; 1/863–865; 4/382
- неисащенные 1/1085, 1118, 1119; 2/303–306, 602
- оксиналкаманды 3/685, 686; 4/699
- оксигетерированные 3/717, 718, 1165, 1169; 5/950
- осмола 3/826
- полиморфизм 2/306
- полиненасыщенные 1/1085; 2/1194; 4/211
- получение 1/1146; 2/1177; 3/470, 884, 1144; 4/383, 1119, 1259–1262
- послабляющее действие 4/721
- разветвленные 4/1027
- растительных масел 2/1215; 3/1186; 4/377, 378, 382
- свободные 3/1186; 4/377, 378
- свойства 1/151, 152, 863, 864, 1142, 1143; 3/377, 668, 897; 4/1241
- синтез 3/878
- синтетические 1/862–865; 3/717; 4/400, 580, 696, 697
- соли, см. *Мыла*
- технические 4/400
- этаноламиды 5/973, 974
- эфирные 2/654, 655; 3/717, 728; 4/699
- Жирные спирты** 3/993, 1144
- высшие 1/865, 866, 867, 998; 2/27, 210; 3/78, 450, 922; 4/804, 907
- двухатомные, см. *Гликоли*
- одноатомные 2/865–867. См. также *Спирты*
- Жирные угли** 2/597
- Жирный газ** 2/680, 682
- Жирование кож и шкур** 1/139; 2/15, 236, 836; 4/919
- Жировик** 4/977
- Жировое обогащение полезных ископаемых** 3/636
- Жировосторвные соединения**
- витамины 1/740, 741, 745–748, 750–752
- красители 2/302, 79, 462, 944, 976, 977, 980, 995, 1001, 1002; 1/352, 353, 367, 944; 3/471, 472; 4/17, 18, 840
- лекарственные средства 5/109
- Жиры** 2/302, 303, 304; 1/1146
- анализ 2/306, 770
- бараний 2/303, 307, 308; 3/302, 395
- биологическая роль 2/305
- в гликозилатио цикле 1/1143
- водные фармацевтические составы 3/127
- ворвань 2/309
- выгонка 2/307–309
- гидрогенизация 1/1085, 1083; 2/305, 309; 4/383
- говяжий 2/85, 303, 304, 307–309; 3/302, 395, 730; 5/1005
- животные 2/306, 83, 307–309, 646; 1/865; 3/302, 303, 395, 730, 764, 876, 1088; 4/172, 382, 833; 5/551
- жидкие 2/498
- запасные 1/1142; 2/305
- как присадки 4/172
- кашалотовый 1/866
- китовый 1/513, 1085; 2/307–309; 3/302
- козий 2/307, 308
- костный 2/307, 308
- лиофильность и лиофобность 2/1181
- метаболизм 3/163
- молочные 2/307, 308, 616. См. также *Молоко*
- мускусные 3/290
- омыление, число 3/764
- отбеливание 2/569
- пищевые 1/1144, 1146; 4/383
- плазматические 2/305
- прогоркание 2/305; 3/897
- растительные, см. *Растительные масла*
- рафинирование 4/743
- свиной 2/303, 304, 307, 308; 3/302, 395, 730; 4/172; 5/1005
- сельди 2/307, 308
- свойства 1/1083, 1100; 2/303, 304, 307–309
- соапсток 4/743
- твердые 2/498
- тресковый 2/307, 308; 3/302, 395, 730
- тюлений 2/307, 308
- экстракция 2/309; 3/114
- элаидирование 2/305
- эмульгирование 2/278
- ЖКУ, удобрения** 2/290
- ЖМКО-принцип** 2/281, 282
- Жолотий** 3/566
- Журналы химические, см. Химические журналы**
- Журена уравнение** 2/612
- 3**
- Загорание, сигнализаторы** 4/666, 667, 1080; 3/1190
- Загрязнение окружающей среды** 3/1194
- Загустители** 1/35, 64, 789; 2/799, 1095, 1097, 1278; 3/127, 303, 304, 325, 326, 378, 719, 993, 1088, 1122–1127, 1227; 4/85, 91, 162, 725, 833, 1115, 1116; 5/39, 668, 693
- как присадки, см. *Загущающие присадки*
- Загущающие присадки** 3/277, 1245; 4/173, 1115, 1237
- Загущенные масла** 2/310
- Задержка жидкости** 4/986
- Задмыляемость, см. Пожарная опасность**
- Зажигание** 1/828–830, 1164, 1175–1177; 2/1259; 3/1187–1189; 4/575
- составы, см. *Зажигательные составы*
- Зажигательные составы** 2/310, 1235
- напалм 3/325, 326
- термит 4/1056, 1057
- Зайтел** 101 3/1238, 1239
- Зайцева**
- правило 2/310, 11, 14, 311; 3/786; 5/939
- реакция 5/757
- Зайцева–Вагнера правило** 2/311, 312, 1293; 5/907
- Закалка**
- металлов и сплавов 2/259–262; 3/94, 249, 357, 497, 505, 808
- плазмпродуктов 3/1100
- пластмасс 3/1120
- стекло 4/836
- твердые растворов 4/1007
- Закалочно-испарительные аппараты** 3/1008, 1064
- Закалочные жидкости** 4/31; 5/985
- Закон(ы)**
- Авогадро 1/17, 988; 3/413; 4/866
- альтернирующей полярности 4/420
- Архимеда 1/700; 3/1146, 1147
- Бера 1/3; 2/861
- Берто–Нерста 4/357; 5/101, 826
- Био 3/772
- Бойля–Мариотта 1/573, 662, 924, 988
- Бутера–Ламберта 1/3
- Бутера–Ламберта–Бера 1/4, 408; 4/785, 1033; 5/66, 173, 334, 645
- Бунзена–Роско 5/329
- Вавилова 2/1222
- Вант–Гоффа 4/365, 372, 373, 388; 5/857
- Видемана–Франца 3/97, 98
- возрастания энтропии 1/839, 840
- Вресского 1/837, 66
- Гаюи 2/1065
- Гей–Люссака 1/988, 924; 3/413; 4/866; 5/508
- Генри 1/1014, 5, 55, 126, 127, 1015; 2/1254, 1305; 4/356, 365, 388; 5/101
- геохимический основной 1/1018; 2/789
- Гесса 1/1046; 3/413; 4/1037, 1085; 5/464, 466, 509
- Гиббса–Коновалова 2/899
- Гольдшмидта 2/789
- Грассмана 5/652
- Гротгуса 5/357
- Гука 1/1212; 2/54; 3/145, 219; 4/484, 486, 847, 994
- Гульдберга–Ваге 3/413; 5/509
- Дальтона 1/1221; 2/54; 3/413; 5/508
- Дарси 1/1106; 2/1257; 5/183
- Дарси–Вейсбаха 5/674
- Дебая 4/1039
- Дебая–Хюккеля 2/7
- действующих масс 2/22, 23, 688, 691, 753–755, 901, 902; 1/1014, 1049; 3/413; 4/149, 187, 1070; 5/72, 465, 509, 856
- поверхностной 2/688, 689
- диссипации 3/645
- Диолонга–Пти 3/413; 4/1039
- капиллярного подъема жидкости 3/1171, 1174
- квантовой эквивалентности 5/397, 682
- Кельвина 2/612; 3/1170
- Кларка–Вернадского 2/789
- Кольрауша 2/864; 5/899, 923
- Коновалова 2/899; 1/66; 5/176
- Коулсона–Лонге–Хиггинса 4/420
- кратных отношений 2/984; 3/413; 4/866
- Кулона 3/145
- Кюри 2/766, 1237; 3/881, 882
- Кюри–Вейса 2/1238; 3/881
- Лапласа 2/611; 3/1170, 1171
- Ломоносова 3/412; 4/772, 773, 866; 5/106, 508
- Ломоносова–Лавуазье 3/412
- Максвелла 3/1094; 4/827, 830
- Мозли 3/955
- накопления погрешностей анализа 3/137
- Ньютона 2/574; 3/947, 948; 5/30
- Ньютона–Стокса 4/484, 485
- объемных отношений 5/508
- Ома 4/1067
- Онсагера 4/1067, 1068
- Оствальда – Де Вилла 4/487
- периодичности Менделеева 3/963, 412, 413, 955; 5/508
- Планка 3/1094; 4/1030
- постоянства состава 4/150, 866; 3/413; 5/508, 515
- Пруста 3/413; 4/150, 866; 5/508, 515
- равнораспределения теплоемкости 1/925
- разведения Оствальда 5/856, 857, 900
- распределения компонентов между фазами 5/101, 102
- результатов анализа 3/137, 138
- Рауля 4/387, 364, 365, 372, 388; 1/5, 1014; 3/216, 828; 5/101, 465, 857
- регулирующая, см. *Автоматизированное управление*
- соответственных состояний 4/762, 763, 1040; 1/727; 2/299; 5/71
- сопротивления движению 1/1106
- сохранения барнионного заряда 5/102
- массы 4/772, 773, 866; 3/412; 5/106, 508
- энергии 4/772, 773, 825; 1/1046.
- См. также *Гесса закон, Первое начало термодинамики*
- Стеена (Стево) 2/1065
- Стефана–Больцмана 4/1030, 1047
- Стокса 2/1221; 5/674
- термохимии основной 1/1046
- Трутона 1/729; 4/485
- устойчивого равновесия систем 3/936
- Фарадея 5/106, 107, 854, 895, 921, 922; 1/314; 2/1097; 3/413
- Фика 2/126, 192, 195–197, 514; 3/842, 947, 948; 4/1067
- Фурье 3/947, 948; 4/1043, 1053, 1067; 5/30
- Хацопулоса–Кинана–Хейвула 3/936
- Хлопина 2/1254; 4/762; 5/102
- Штарка–Эйнштейна 5/682
- Шукарева 2/1301
- эквивалентов 4/866; 5/508, 802
- Юнга 1/36; 3/1170; 4/729
- Закрепители 2/990, 993; 4/1012, 1013
- в фотографии 4/1149

- Закрываемые системы 2/312; 1/762; 5/505  
агрегация структурных элементов  
4/1063  
и изолированные системы 2/312,  
362  
квазистационарные реакции 2/715  
самопроизвольные процессы 1/839,  
840. См. также *Обратимые и не-  
обратимые процессы*  
термодинамическое равновесие  
4/1073  
цикл измелчения 2/351  
Заливка, метод формирования 4/10  
Залповые выбросы 3/853  
Замаскирование 2/312, 376, 572, 776, 1319;  
1/19, 657, 871, 1045, 1046; 4/1205;  
5/69, 407, 431  
Замасливатели 2/312; 3/718; 4/49, 50,  
88, 770, 847, 1012, 1116. См. также  
*Текстильно-вспомогательные веще-  
ства*  
Замедленного разряда теория, см.  
*Электрохимическая кинетика*  
Замедленное коксование 2/841, 843,  
844; 4/1059–1061  
Замедлители  
вулканизации 1/847  
нейтронов 2/25; 3/401–403; 5/33  
Замасливающая номенклатура 3/574,  
575  
Замасливающая номенклатура 3/572–  
574  
Замещения реакции 2/313, 135, 275,  
276, 314, 418, 620, 621, 628, 716, 732,  
747, 795, 888, 889, 931, 932, 1025;  
1/106, 149, 150, 243, 373, 375, 512,  
567, 654, 655, 659, 660, 1158; 3/28,  
31, 315, 317; 4/415, 1107, 1117;  
5/493, 494, 647–649  
азосочетание 2/314; 3/710  
аккенилирование 1/149  
активирование 1/1074; 2/90, 95,  
314, 409, 456, 745; 4/66; 5/131,  
132, 141, 367, 907  
алкильное, см. *Алкильное замещение*  
алкилирование 3/384. См. также  
*Амины*  
алкилометилирование 3/709, 710  
алкилирование 1/365, 366, 654, 655;  
2/314; 4/1157  
алкилирование 1/442; 2/456; 5/721  
алкилирование 2/732  
алкилирование, см. *Алкилирование*  
Альмана-Шимана 2/534  
альмолекулярные 2/313, 931, 932,  
939–941, 983; 3/602; 5/904  
бромлирование 1/824, 825; 3/384,  
739; 5/131, 132  
в алифатическом ряду 5/904, 905  
в ароматическом ряду 2/533–535,  
752, 753; 3/1022; 4/416, 417, 553,  
1017, 1018; 5/905–907  
в звуковых полях 5/60  
в растворах 4/407, 411  
введение защитных групп 2/325, 326  
взаимодействие лигандов 2/1170  
взаимоглинные 1/182  
Виттига, см. *Виттига реакция*  
вещиальные 3/332  
вещиальные 2/651  
внутримолекулярные 1/182, 604;  
3/555; 5/274, 275  
галогенирование 1/952–954, 956;  
2/90, 95, 409, 441, 456, 651, 745,  
943; 3/9, 10, 28, 101, 387, 710, 951,  
1054; 4/66, 1053, 1055, 1156,  
1201, 1202; 5/21, 141, 428, 907  
гидролиз 2/941; 3/186  
Гомберга–Бахмана–Хей 4/1157  
деалкилирование 2/5, 6  
дегалогенирование 2/10  
дегидратация 2/11; 3/186  
дезаминирование 2/16, 17  
дейтерирование 2/25, 26, 943;  
4/1156; 5/635  
десульфирование 2/41  
динамическое стереохимия 2/128–  
131, 913; 3/313; 4/554  
Зандмейера, см. *Зандмейера реак-  
ция*  
и химическая номенклатура 3/572  
изомеризация 5/904, 905  
изотопные 2/385–387, 758, 759, 855;  
4/1117; 5/905  
ионные 3/580  
иносо-превращения 2/533, 314, 534,  
535, 753  
карбокслирование 2/95  
катионная полимеризация 2/698  
кине-превращения 2/752, 753;  
3/547  
конденсация, см. *Конденсация (ре-  
акция)*  
Коновалова 2/899, 900  
корреляционные соотношения  
2/940, 941  
кросс-сочетание 2/889  
Маннича 3/1022  
межфазный катализ 3/24  
меркурирование 3/28; 4/553, 554;  
5/428, 635, 721  
металлирование 3/72, 73; 2/90;  
4/621, 1026, 1117  
метилирование 3/384; 4/1198  
молекулярность 3/221  
мономолекулярные 3/602, 603;  
5/904  
нитрование 2/90, 314, 439, 456, 534,  
940; 3/28, 101, 384, 387, 526, 534,  
551–555, 710, 951; 4/66, 1156,  
1201; 5/128, 905  
нитрозирование 2/943; 3/710; 5/21,  
905  
нуклеофильные 1/182, 373, 374, 659,  
711, 961, 962, 994, 995; 2/381, 406,  
412, 533, 534, 598–600, 640, 732,  
745, 906, 931, 932, 940, 941, 983,  
1021; 3/24, 140, 186, 268, 269, 384,  
547, 551–553, 555, 601–604, 721,  
736, 762, 936–939, 978, 1033,  
1045, 1046, 1073; 4/66, 146, 273,  
311, 417, 420–422, 727–729, 802,  
859, 905, 913, 924, 1017, 1099,  
1117, 1157; 5/8, 11, 37, 115, 131,  
132, 141, 145, 225, 274, 275, 373,  
584, 642, 778  
обменные 5/904, 905  
одноэлектронный перенос 2/313;  
5/339  
окислительно-восстановительные  
2/314, 651  
пералкилирование 3/936  
переманирование 3/937  
переталогенирование 3/938  
перегруппировки камфеновые  
2/598–600  
– Смайлса 2/534; 4/728, 729  
– Стивенса 5/905  
поликонденсация 2/889  
правило Инголда 2/128  
присоединение 5/428  
протодесульфирование 2/534  
протоирирование 4/244; 5/424, 907  
протофильные 4/1157  
радикальные 1/183, 993, 995; 2/5,  
128, 313, 534, 535, 651, 831; 3/101,  
580, 1062; 4/67, 303, 311, 312,  
1157  
с гетеролизом, см. *Гетеролизаци-  
онные реакции*  
с гомолизом, см. *Гомолизацион-  
ные реакции*  
с замыканием цикла, см. *Циклизация*  
с обратным конфигурацией 3/268  
силилирование 2/1021  
сульфирование 2/90, 314, 441, 456;  
3/28, 387, 526, 1054; 4/66, 917,  
1055, 1201; 5/132, 141, 428  
сульфоокисление 3/101  
сульфохлорирование 3/101  
теле-превращения 4/1017, 1018  
терминальные 5/439  
тиллирование 2/745  
транс-эффект 3/736  
у асимметрического атома С 2/313,  
906  
ферментативные 2/969  
Финкельштайна 5/195  
формилирование 2/90, 95; 4/1026,  
1156, 1157; 5/224  
фотохимические 3/737; 5/339  
Фриделя–Крафтса 5/367, 905  
Фриса 5/905  
Фрича–Буттеберга–Вихелля 5/373  
фторирование 5/391  
фторсодержащих кислот, см. *Фос-  
форилирование*  
хлорирование 3/526; 5/906  
хлорметилирование 2/90; 5/721  
цианирование 2/943; 5/704  
Чичибабина, см. *Чичибабина реак-  
ция*  
электрофильные 1/709; 2/439, 441,  
456, 497, 618, 620, 628, 642, 651,  
858, 943, 1021; 3/28, 84, 116, 140,  
371, 384, 387, 519, 526, 534, 535,  
547, 555, 710, 722, 1022, 1033,  
1045, 1073, 1078; 4/43, 66, 146,  
273, 420, 468, 553, 554, 913, 917,  
1099, 1156, 1198, 1201; 5/11, 21,  
131, 132, 141, 224, 367, 373, 376,  
428, 523, 721, 903–907  
электрохимические 5/903  
эпимеризация 3/268  
Замещения твердые растворы 2/256,  
1077; 4/994, 1004–1006  
Замкнутые системы 3/901,  
902, 904, 906, 909  
Замкнутые системы 2/351, 361, 362,  
672, 690. См. также *Изолированные  
системы*  
Замороженные состояния 2/1027;  
3/859; 4/301, 411, 414, 842, 843, 847,  
1035; 5/350, 446, 871  
Зампа 2/235; 3/1237, 1244  
Зандмейера реакция 2/315, 17, 73, 75,  
90, 202, 347, 534; 1/374, 517, 680,  
945, 948, 954; 3/516, 558; 4/1128,  
1146, 1166; 5/11, 381, 568, 583  
Занятые орбитали 3/233, 234  
Запасные белки 1/470; 2/559; 4/190,  
191  
Запах  
интегративные 3/1090  
поглотители 2/19  
пороговая концентрация 2/238  
теории 2/238  
фиксаторы 5/660  
Запекание 3/382; 5/382, 385  
Заполнители 3/328  
Запотини 4/653  
Запрещенные зоны 4/103–105, 110,  
995, 996  
Зарин 2/315, 9, 316; 1/346, 435, 1098;  
3/842–847; 5/1045  
Зародышеобразование, см. *Зарожде-  
ние новой фазы*  
Зарождение  
новой фазы 2/316, 154, 317–320,  
611, 755, 760–762, 859–861, 890,  
1047; 3/334, 335, 818, 819, 1162,  
1171–1173; 4/132, 351, 352, 356,  
360, 761, 1063, 1216, 1217; 5/100,  
101, 516, 851–853  
трещин 2/52. См. также *Коррозия  
под напряжением, Растрескива-  
ние*  
цепей 2/755. См. также *Цепные ре-  
акции*
- Заряд(ы)  
асимметрия в системе, см. *Диполь-  
ные моменты*  
атомов 1/665; 3/235; 4/471; 5/875.  
См. также *Степень окисления, Эф-  
фективный заряд атома*  
барнионий 5/931, 1020  
ВВ 2/47, 467  
лептоний 5/930, 931  
иосители в полупроводниках 4/103–  
108; 5/742  
нулевой, потенциал 4/153, 154; 2/2,  
3, 408, 429; 5/106, 839, 922  
перенос, комплексы 3/17, 19, 224,  
225; 5/745  
плотность, см. *Электронная плот-  
ность*  
число, см. *Зарядовое число*  
электронов 2/143; 3/235; 5/868  
ядра и периодическая система эле-  
ментов 3/604, 605, 955–962;  
4/471; 5/897  
Зарядовое число 2/320, 513, 521; 3/47,  
431, 1086; 5/499  
Застывание 1/1001  
Засыпка, метод формирования 4/12  
Затвердевание  
и плавление 4/890  
точки на температурной шкале;  
4/1077  
Затворение 1/870, 871; 5/670  
Затворы жидкостные 3/945  
Затененные выбросы 3/853  
Затравки  
для выращивания монокристаллов  
2/223; 3/254–256  
для расщепления рацематов 4/391,  
392  
для репликации 4/496, 497  
для секвенирования 3/589  
для ускорения осаждения 3/819  
Захват электронов 2/5  
при ионизации 2/528, 529, 1310  
при  $\beta$ -распаде 4/315, 316  
центры 5/678  
Захлебывание аппаратов 3/1142  
Захоронение радиоактивных отходов  
4/320–322  
Защепления эффект, см. *Пылеулавли-  
вание*  
Защита  
легкоокисляющихся на воздухе сое-  
динений 2/799  
одежда, см. *Защитная одежда*  
органов дыхания (лица, глаз), см.  
*Противогазы*  
от коррозии 2/320, 321–323; 3/16,  
274, 1179, 1180; 5/367  
– – ингибиторы 2/434, 435, 436  
– – катодная и протекторная  
1/1208; 2/322, 323, 435, 436, 947,  
949, 950; 4/1007; 5/753. См. также  
*Электрохимическая защита*  
– – материалы, см. *Коррозионно-  
стойкие материалы*  
– – потенциостатическая 5/907  
от статического электричества  
3/1189  
противопожарная 3/1190, 1191  
радиационная 4/288, 289, 335, 1139;  
1/336; 2/503  
реакционных центров, см. *Защит-  
ные группы*  
«Защита», дезактиватор 2/15  
Защитная одежда 2/323, 16, 324, 325;  
3/847, 867, 868; 4/288, 319; 5/501  
Защитные группы 2/325, 16, 326, 787;  
1/422; 3/101, 133, 268, 506, 530,  
590–593, 749, 791, 793, 805, 929–  
934, 1038; 4/682, 1192, 1198; 5/1,  
224

- Защитные покрытия 5/333, 334, 340, 341, 503, 760, 913  
антискоррозионные (изолирующие) 1/973–976; 2/322, 323, 949, 950; 3/1179, 1180  
горячие 2/950  
декоративные, см. *Декоративные материалы*  
интерметаллидные 2/486  
лакокрасочные, см. *Лакокрасочные покрытия*  
огнестойкие, см. *Огнезащита, Огнестойкость*  
полимерные 3/86, 87, 445, 1228  
пористые анодные оксидные 5/913  
удалемые 3/1228
- Защитные присадки 4/173, 400, 439, 726
- Защитный газ 2/326, 327; 1/798
- Завятоконидные стали 2/258, 259, 261
- Звенья  
мономерные, число в макромолекуле 3/1266. См. также *Степень полимеризации*  
различные при поликонденсации 3/1255  
соседние, эффект 3/1263
- Звук, дисперсия скорости 1/135
- Звуковая химия, см. *Инфракрасные аппараты, Ультразвук в химии*
- Звуковой ветер 5/61
- Звукопоглощающие материалы 2/327, 328, 1129; 3/907, 1234, 1237, 1245; 4/772, 834, 847, 1223; 5/307
- Злановского правило 4/375, 376
- Зеаксаитин 2/972
- Зеараленол 3/152–154
- Зеаралеон 3/152–155
- Зеатины 5/768, 769
- Зеебека эффект 4/1067
- Зеемана эффект 2/328, 143, 329, 330, 1239, 1245; 1/407, 409; 3/158, 209; 4/798; 5/107, 108, 457, 458, 886, 889
- Зени 5/121
- Зейгера конус 3/649
- Зейгерование 4/951
- «Зеленое» мыло 3/304
- Зеленые пигменты 2/320; 3/1011
- Зеленые удобрения 3/789; 5/54
- Зелень(и) 3/537. См. также *Хлорофиллы*
- Биндшедлера 3/675; 5/530
- Гинье 2/408, 409; 3/1011; 5/615
- древесная 2/1165, 1166
- изумрудная 2/408, 409; 3/1011; 5/615
- касселева 1/458, 463; 2/1278
- малахитовая, см. *Малахитовый зеленый*
- марганцовая 1/458, 463; 2/1278
- парижская 1/383; 2/1329
- Ринмана 5/748
- смешанные 2/330; 3/1011
- фталоцианиновые 2/997, 1003; 4/673; 5/382, 384, 385
- швейфуртская 1/383
- Шееле 1/383
- Зелинского–Станникова реакция 2/330; 5/793
- Зелинского–Штреккера реакция 1/391
- Зельдовича уравнение 1/56
- Зельдовича – Франк-Каменецкого уравнение 1/167
- Земля(и)  
лантаповая 2/1146  
отбеливающие 3/837, 838, 967, 968; 1/487; 2/903; 4/612, 649; 5/186
- редкие 2/1242, 1243; 4/436; 5/696
- фуллерова 1/525; 3/837, 838
- Зейгит 1/934
- Зенкор 1/1033
- Зеркало(а) 1/424, 936  
«алхимии» 1/199
- бариевое 1/459
- металлическое 1/364, 1063
- мышьяковое 3/305, 308
- серебряное 4/636, 639, 640
- серебряное 1/199; 4/1197
- сурьмяное 3/305
- Зеркальное отражение, спектры 4/780–782
- Зернистые фильтры 1/899
- Зефран 3/1198–1200
- Зизифин 3/923
- Зиксорин 1/330, 331
- Зимаза 1/558; 5/158
- Зимние масла и топлива 2/166, 167, 170; 3/277, 472
- Зимогены 3/199; 5/518
- Зимостерин 3/49
- Зинина реакция 2/331, 976; 1/272
- Зинькова–Соборова реакция 3/671, 672
- Зовиракс 4/218
- Золение, см. *Кожа*
- Золи 2/331, 153, 154, 332, 338–340, 859, 860; 1/1049; 4/662
- гидрофобные 2/336
- золота 2/336
- и гли, см. *Золь-гель процесс*
- и катализаторы 2/674, 675
- коагуляция 1/1001; 2/816–818; 3/1173. См. также *Студни*
- мыльные 3/302
- нефтяных битумов 1/565
- органические, см. *Органозоли*
- периодические коллоидные структуры 4/886
- резиновых смесей 1/844
- реология 4/487
- серебра 4/639
- серы 2/319
- Золоситаллы 4/708
- Золотая сенсibilизация 4/626
- Золото 2/333, 334–337; 1/189–191, 570; 3/575; 5/507, 936, 937
- амальгамы 1/223; 2/334
- антимониды 1/331; 2/334
- бериллид 2/484
- бромиды 2/179, 332, 333, 335; 4/550
- висмутид 3/165
- висмутистое 2/334
- галогениды 2/332, 333, 334
- гидрат 2/335
- гидроксид 1/1093; 2/335
- «гремучее» 2/335
- диоксигенилпроизводное 2/137
- жидкое 2/300
- золи 2/154
- имитаторы 3/755
- индид 2/480
- интерметаллиды 2/480, 481, 483; 3/165, 348; 4/556
- нондиды 2/332, 333, 335; 4/584, 585
- кадмид 2/481
- коллоидное 2/333, 336; 4/839
- куприды 2/480
- медистое 2/334
- оксиды 2/335
- определение 1/336, 739, 1116; 2/709; 3/62, 561; 4/183, 184, 396, 397, 531, 555; 5/637
- органические соединения 2/337, 174, 338, 374; 1/432, 433, 543; 3/83, 736; 4/97, 220, 500, 555; 5/276, 999
- палладистое 2/334
- получение 1/869, 977, 1020, 1022, 1104, 1109; 2/334, 536, 567, 573, 596, 1276; 3/4, 95, 304, 412, 629, 632, 636, 873, 1053, 1133, 1193; 4/560, 561, 593, 820, 1257; 5/205, 207, 222, 651, 704, 750, 833, 895, 923
- применение 2/1226, 1227; 3/71, 73, 74, 87, 334, 777, 1105; 4/114, 1244; 5/705, 915, 920
- самородное 2/334
- свойства 1/468, 1015; 2/77, 282, 334, 767, 813, 867, 920; 3/74, 97–99, 164, 167, 255, 955, 958, 1093; 4/236, 617, 1077; 5/455, 895, 958
- селенаты 2/335, 336
- селениды 2/335; 4/618
- силицид 4/685
- сплавы 1/1039; 2/334; 4/593, 637, 639, 640, 1020, 1130, 1132, 1134
- сульфиды 2/333, 335
- сусальное 3/755
- теллуриды 2/334, 336; 4/1018, 1023
- тиосульфат 2/335
- тиоцианат 2/335, 336
- фосфид 2/334
- фториды 1/970; 2/137, 332, 333, 1037, 1038; 5/391
- хлориды 1/527; 2/179, 332, 333, 335; 3/758; 4/550, 914
- цианиды 2/333, 335, 567; 5/703, 704
- цинкид 4/593
- электрум 2/334
- Золотодициановодородная кислота 2/333, 334
- Золотой каскад пурпур 3/758
- Золотохлористоводородная кислота 2/332, 333, 335, 783; 3/576; 4/626
- Золочение 1/974, 976; 2/333, 567; 3/755
- Золы 1/563; 2/340, 341, 348, 496, 498, 568, 589, 592, 596, 703; 3/849; 4/703, 1223; 5/112, 113, 470
- Золь-гель процесс(ы) 2/338, 339, 340, 674, 675; 1/565; 3/415, 421; 4/586, 709, 839, 840
- Зольность 2/340, 223, 231, 341, 596. См. также *Золы*
- Зоман 2/341, 9; 1/1098; 3/842–844, 846; 5/1045
- Зона(ы)  
абляции 1/1
- Бриллюна 4/995
- валентия 3/103, 104; 4/995–997, 1075
- взрывопожароопасные 3/1188, 1189
- запрещенные 4/103–105, 110, 995, 996
- проводимости 3/73, 96, 419; 4/103, 104, 995–997, 1075, 1076
- Зонгорин 2/171, 172; 5/1052
- Зонд(ы)  
для уровнемеров 5/91, 92
- ляпиные 2/1184, 1185, 1190, 1228; 4/304, 968; 5/770
- микроскопические 5/26, 105, 180
- парамагнитный 4/790–793
- спиновый, метод 4/790, 304, 791–793; 3/545, 546
- электронные 2/702, 712. См. также *Электронно-зондовые методы*
- Зондхаймера метод 1/313
- Зонная теория твердых тел 4/101, 103–105, 994–996
- Зонные методы  
кристаллизация 4/111
- перекристаллизация 4/951
- плавка 1/214; 2/223, 553, 916, 1009, 1042–1044, 1300; 3/93, 96, 256, 420, 1070, 1094; 4/111, 112, 762, 975, 1021, 1024; 5/164, 516
- сублимация 4/891
- электрофорез 5/864, 865, 867
- «Зоитичные» соединения 4/1201
- Зоокумарины 2/342
- Зоолектины 2/1162, 1163
- Зоостерны 4/859–861
- Зоотоксины 4/1194; 5/1034–1046
- Зооциды 2/341, 342, 343; 1/463; 3/388, 994; 4/494, 541; 5/257, 258, 748
- Зоошампуни 5/780
- Зоопилон 4/1225, 1226
- Зорил 1/1032
- Зрительные белки 1/751
- Зрительный пигмент 4/536–538
- Зубные пасты и порошки 2/586, 589, 590, 634, 1166; 4/581; 5/393, 408, 751, 752
- Зульцера насадки 3/338, 339, 1141
- Зюса перегруппировка 1/810

## И, Й

- Иатрохимия 1/191; 3/412, см. также *Ятрохимия*
- Ибоган 2/458
- Ибулотин 2/458
- Ибонит 2/582
- Ибутрофен 2/344; 1/297; 4/207, 219
- Иванова реакция (реактив) 2/344, 345
- Испаниты 1/280, 281, 706; 2/131: 4/731
- Игелит ПЦ, см. *Поливинилхлорид хлорированный*
- Идеально поляризуемые электроды 4/153
- Идеальное вытеснение 3/421, 422, 1100; 4/881
- Идеальное перемешивание (смешение) 1/465, 466; 3/421, 422, 1101; 4/881: 5/718
- Идеальные газы 1/924, 925; 4/364: 5/465, 957
- бозонов и фермионов 4/826
- зако(н) Бойля–Мариотта 1/573, 924
- Гей-Люссака 1/988, 924
- действующих масс 2/22
- распределение частиц 4/870
- сжимаемость 4/663
- состояние стандартное 4/818
- уравнение Клапейрона–Менделеева 2/788, 789
- химические потенциалы 5/499
- эксергия 5/806
- Идеальные растворы 1/1014, 1015: 4/364, 388; 5/465, 499, 857, 858, 954. См. также *Рауля закон*
- Идеальные холодильные циклы 5/594–597
- Идентификация  
математических моделей объектов 2/748, 749; 3/196, 197
- химическая 2/345, 346, 493, 607, 648, 711, 712, 866, 1024, 1316; 3/231, 885; 4/514, 762; 5/497, 629, 725. См. также *Качественный анализ*
- Идитол 4/668
- D-Илоза 3/264, 266
- Илоксуредин 4/218
- L-Идуриновая кислота 1/1022; 3/286; 4/36; 5/93
- Иерархические системы  
дисперсные 5/171
- термодинамика 4/1062, 464, 574, 1063, 1064; 5/466, 511
- химические производства 5/471, 472
- Иервин 4/861, 862
- Изадрин 2/346; 1/51; 4/1194
- Изафосф 2/470, 471
- Изатин(ы) 2/346, 111, 347; 1/306; 3/711; 4/621, 1120, 1130
- Изаговая кислота, производные 1/952
- Изафенин 2/347; 4/720, 721
- Избирательная коррозия 3/273
- Избирательность  
анализа 2/347; 1/550
- органических реагентов 4/395
- пестицидов 3/995
- Избыточная кислотность 5/424
- Изверженные горные породы 1/553, 554
- Известкование почв 2/348–350; 3/172; 5/55
- Известково-аммиачная селитра 1/102, 103; 4/621

Известковое молоко 1/902; 2/227, 585, 835; 3/859; 4/202; 5/560, 959, 995  
 Известково-натриевое стекло 4/846–848  
 Известково-серый отвар 1/106, 107; 4/1149; 5/416  
 Известковые вяжущие 1/871; 2/350  
 Известковые удобрения 2/348, 349, 350, 1233; 1/102, 103; 3/172; 4/621; 5/55  
 Известковый плав, метод 3/690  
 Известняк(и) 2/349, 282, 327, 348, 350, 353, 498, 578, 579, 586, 637, 733, 734; 1/553, 870, 871, 900–902, 1123; 3/328, 1001; 4/838, 941, 1039, 1041; 5/42, 44, 205  
 Иксть 2/349, 322, 348, 350, 582, 586, 590, 799, 1319; 1/870, 871, 901, 1187, 1265; 3/863; 4/138, 1007; 5/54, 208  
 белая 5/568  
 воздушная 1/870  
 гашеная 1/771, 870; 2/586  
 гидратическая 1/870  
 карбидная 2/348  
 натронная 2/28  
 негашеная 1/771, 870, 880, 892, 898; 2/586  
 обжиг 3/1000, 1003  
 озерная 2/348  
 хлорная 5/568, 554; 1/193, 306, 452, 647, 952, 1071; 2/9, 10, 587; 3/690, 860; 4/600  
 Инициация загорания 3/1190; 4/666, 667  
 Излучательные квантовые переходы 2/726–729, 1220–1223; 3/654. См. также *Лазеры*  
 Излучение(я)  
 вынужденное, см. *Лазеры*  
 звуковые 1/135; 2/491  
 ионизирующие, см. *Ионизирующие квантовые лазеры*  
 лазерное 1/762, 763; 2/1114–1128; 5/446  
 люминесцентное, см. *Люминесценция*  
 химическое, см. *Химическая люминесценция*  
 инфракрасное 3/1094  
 тепловое 3/1186  
 лазерные 5/806  
 Исключительные 2/350, 351–358, 789, 978; 1/190; 3/144, 629, 630, 637; 4/139; 5/172, 211  
 и ионизация сепарация 4/630  
 и гидратическая классификация 2/792  
 и полимерные суспензий 4/951, 952  
 и состояние вещества 2/1060  
 и смеси 4/967  
 при пробоваготовке 4/180  
 коллоид, см. *Диспергирование*  
 Искусственные и косвенные 3/639, 640  
 Итого 2/351, 359  
 Исходные 2/358; 359, 369; 5/199. См. также *Индивидуальные представители*  
 Источники 1/525  
 Источники 2/988  
 Источники 2/359, 237; 1/234; 4/396  
 Источники 1/510  
 Источники 2/1296  
 Источники 1/667  
 Источники 1/997; 2/375; 3/917  
 Источники 1/667  
 Источники 3/505, 506  
 Источники 3/518, 519  
 Источники 1/233, 234, 667; 2/359, 421; 3/421; 4/568, 752, 801, 802, 1114; 5/527  
 Источники 2/136  
 Источники 1/397  
 Источники 2/171, 172

Изобара(ы)  
 адсорбции 1/54  
 атомные ядра 5/1031  
 как нулиды 3/605  
 реакции, уравнение 2/902  
 температур кипения азотропов 1/66–69  
 Изобарно-изотермическая диффузия 2/196  
 Изобарно-изотермический ансамбль Гиббса 4/823, 825  
 Изобарно-изотермический потенциал 5/464. См. также *Термодинамические потенциалы*  
 Изобарные реакции 2/1269, 1270  
 Изобезамид 1/488  
 Изобезотиофен 1/528  
 1(3H)-Изобезофуранон 5/377, 379  
 Изобергаптен 1/534, 535  
 Изобизаболон 1/545  
 Изоблеоминионы 1/571  
 Изоборнеол 1/585, 586; 2/598, 601; 5/147  
 Изобориллацетат 1/586, 660; 2/598, 600  
 Изоборнилгалогениды 2/598, 599  
 Изоборнилформат 2/601  
 Изоборреверии 2/360  
 Изобутан 1/157, 638, 639, 643, 913, 914, 928, 930, 1023; 2/366; 3/53, 206, 345, 726, 727; 4/196, 197, 202, 203, 421; 5/199, 409  
 Изобутаналь 3/617, 620  
 Изобутанол, см. *Изобутиловый спирт*  
 Изобутен 1/639, 650, 927; 3/875; 4/421. См. также *Бутены*, *Изобутилен*  
 Изобутирилхлорид 3/72  
 Изобутил 1/154; 3/569  
 Изобутилакрилат 1/117, 640, 641  
 Изобутилдами 1/641, 642; 3/619, 620  
 Изобутиладетат 1/642, 643, 650  
 n-Изобутилацетофенон 2/344  
 Изобутилбромид 2/811  
 Изобутилен 1/163, 187, 430, 538, 625, 642, 643, 645, 647, 650, 667, 668, 709, 998, 1151; 2/91, 116, 180, 359, 375, 672, 673, 697, 699, 705–707, 1266, 1267; 3/9, 70–72, 109, 116, 291, 673, 727, 738–740, 917, 1057, 1244; 4/766, 1027, 1213, 1258; 5/222, 605  
 Изобутиленкарбамид 1/103  
 Изобутиленоксид 1/650; 3/731  
 Изобутилизационид 2/372  
 Изобутилоиды 2/811  
 Изобутилкарбамат 5/87  
 Изобутилсантогенат 1/650  
 3-Изобутил-1-метилксантин 5/270  
 Изобутилметакрилат 1/648; 3/325  
 Изобутилнитрит 3/535  
 Изобутиловое масло 2/677  
 Изобутиловый спирт 1/648–650; 2/677, 1295, 1298; 3/617, 618, 916; 4/803. См. также *Бутиловые спирты*  
 2-(4-Изобутилфенил)пропионовая кислота 2/342  
 Изобутилфталат 5/377  
 Изобутилхлорид 2/811; 3/32  
 Изобутиральдегид 2/1297  
 Изобутиральдеид 2/1297  
 Изобутират(ы) 2/1295, 1296; 3/617, 618; 5/130  
 Изобутиронитрилы 1/439  
 Изовалентное замещение 4/107  
 Изовалентный изоморфизм 2/370  
 Изовалераты 3/617, 618; 5/130  
 Изовалериановая кислота 1/667; 2/226, 359, 643, 644; 4/609; 5/17  
 Изовалериановый альдегид 2/359, 1159  
 2-Изовалерионил-1,3-индандион 2/439  
 Изоанилины 2/238, 359  
 Изоврингидрохлорид 2/1321

Изовиолантрон 3/1125; 4/74, 75  
 Изогексаны 1/991, 998; 2/365  
 2-Изогексил-4-метилфенол 1/697  
 Изогептаны 1/1023  
 Изогидраты 2/67, 68  
 D-Изоглютамин 1/1151  
 Изодесимические кристаллы 3/164  
 Изодесилловый спирт 3/1116, 1117  
 Изодибензилантрон 2/978  
 Изодриды 5/734  
 Изодримы 2/395, 396  
 Изондазол 2/437  
 Изонидол 2/359; 5/380, 381  
 Изонидолин(ы) 1/86, 87; 2/360; 5/381  
 Изонидолин-1,3-дион 5/380, 381  
 Изонидолиния соли 2/360  
 Изонидонное разбавление 4/78  
 Изокадмием 3/432  
 Изоканфан 1/585; 2/598  
 β-Изокарпролактон 2/1298  
 Изокарофиллел 2/654  
 Изокостаза 5/374  
 Изокинетическая температура 2/868  
 Изоконизол 4/228, 229  
 Изокоричные кислоты 2/935  
 Изокротилхлорид 3/72  
 Изоксасол 2/360, 361, 743; 1/85  
 Изоксасолидин 3/529  
 Изоксасолон 1/507  
 Изоксантобилурибиновая кислота 2/279  
 Изоксантоны 2/88  
 Изоксимины 3/677  
 Изол 1/563  
 Изолаунолевая кислота 1/660  
 Изолейцилсерилбрадиксинин 2/759, 760  
 Изолейцины 2/361, 232; 1/249, 251; 3/621, 625, 923; 4/1075, 1119, 1260, 1261; 5/518  
 транс-Изольмоион 3/60  
 Изольмоионовая кислота 1/554, 1144; 2/407; 3/613; 5/410  
 Изольмированные двойные связи 2/98, 99  
 Изольмированные системы 2/361, 312, 362. См. также *Замкнутые системы*  
 закон сохранения энергии 4/772, 773  
 соотношение взаимности Осагера 4/1068  
 термодинамическое равновесие 4/1073  
 энтропия 4/825, 1073; 5/955  
 Изолирующая защитная одежда 2/323, 324; 4/319  
 Изолирующие покрытия  
 грунтовок 1/1207, 1208  
 защитные 3/1179, 1180  
 Изолирующие противогазы 4/220, 224, 225  
 Изолоальной аналогии принцип 2/362, 363, 793, 795; 3/82  
 Изолобальные группы 2/362  
 Изологический ряд 1/1163  
 Изолонифолеи 4/660  
 Изольмоионовые масла 2/363, 676; 1/487; 3/446, 466, 1245, 1247  
 Изомасляная кислота 2/643, 644, 1295; 3/114  
 Изомасляный альдегид 1/649, 1112; 2/238, 363, 1295, 1297; 5/134, 801  
 Изоментол 3/59, 60, 1032  
 Изоментон 3/60, 61; 5/1004  
 Изомераты 2/363, 364, 365, 969; 4/1268; 5/158, 159  
 Изомеризат 2/365; 3/278  
 Изомеризация 1/35, 375, 423, 464, 465, 469, 567, 598, 811, 941, 942, 983, 1056, 1057, 1084, 1085, 1113, 1194, 1222; 2/17, 277, 325, 360, 369, 622, 651, 653, 743, 874, 932, 1005, 1272, 1273; 3/507, 551, 737, 876; 4/415, 423, 740, 1025, 1128, 1141; 5/737,

779. См. также *Димеризация*, *Изомерия*, *Присоединения реакции*  
 аниотропная 4/912  
 в звуковых полях 5/60  
 валентная 2/366; 3/579; 4/1215  
 внутримолекулярная 2/925  
 вырожденная 4/1215, 1216  
 заместительная 5/904, 905  
 и реакция(и) конкурирующая 2/898  
 – – мономолекулярная 3/257, 258  
 каталитическая 1/1090; 2/676, 678, 679, 684, 1211; 3/80, 324, 346, 1129, 1131; 4/947; 5/332, 681, 739  
 лигандов 2/933  
 низкотемпературная 2/1034  
 обратная самопроизвольная, см. *Таутомерия*  
 окислительно-восстановительная 2/364  
 органическими основаниями 3/831  
 перегруппировка(и). См. также *Молекулярные перегруппировки*, *Секционные перегруппировки*  
 – аллильная 1/181, 182  
 – Амалдори 1/221  
 – Бекмана 1/469, 470  
 – Валлаха 1/669  
 – Димрота 2/123  
 – камфеновые 2/599  
 – тнон-тиольная 4/1143, 1161, 1162; 1/961; 3/607, 608, 1090, 1091; 5/311  
 по Вильгеродту 1/709  
 по Коулу 2/965, 966  
 по Лобри де Брюйну – ван Экештейну 2/1211  
 по Мейеру–Шустеру 3/33  
 по Фаворскому 5/97  
 по Фриделю–Крафту 5/368  
 по Хечу 5/439  
 по Чепмену 5/775  
 поверхностная потенциальной энергии 3/1170, 1175, 1177  
 при гидроксимиллировании 1/2, 3  
 при двойных связях 2/364, 376  
 при озонировании 3/660  
 прототропная 1/174  
 псевдообразование 4/256, 257  
 ретропинаколичная 3/1025  
 свободнорадикальная 3/1062  
 структурная, см. *Топомеризация*  
 твердофазная 4/113  
 термическая 1/600, 960; 2/373, 639, 1113; 3/1046, 1090, 1091; 4/413, 1165  
 трансаннулярная 5/724  
 туннельная 2/1034  
 ферментативная 2/363–365; 5/19  
 фосфонат-фосфатная 5/274, 275  
 фотохимическая, см. *Фотоизомеризация*  
 цис-, транс-превращения, см. *Изомеры*  
 электрофильная 5/904  
 эпимеризация 5/957  
 Изомерия 2/365, 366–369; 1/860; 3/345, 784, 785; 4/416. См. также *Таутомерия*  
 атомных ядер 2/369, 370, 386; 4/316, 336; 5/1032  
 валентная 2/366; 3/579; 4/993, 1215  
 «внутренняя компенсация» знака вращения 3/27  
 геометрическая 2/928; 3/539, 737, 786. См. также *Изомеры*  
 гидратная 2/930  
 и качественный анализ 2/709  
 и хиральность 2/366; 4/858  
 ионизационная 2/369, 930  
 конформационная 1/759–761; 2/369, 906, 929, 1264, 1265  
 координационная 2/928–930, 943  
 лигандная 2/929, 1171, 1172



- оптическая 1/388–393; 2/295, 366, 367, 599, 610, 729, 799, 929, 943; 3/205, 263–265, 345, 569, 570, 772, 773; 4/853, 930  
поворотная 1/760, 761; 2/369, 1264, 1265  
положения 2/366, 929; 3/671, 672  
пространственная, см. *Пространственная изомерия*  
связевая 2/929  
сольватная 2/930  
структурная 2/366, 929; 3/345, 579; 4/1215  
– превращения, см. *Изомеризация*  
углеродного скелета 2/366  
формальная 2/930
- Изомерный сдвиг** мессбауэровских спектров 3/66, 67
- Изомеры** 2/365; 3/345, 746; 4/714. См. также *Изомеризация*, *Изомерия*  
выход и реакционная способность 4/417  
как нежесткие молекулы 2/369; 3/392  
политопные 2/925; 4/46–49  
регио 4/425  
топологические 4/1215  
формы, *анти*, *син* 1/317; 4/303  
– *E*, *Z* 3/571; 4/1025  
– *мезо* 2/368  
– *трео* 2/367, 368  
– *цис*, *транс* 5/767, 720, 927, 928, 939; 2/305, 364, 376; 3/292, 299, 395, 570, 571, 737, 1201, 1225  
– *экзо*, *эндо* 3/581  
– *экзо*, *эндо* 5/803; 3/581, 582  
– *эритро* 2/367, 368
- Изомертафосфаты** 5/249
- Изомил** 1/261
- Изомолекулярные растворы** 2/56
- Изоморфизм** 2/370, 371, 1055, 1064, 1069; 3/164, 583  
критических явлений 2/1072  
минералов 2/639; 3/164–166; 4/679, 680  
молекулярных графов 1/1198
- Изомерична** 3/280
- Изонафтазарин** 3/706, 707
- Изониазид** 2/371; 3/937; 4/241, 242; 5/386, 973
- Изоникотиновая кислота** 2/371, 142; 1/250; 3/1019; 5/758  
амид 1/261  
гидразиды 1/1071, 1076; 2/371; 4/233; 5/386  
тиоамид 4/233
- Изонитрилы** 2/372, 371, 373, 374, 420, 863; 3/370, 887; 4/639; 5/35, 36, 239, 702  
как лиганды 2/641  
комплексы переходных металлов 2/373, 338, 374, 622; 4/986; 5/633, 634
- Изонитрозоацетанилд** 2/347
- Изонитрозоацетон** 1/237
- 5-Изонитрозобарбитуровая кислота** 1/455
- $\alpha$ -Изонитрозокетоны** 2/814, 815
- Изонитроцианоксусная кислота**, этиловый эфир 2/1084
- Изонитроны** 3/548
- Изоноилловый спирт** 3/1116
- Изооктан** 1/499, 500, 503, 897; 2/297, 1224, 1225; 3/725–728, 738, 894; 4/648; 5/544, 545
- Изооктанол**, см. *Изооктиловый спирт*
- Изооктиловая кислота** 2/1268
- Изооктиловый спирт** 1/867; 3/727–729, 1116, 1118
- Изооктилфенолы** 3/1169
- Изооктилфталат** 5/377
- Изоолеиновые кислоты** 1/1085
- Изооливин** 3/741
- Изоортохроматические фотоматериалы** 4/624, 625; 5/317
- Изопах** 4/478
- Изопахроматические фотоматериалы** 4/624, 625; 5/317
- Изопарафины** 1/638, 991, 1023; 2/684; 3/449, 462–465; 4/197
- Изопентан(ы)** 1/913, 914, 928, 930, 997, 1175; 2/359, 369, 375, 376, 672; 3/345, 908, 913, 918, 1031; 5/199, 544
- Изопентаналь** 3/617–620
- Изопентанол** 3/617, 618
- Изопентилаленин** 5/769
- 3-Изопентенил-1-дифосфат** 3/617, 618
- Изопентенилпирофосфат** 4/865, 1091, 1092; 5/769
- Изопентены** 2/671
- Изопентил** 3/569
- Изопентиламин** 2/359; 3/619, 620
- Изопентилнитрат** 3/505
- Изопентилнитрит** 3/518, 519
- Изопериболческие калориметры** 2/574
- Изопермы** 2/1241
- Изопиестические растворы** 3/717
- Изопилокарпин** 3/1023
- Изопининеллин** 5/341
- Изополиакрилаты** 1/1060; 2/783
- ванадиевая** 1/678, 1099
- вольфрамовые** 1/821, 822, 1099
- высокомолекулярные** 1/813
- Изополифосфаты** 5/249
- Изопрен** 2/374, 12, 99, 100, 116, 284, 359, 369, 375–377, 665, 672, 673, 697, 705–708, 921; 1/155, 156, 187, 625, 630, 634, 639, 640, 645, 647, 846, 998, 1024, 1217; 3/10, 110, 178, 257, 292, 407, 661, 740, 913, 917, 918, 1027, 1031, 1032, 1266; 4/54, 198, 1087, 1088, 1091, 1092; 5/36, 341, 570, 773  
полимеры синтетические, см. *Изопреновые каучуки*  
синтетические, см. *Изопреновые каучуки*  
– природные, см. *Каучук натуральный*
- Изопренилхлорид** 5/773
- Изопреновое правило Ружички** 2/378
- Изопреновые каучуки**  
природные, см. *Каучук натуральный*  
синтетические 2/375, 376–378, 705, 706; 1/633, 634, 637, 645, 928; 3/326, 1114, 1115; 4/1076; 5/52, 572, 799
- Изопреноиды** 2/378, 346, 969; 3/407, 617, 618, 621–623; 4/1091; 5/34, 573  
стероидные, см. *Стероиды*
- Изопрен-стирольные термоэластопласты** 2/375
- Изопропаллин** 1/1027
- Изопропанол**, см. *Изопропиловый спирт*
- Изопропаноламиды** 1/264
- Изопропанолламины** 2/378, 379; 1/265; 4/201, 203
- Изопропенил** 3/569
- Изопропенилшестат** 2/741
- Изопропенилшестат** 3/122, 123  
(+)-(Z)-2-Изопропенил-1-метилциклобутанэтанол 1/415
- Изопропениловые эфиры карбоновых кислот** 2/417
- 2-Изопропенил-2-оксазолины** 3/683
- 4-Изопропенилфенол** 2/95, 96
- Изопропил** 1/154; 3/569
- Изопропиламин** 2/346; 4/196–198
- 1-Изопропиламино-4-бром-5-гидроксинантрахинон** 1/259
- 1-Изопропиламино-5-гидроксинантрахинон** 1/259
- N-Изопропил-4-аминодифениламин** 1/248
- 1-Изопропиламино-3-(1-нафтокси)-2-пропанолгидрохлорид** 1/298
- 3'-(2-Изопропиламино)фосфат** 2/946
- N-Изопропиламин** 1/155
- Изопропилаты металлов** 1/167, 168; 3/767
- n-Изопропилзойная кислота** 3/58
- Изопропилбензол** 2/379, 380, 1102; 1/158, 160, 436; 3/123; 5/369. См. также *Кумол*  
гидропероксид, см. *Кумульгидропероксид*
- Изопропилбромид** 1/69; 3/32
- Изопропил-4,4'-дибромбензилат** 1/107
- Изопропил-4,4'-дихлорбензилат** 1/108
- Изопропилденацетон** 3/25, 26. См. также *Мезитила окись*
- Изопропиленовая защитная группа** 2/325
- Изопропилиденфторид** 1/946
- Изопропилизоцианид** 2/372
- Изопропилиодид** 3/705; 5/537
- Изопропилакринол** 1/648–650
- Изопропиламагнийхлорид** 2/344
- $\alpha$ -Изопропил- $\alpha$ -[(N-метил-N-гомовератрил)- $\gamma$ -аминопропил]-3,4-диметоксифенилацетонитрилгидрохлорид** 1/683
- Изопропилметилкетон** 3/573
- Изопропил-2(5)-метилфенолы** 1/163; 4/1125, 1126
- 4-Изопропил-1-метил-1,3-циклогександиен** 1/393
- 1-Изопропил-2-метилциклогексан** 3/58
- 1-Изопропил-2-нафтиламин** 3/388
- Изопропилнитрат** 2/103; 3/278; 4/174, 1114
- Изопропилоадреналин** 2/346
- Изопропиловые эфиры** 2/103; 5/1011
- Изопропиловый спирт** 2/380, 19, 103, 297, 381, 432, 518, 606, 744, 819, 937, 1202, 1319; 1/18, 342, 436, 437, 452, 610, 780, 912, 1077; 3/10, 11, 46, 114, 448, 738, 740, 994; 4/197, 201, 669, 899, 1113
- Изопропилкарбамат** 5/87
- 4-Изопропил-1-метилбензол** 5/745, 746
- 4-Изопропил- $\alpha$ -метилкоричный альдегид** 5/713
- Изопропилнитрат** 5/696
- Изопропилоксираний-ионы** 3/1037
- Изопропилиридиния соли** 2/1113
- Изопропилсульфат** 2/380
- Изопропил- $\beta$ -D-тиогактонд** 4/431
- 4-Изопропилтолуол** 5/745, 746
- Изопропилтролоны** 5/21
- 3-(4-Изопропилфенил)-2-метилпропаналь** 5/713
- N-Изопропил-N'-фенил-1,4-фенилендиамин** 1/333, 334; 4/243
- Изопропилфенолы** 1/163, 1115
- Изопропилформат** 3/289, 290
- Изопропилхлорид** 1/946
- Изопропилхлоркарбонат** 3/563
- $\alpha$ -Изопропил- $\alpha$ -(хлорпропил)-3,4-диметоксифенилацетонитрил** 1/683
- 4-Изопропил-1,2-циклогександионидоксим** 5/723
- Изопропилэтилен** 3/917
- 3-(4-Изопропоксифенил)-2,5-пирроллидион** 4/240, 241
- Изопротила** 5/421, 422
- Изопротурой** 1/1030, 1031
- Изопротурей** 1/298; 5/342
- Изооптин** 1/683
- Изоулегол** 3/60; 5/774
- Изоулеголы** 4/271
- Изоуреагенин- $\alpha$ -D-глюкозид** 4/397, 398
- Изороданды** 4/1166–1169
- Изоротейон** 4/540
- Изоафрол** 1/1004; 4/581
- Изоэтин** 5/1032
- Изоэстатическое прессование** 4/140
- Изоэстера адсорбции** 1/54
- Изоэстерическая теплота адсорбции** 1/55
- Изоэструктурность** 2/370, 1055
- Изоэтактические полимеры** 2/674, 922; 3/739, 1219, 1220, 1228, 1262, 1263; 4/19, 22, 27, 28, 30, 31, 849–852, 857, 1089; 5/713. См. также *Стереорегулярные полимеры*
- Изоэтактофоре** 5/863, 864, 867
- Изоэтиноксид** 4/1032
- Изоэтермические процессы**  
адсорбция 4/755–757  
кристаллизация 2/1040  
охлажденные 5/594–597, 600, 602, 604  
перегонка 2/153, 155; 3/217, 829, 1172  
поверхностная энергия 3/1161  
сжатие газов 2/880, 881, 890; 5/594  
химические 2/1269
- Изоэтермо-изохорный потенциал** 5/465
- Изоэтеры**  
адсорбции 1/54–59, 884; 3/210, 1159, 1174; 5/448  
– в капиллярах 2/607, 608  
– для суши 4/955  
– Ленгюра 2/691, 692  
– Темкина 2/692  
– Фрейндлиха 2/692  
жидкостной экстракции 5/825–827, 829  
ионного обмена 2/513  
общего давления для азеотропов 1/66–69
- Изоэтерпинолен** 3/58, 60
- Изоэтиазол(ы)** 2/381, 179; 1/85
- Изоэтиазол-4,5-дикарбоновая кислота** 1/492
- Изоэтиазолилпенициллин** 2/381
- Изоэтиомочевина** 2/591; 4/1140
- Изоэтиоцианаты** 1/682; 2/176, 373; 3/279, 733, 804; 4/872, 925, 1127, 1135, 1147–1149, 1155, 1164, 1166–1169; 5/790
- Изоэтиоциановая кислота** 1/683; 4/1164
- Изоэтиурония соли** 2/171; 4/326, 1139
- Изоэтионические растворы** 2/1078; 3/829, 830
- Изоэтоны** 3/605
- Изоэтопия** 4/325
- Изоэтопная масс-спектрометрия** 2/382, 383, 1308, 1315, 1317, 1318
- Изоэтопная селекция ядер** 2/811
- Изоэтопного разбавления метод** 2/381, 382, 383, 1315, 1318; 1/94, 917; 4/327, 328, 557; 5/656
- Изоэтопное замещение** 2/758, 759. См. также *Изоэтопзамещенные соединения*
- Изоэтопзамещенные соединения** 1/764; 2/385, 386, 392, 393, 610. См. также *Изоэтопное замещение*
- Изоэтопные генераторы** 2/383, 384; 4/332, 335, 337
- Изоэтопные индикаторы** 2/384, 25, 273, 381, 382, 385, 1038; 1/815; 3/141, 148, 245, 605; 4/327, 328, 335, 459, 467, 565, 723, 1220; 5/1023. См. также *Изоэтопы*, *Метки*, *Меченые соединения*
- Изоэтопные эффекты** 2/385, 384, 386, 387, 394; 1/45, 403; 5/1034  
кинетический 2/758, 386, 759, 811, 898; 4/245  
магнитный 2/811, 1238, 1239  
при низких температурах 2/1034  
термодинамический 2/385; 4/335
- Изоэтопный анализ** 2/386, 382, 383, 387, 709, 855, 1308, 1315, 1317, 1318; 1/292; 3/794, 795; 5/497. См. также *Изоэтопное разбавление*, *Радиохимия*
- Изоэтопный обмен** 2/387, 24, 25, 128, 385, 388, 773, 930; 3/79, 148; 4/245,

- 326, 1117; 5/3-5, 31, 33, 635, 905, 1034  
и разделенные изотопы 2/388, 391, 392  
и эффект клетки 2/810, 811  
туннельный 2/1035
- Изотопы 2/394; 1/403; 3/605, 606; 5/897, 935, 936, 1031  
анализ, см. *Изотопный анализ*  
атомные массы 1/408  
водорода 1/775  
генерирование, см. *Изотопные генераторы*  
геохимия 1/1019  
замещение 2/758, 759  
- соединения 2/385, 386, 392, 393, 610  
как квантовые жидкости 2/299  
как метки 2/384, 385, 1184, 1185, 1187, 1190; 5/343. См. также *Изотопные индикаторы*  
как носители в радиохимии 3/583  
как члены радиоактивных рядов 2/384, 385, 394, 502; 4/325  
космического вещества 2/962  
нераднородные 2/387  
обмен, см. *Изотопный обмен*  
радиоактивные 2/387  
разделение, см. *Изотопное разделение*  
разделение 2/389, 196, 384, 386-388, 390-394, 553, 610, 1120, 1123, 1239; 3/191, 652; 4/1074; 5/33, 77, 833, 1016, 1031  
стабильные 2/384, 386, 387, 394  
химическая эквивалентность 1/45  
эманации, см. *Эманационный метод*  
эффекты, см. *Изотопные эффекты*
- Изотропные кислоты 5/18  
Изотропные системы 1/1158; 2/1068, 1072; 3/1135; 5/820, 889-891
- $\beta$ -Изотруксилловая кислота 5/18  
Изопен 1/107  
Изопенхилловый спирт 5/147  
Изопенхол 5/147  
Изопенхон 5/545  
Изоперменты 2/395, 396; 1/396, 1000; 3/254, 970; 5/152, 270, 272, 662  
Изоперролатина 3/1132  
Изопитол 1/749  
Изоплафон 2/973; 5/201  
Изопорон 1/437; 3/994  
Изопоталаты 2/396  
Изопоталевая кислота 2/396, 95, 107, 108, 397, 1091, 1093; 1/513, 514, 996; 3/1201, 1252; 4/26; 5/377  
динитрил 2/396; 3/673; 5/381  
дихлорацетид 2/397; 3/1213; 4/58  
днетиловый эфир 2/396, 397  
Изопоталевый альдегид 3/966  
Изопоталолхлорид 2/397, 396; 1/996  
Изопоталонитрил 5/381  
Изопумпаклавин-А 5/967, 968  
Изопнолин(ы) 2/397, 111, 336, 359, 398, 399, 591, 636, 963, 964; 1/567, 654; 3/110, 383, 814; 4/341, 342, 419, 774; 5/714, 759, 777  
Изопнолиновые соли 2/397, 963, 964  
Изопнолиновые алколыды 2/398, 399-401; 1/143; 3/1021-1023; 5/23, 524  
берберин 1/533, 534  
морфинановые 3/274, 275, 276  
папаверин 3/880
- Изопнолиновые осования 1/524; 2/397, 399, 400  
Изопнолиновый красивый 2/398  
Изопнолин-N-оксид 2/397  
Изопнолин-5(8)-сульфокислоты 2/397  
Изопнофталон 5/535  
Изохолестерин 1/826  
Изохора реакция, уравнение 2/902
- Изохорно-изотермический потенциал, см. *Термодинамические потенциалы*  
Изохорные реакции 2/1269, 1270  
Изохроматические фотоматериалы 4/624, 625  
Изоэцмен 2/284  
Изоэцмент 2/284  
Изоэцнатная группа 2/401  
Изоэцнатаноорганосиланы 3/799, 800  
Изоэцнаты 2/401, 66-68, 184, 245, 359, 373, 402-406, 573, 629, 640, 697, 805, 1106, 1107, 1213; 1/73, 252, 270, 682, 989, 1075, 1116, 1179; 3/115, 279, 804, 903, 1208; 4/51-57, 765, 802, 872, 925, 1131, 1167, 1200, 1203, 1249; 5/87, 88, 125, 136, 238, 239, 241, 432, 668, 701, 704, 705, 737, 773, 790, 961, 962  
блокированные 2/406, 54, 405, 407  
Изоэцнаты 2/242, 372-374  
Изоэцнатная кислота 1/683; 4/1131; 5/704, 708  
 $\alpha$ -Изоэцнатокрбанионы 2/372  
Изоэцнатуры 2/406; 4/54, 1249; 5/84  
Изоэцнатуровая кислота 1/193  
Изоэцнацхомероновая кислота 2/407  
Изоэцнатраметалл 3/617, 618  
Изоэцнатрат 3/613, 617, 618; 4/1259-1261  
*трео*-D-Изоэцнатгликозилат-лаза 2/407  
Изоэцнатгидрогеназы 2/395; 3/469; 4/1260  
Изоэцнат-лаза 2/407, 1169; 1/1142  
Изошаум 2/619, 620  
Изошизомеры 4/509  
Изозвенол 2/407, 408; 1/988; 5/800  
Изозлаокартинин 1/148  
Изозлаокартинин 1/147  
Изозлектрическая точка 2/408; 3/1166; 4/78; 5/866, 867  
Изозлектронное замещение 4/107  
Изозлектронные ряды 4/106  
Изозлектрофокусирование 2/395  
Изозвнымы 2/395, 396  
Изозстрагал 1/301  
Изумрудная зелень 2/408, 409; 3/1011; 5/615  
Изумруды 1/535; 2/222, 223; 4/681  
И-кислота 1/255, 257  
Иксан 3/1139  
Ил 3/457, 789; 5/54  
активный 3/861; 5/675  
Иланган 4/660  
Илангены 4/660  
Иланг-иланговое масло 1/1024; 5/800, 1003, 1004  
Илсэнт 2/1293  
Иллы 2/409, 410, 411, 1033; 1/279, 597, 752, 753; 3/786; 4/277, 867, 1117, 1153; 5/654, 734, 783  
алифатических диазосоединений 2/74  
1,3-дипольные нитрилы 1/77  
N-иминопридиния 2/64, 65  
металлокомплексы 2/338, 621; 4/986  
приидиния 3/1018  
селеноорганические 4/619  
серы 3/540; 4/634, 931  
сульфония 4/938  
теллуфония 4/1024  
фосфора 1/71; 2/633, 647, 716, 746; 3/540. См. также *Фосфинализация*
- Иллит 1/1141  
Иллоксан 1/1028  
Ильковича уравнение 1/809; 5/173  
Ильменит 1/1021; 2/263, 270, 355; 3/167, 489, 633, 1068; 4/559-561, 567, 985, 1172, 1183, 1184  
Имазалил 5/420  
Имбирное масло 5/1006  
Имерубрия 2/398, 399
- Имехин 1/979  
Имидазол(ы) 2/411, 65, 85, 412, 742, 1270; 1/85, 236, 422, 494, 556, 712, 1031, 1142; 3/175, 678, 1164; 4/228, 233, 536, 774, 775; 5/196, 224, 225, 420, 422  
4,5-Имидазол-5-ацетальдегид 3/619  
Имидазолоднкрбонная кислота 1/497; 2/411  
2,4-Имидазолидиндион 1/1067, 1068  
2-Имидазолидинноны 2/82, 413; 5/986  
2-Имидазолидинтионы 2/413  
Имидазолидинны 2/411; 5/986  
*трис*-Имидазолидофосфат 2/412  
Имидазолиды карбоновых кислот 3/1096; 5/245  
1-(Имидазол-2-ил)-3-глицерофосфат 1/1124; 3/619, 620  
2-(4-Имидазолидо)этиламин 1/1123  
Имидазолиновые радикалы 4/303  
Имидазолиноны 2/412, 413  
Имидазолины 2/412, 82, 413; 1/51, 269, 340; 3/1165, 1167, 1168; 4/699; 5/986  
Имидазолон-5-пропионат 3/619, 620  
Имидазо[1,2(5)-а]пиридины 1/1061  
9H-Имидазо[4,5-d]пиримидин 4/273  
Имид-амидная перегруппировка 2/414, 415  
Имидаты 2/419, 420; 3/1027, 1028  
Имидационны 4/625  
Имидация 3/1246  
Имид-амидная перегруппировка 2/415  
Имидовые кислоты (имидокислоты) 2/419, 420  
Имидогалогениды 5/239, 785  
Имидогруппа, защита 2/325, 326  
Имидосульфоновая кислота 4/657  
Имидоильные соединения галогениды 1/230; 2/420; 3/1028  
металлокомплексы 2/622  
Имидокарбонаты 5/239  
Имидометильная группа 1/106  
Имидопласты 3/1121  
Имидофосфаты 2/414, 415  
Имидофосфинаты 2/414  
Имидофосфонаты 2/414  
Имидоэфиры 1/488; 3/513; 4/1135; 5/450, 775, 785
- Имиды  
карбоновых кислот 2/415, 414, 416, 417, 1138; 1/229, 951, 952; 3/186, 187, 280, 513, 530, 576, 945, 953, 954, 1067, 1079; 4/515; 5/380, 381, 709, 710. См. также *Полиимиды*, *Сукцинимид*, *Фталимид*  
металлов 2/417  
o-сульфобезойной кислоты, см. *Сахарин*
- Имнэин 2/417, 418; 1/325, 326  
Имнн-енаминная таутомерия 2/421  
Имннневые соли 2/418, 419, 421, 1280; 1/200, 201; 5/414, 782  
Имннильные радикалы 4/795  
Имнн-имннная таутомерия 2/421  
Имннирование 5/7, 241, 279, 309, 790  
Имннорсанны 4/1270  
Имнногруппа 1/200, 475; 4/396; 5/709, 710  
Имнноднэцетатная смола 2/1171  
2-Имнноднгетерофосфоринаны 2/94  
Имннодиуксусная кислота 1/289; 2/731, 870, 1090; 3/124, 690; 5/379  
Имнноднэтанол 5/974  
Имнноднэтиламин 2/212  
Имннокрбонные кислоты, эфиры 2/764  
Имннокислые радикалы 2/419; 3/543-546, 702; 4/303  
Имннокислоты 2/419  
Имннонитрилы 3/514; 4/1222; 5/713  
3-Имнно-1-оксонзонидолин 1/87  
N-Имннопридиния, иллы 2/64, 65  
1-Имнно-3-тиоксонзонидолин 5/381
- Иминноэффиры 4/1137, 1156, 1166  
Иминотриорганилфосфораны 5/790  
Иминотриформльные металлокомплексы 3/825  
Иминнофосфораны 3/514; 5/240-242, 783, 790, 791  
Иминнохлориды 2/645  
Иминноэффиры 2/419, 413, 420, 697, 698; 3/674, 675, 681, 683, 708, 817, 952; 4/1156, 1248, 1249  
Иминны 2/420, 416, 419, 421, 1139, 1203; 1/708, 709; 3/439, 945, 1045; 4/536, 539, 634, 760, 873, 1132; 5/239, 790-793
- Импипрамин 2/417, 418  
Импитаторы драгоценных камней 2/222; 5/766  
Иммерсионные жидкости 2/421, 284, 598; 1/454; 3/776; 4/514
- Иммобилизованные системы (материалы)  
клетки микроорганизмов 1/555; 2/463, 464  
межфазные катализаторы 3/24  
мембранные белки 3/52, 53  
морян 3/272  
олигомеры 2/1324, 1325  
полвинилпирридинные 3/1229  
радиоактивные отходы 4/320, 321  
сорбенты в капиллярной хроматографии 2/608  
углеводы 2/1163  
ферменты 2/421, 203, 422, 423, 463, 522; 1/555; 3/203; 4/391; 5/149-151, 156-158, 160, 547, 916  
фосфолипиды 2/1187  
хромогенные реагенты 4/398  
Иммоневые соли 1/421, 422; 2/244; 5/35, 36, 450. См. также *Имниевые соли*
- Иммунный интерферон 2/487  
Иммунный флуоресцентный анализ 2/1219  
Иммуногены 2/427  
Иммуноглобулины 2/423, 424-428, 478, 604, 695, 875; 1/323, 470, 472, 1138, 1139; 3/50, 198, 934; 4/219, 328, 812; 5/151, 768  
Иммунодепрессанты 2/426, 427. См. также *Азотиоприн*, *Кортикоиды*, *Циклофосфан*  
Иммунодепрессоры 2/426; 5/745  
Иммунологические реакции 2/1162  
Иммуномодулирующие средства 2/426, 427, 605; 3/595, 599; 4/209, 218-220; 5/35  
Иммуносорбенты 1/417; 2/426, 428, 429  
Иммуностимуляторы 2/426, 427  
Иммуносупрессоры 3/595  
Иммунотоксикология 2/427  
Иммунотропные средства, см. *Иммуномодулирующие средства*  
Иммуноферментные электроды 2/522  
Иммуноферментный анализ 2/423, 1291; 3/970; 5/151, 153  
Иммуоцитохимия 5/770  
Иммунохимия 2/427, 141, 187, 293, 395, 425, 426, 428, 429, 660, 1219; 3/929; 5/770  
Импакторы 4/281  
Импеданс  
Варбурга 2/429; 5/919  
Герншера 5/919  
Фарадея 5/919  
электрохимический 5/918, 920  
Импедансные методы 2/429; 5/915, 919, 926. См. также *Импеданс*  
Имплатация ионная 2/485; 3/421; 4/117. См. также *Легирование*  
Импрегированные материалы 2/323, 324; 3/53, 1165  
Импреэ 3/444

- Импульс(ы). См. также *Импульсные методы*, *Импульсные устройства* для взрыва, см. *Иницирующие взрывчатые вещества* перенос 4/829–831, 870, 1066  
удельный единичный ракетного топлива 4/342
- Импульсные методы. См. также *Импульсные устройства*  
калориметрия 2/577  
лазерные 2/5, 431, 623, 1116, 1119–1122, 1124–1126; 3/143, 189–191, 209, 653  
полярграфия 4/127  
радиолиз 2/430, 503, 552; 4/292, 295, 462  
релаксационные 4/462  
спектроскопия 1/4; 3/209, 653; 4/795  
струевые кинетические 4/462  
температурного скачка 4/462  
ударных труб 4/462  
фотолит 2/431, 623; 3/141, 143; 4/301, 304, 462; 5/333, 358  
ядерный магнитный резонанс 5/1027, 1030
- Импульсные устройства  
лазеры 2/431, 867, 1120–1122  
реакторы 2/190  
трансформаторы 2/430  
Имуран 1/64; 2/426, 605  
Инвариантность системы 5/98, 99  
Инвары 2/261, 262, 1243  
Инверсионная вольтамперометрия 1/810; 2/916
- Инверсия  
комбинационного рассеяния 2/867  
маркусовская область 5/339  
«масштабного фактора», см. *Коррозионная усталость*  
населенности энергетических уровней 2/1115–1118, 1239; 5/446  
пирамидальная 3/1036, 393, 1037; 2/620, 907–909; 4/390. См. также *Полиатомные перегруппировки*  
сахарозы 4/581, 582  
симметричные молекул 2/128, 129, 144, 1066, 1067; 4/686–688, 690–692  
фаз и струйный режим 4/987  
электропереноса 5/898
- Инвертаза 4/582  
Инвертные эмульсии 5/948, 949, 951  
Италиянионы средства 4/812, 868; 5/406, 408, 740  
Итигби 5/218  
Ингибитор(ы) 2/431; 5/166, 570, 571  
аллостерические 1/1152  
антагонизм 2/433  
ацетилхолина 2/141  
внеконкурентные 2/434  
гидратообразования 1/897, 912  
деструкции и старения полимеров 1/527; 2/1256; 4/814–817  
древесносмоляной 2/226, 227, 375, 1165  
ионогенные 2/435, 436  
контактные 2/436  
коррозии 2/434, 84, 116, 118, 123, 321, 322, 357, 435, 436, 694, 717, 952; 1/18, 19, 315, 342, 402, 524, 769, 867, 1071, 1210; 3/277, 303, 304, 357, 390, 512, 523, 683, 717, 718, 724, 1087, 1088; 4/580, 770, 789, 935, 1113, 1156, 1251; 5/367, 632, 979. См. также *Антикоррозионные присадки*  
летучие 2/436  
митоза 1/1026, 1027, 1030  
накипи 3/511  
некоинкурентные 2/434  
пассивирующие 1/1065; 2/321  
период индукции 2/432, 433; 3/954  
прогоркания жиров 2/305
- реакций гетерогенно-каталитических 2/433, 661  
– горения 1/335, 336, 704–706; 2/432, 433; 3/648, 649. См. также *Пламя*  
– индикаторных 2/757  
– нецепных 4/814, 815  
– окисления 2/226, 434; 5/685, 686. См. также *Антиокислительные присадки*, *Антиоксиданты*  
– полимеризации 1/114, 118, 235, 640, 641; 2/434; 3/745, 838; 4/304, 307, 311, 869; 5/124, 146, 221  
– ферментативных 1/40, 41, 341, 417, 475; 2/433, 434, 474, 635, 661, 735, 1194; 3/400, 595, 596; 4/519; 5/148, 153  
– цепных 2/432–434, 756; 3/545  
репликации 3/927  
роста растений 1/15; 4/428, 429  
свертывания крови 2/1195  
синергизм 2/433  
тканевого дыхания 3/670; 4/541  
транскрипции 3/927  
фотосинтеза 1/193, 1026, 1027, 1029, 1030, 1032, 1033
- Инголда (Ингольда) правила 2/128  
Инголда–Торпа эффект 3/1026  
Индазол(ы) 2/436, 437; 4/1250  
Индалон 4/494  
Индамины 2/437, 438; 1/75; 3/676; 4/1116; 5/530  
Индан(ы) 2/438, 439, 440; 3/127, 292, 463  
Индандионы 2/438, 342, 439; 3/529, 557; 5/536  
Индано[2,3-*d*]-1,3-диоксан 2/455, 456  
Инданоли 2/438  
Инданоны 5/793  
Индан-5-сульфокислота 2/438  
Индан-4(5)-сульфохлориды 2/438  
Индантрены 2/1095; 3/390, 1125  
1,2,3-Индантрион, гидрат 3/488  
Индантрои 2/439, 440, 976, 1094; 1/240; 3/1016; 4/73, 74  
Индантроновый синий 3/1016  
Индаты 2/453, 454  
Индашид 4/219  
Индекс(ы)  
ароматичности 1/378  
Вайберга 3/235  
вязкости 3/462, 463, 465  
дизельный, топлив 1/307; 5/646  
Йеке 3/188  
кислородные 2/649  
Ковача 1/910, 919; 2/609; 5/622, 623, 626  
кристаллографические 2/1065  
Миллера 2/189, 1065; 5/894  
насыщения воды 1/771  
, реакционной способности 3/783; 4/420, 421  
температурный 4/1085  
топологические, молекул, см. *Графовая теория*  
усовяемости удобрений 2/619  
Инден 2/440, 438, 455, 591, 777, 1101; 1/236, 372, 709; 3/82, 122, 127, 444; 4/969; 5/736, 785  
Иденильные соединения 5/713, 763  
Иденкарбальдегид 3/684  
Иденкарбоновая кислота 5/340  
Иден-кумароновые смолы 1/630, 636; 2/377, 440, 594, 673, 808, 846, 1101, 1320; 3/1116, 1264; 4/444, 445  
Индерал 1/298  
Инджей-бутил 1/645–647  
Индивидуальные взрывчатые вещества 1/607  
Индивидуальные средства защиты 2/10, 220, 221, 323–325; 3/867; 4/288, 319
- Индиготрапсульфоновая кислота 2/450  
Индий 2/443; 4/431; 5/937  
амальгамы 1/222, 223  
антимонаты 2/77; 4/944  
антимонид 2/452, 445, 702; 1/332; 3/776; 4/109, 110, 115, 117, 118, 948  
арсенид 2/452, 445, 453, 1043, 1124; 1/385; 3/305; 4/102, 109, 111, 112, 118  
бромиды 2/444  
гидроксид 2/443, 453, 454  
гидрокисульфат 2/443  
гидросульфаты 2/443  
интерметаллиды 2/478, 480, 481, 484; 4/556  
иодиды 2/444  
комплексоиды 2/872  
нитраты 2/443, 444, 453, 454  
нитрид 3/508, 509  
оксинитрат 2/443, 444  
оксиды 2/453, 443–445, 454, 1228; 4/508  
определение 1/336, 381; 2/136, 445, 451, 710, 1022, 1104, 1217, 1318; 3/124, 169, 1044; 5/335, 719  
органические соединения 2/453, 1083, 1104; 3/62, 81, 314, 713  
ортофосфат 2/444  
получение 1/468, 869, 977; 2/87, 445, 573, 821; 3/413; 5/651, 746, 749, 750, 898  
применение 2/445, 801; 4/103, 106, 115, 1007; 5/915, 920  
свойства 2/383, 443–445; 3/75, 165, 955, 958; 4/152, 349, 813  
селениды 2/444, 445; 4/617–619; 5/893  
сплавы 1/936; 2/445, 801, 1008; 3/753; 4/601, 809, 1180  
сульфаты 2/443  
сульфиды 2/443–445, 1061; 4/585, 637, 910  
талляд 4/584  
теллуриды 2/444, 445; 4/109, 1005, 1023, 1024  
тиоцианат 2/445  
феррит 5/163  
фосфаты 5/251  
фосфид 2/454, 445, 1042; 4/109, 111, 112, 118; 5/257, 363, 925  
фторид 2/444  
халькогениды 2/443–445; 4/109, 547, 585, 617–619, 637, 910, 1005, 1023, 1024  
хелаты 3/713  
хлориды 1/1194; 2/444; 5/16  
цианаты 5/702  
цианид 5/702
- Индийская селитра 1/92  
Индикаторная бумага, см. *Реактивные индикаторные бумаги*  
Индикаторная ошибка 2/447  
Индикаторное вещество 2/756, 757  
Индикаторные атомы 2/460, 461  
Индикаторные реакции 2/756, 757; 5/147–151. См. также *Индикаторы*  
Индикаторные трубки 2/446; 3/847; 5/819
- Индикаторные электроды 2/448; 3/134, 135; 4/127, 128, 154, 155, 539, 540; 5/915–917  
Индикаторы 2/446, 81, 447–452; 5/116. См. также *Химические методы анализа* и индивидуальные соединения  
адсорбционные 1/362; 2/446, 449, 450, 1083, 1216, 1217, 1230, 1231; 4/530; 5/19, 522, 523, 957  
биологические, см. *Биологические методы анализа*  
буквенно-цифровые 2/289  
бумажные, см. *Реактивные индикаторные бумаги*  
взрывоопасных сред 3/1190  
алажности 2/823, 824  
внешние и внутренние 2/205  
довзрывных концентраций, см. *Сигнализаторы горючих газов*  
изотопные 2/384, 25, 244, 273, 370, 381, 382, 385, 562, 1038; 1/459, 537; 3/141, 148, 245, 605; 4/182, 300, 327, 328, 335, 339, 467, 565, 723, 1220; 5/1023  
как трассеры 4/1244, 1245  
кислотно-основные 1/787; 2/443, 446–450, 770, 887, 1057, 1083, 1090, 1091; 2/1216, 1217, 1231, 1271; 3/124, 272, 387, 523, 562, 563; 4/398, 530, 569, 936; 5/19, 20, 66, 140, 379, 422–424, 619, 796, 819, 957; 5/66, 140, 379, 457, 619, 796, 819  
комплексометрические 2/446, 450–452, 870, 871, 1235; 3/124, 705; 5/128, 379  
константы равновесия 2/446, 447  
люминисцентные 2/1216, 446, 448, 449, 452, 1155, 1217, 1218, 1227, 1228; 4/530, 569; 5/957  
металлохромные 2/451, 452, 822, 1090, 1231; 3/113, 272, 1044, 1058; 4/569, 936, 972, 1221; 5/274  
на носителях, см. *Индикаторные трубки*  
нейтральные 2/447  
необратимые 2/450  
обратимые 2/449, 450, 455  
окислительно-восстановительные 2/142, 182, 205, 437, 442, 443, 446, 450, 455, 460; 3/113; 5/118, 531  
паров ртути 4/550  
переход окраски 2/447, 448, 450, 451  
помутнения растворов 2/449  
реакции 2/756, 757  
свободных радикалов 4/304  
селективные 2/451  
теплогового излучения, см. *Пирролетрики*  
точки росы 4/539  
тропеолиновые 5/19, 20  
универсальные 2/451  
флуоресцентные 1/112; 2/452, 731, 1083, 1216–1218; 3/272, 387. См. также *Флуоресценция*  
хемилюминесцентные 2/1216, 1218, 1224, 1230  
химические элементы 1/1016  
цветные 2/221, 447, 448, 1083, 1099.  
См. также *Цветные реакции*  
чувствительность 2/447  
шума 5/924  
электрохемилюминесцентные 2/1224, 1230  
электрохромные 4/1107  
Индит 2/443  
Индидин, N-оксид 3/1082  
Индидолины 2/454, 455; 3/471, 694; 4/1116; 5/124, 530  
Индоксази 1/491  
Индоксан 2/455, 456  
Индоксил 2/456

- Идол(ы) 2/456, 238, 457–460, 591, 593, 595, 699, 700, 964, 974, 980; 1/35, 63, 77, 264, 416, 422, 423, 567, 1073, 1083, 1203; 3/110, 131, 398, 408, 409, 458; 4/234, 341, 531, 652, 917, 1111; 5/1, 122, 197, 423, 1042, 1060  
алкалоиды, см. *Индольные алкалоиды*
- Идололь 2/455, 456  
Идол-3-ацетальдегид 3/619, 620  
Идоллацетонитрил 4/653  
Идолеин 4/712, 713  
Идолизидин 1/147; 5/117  
Идолизин 2/964; 5/778  
3*H*-Идолий-катионы 2/456  
β-3-Идолиламин 5/1  
β-(3-Идолил)-α-амиопропионовая кислота 5/1  
(3-Идолил)ацетальдегид 1/416  
(3-Идолил)ацетил-L-аспарагиновая кислота 1/416  
(3-Идолил)-D-глюкоза 1/416  
Индоллакиламины 4/326, 327  
1-(Идол-3-ил)-3-глицерофосфат 3/619, 620  
(3-Идолил)карбальдегид 1/416  
4-(3-Идолил)масляная кислота 1/416; 4/429  
1-(4-Идолил)-3-изопропиламино-2-пропанол 3/1026  
(3-Идолил)пировиноградная кислота 1/416  
3-(3-Идолил)пропионовая кислота 1/416  
Идолил-радикалы 1/957  
(3-Идолил)уксусная кислота 1/416, 1026; 4/219, 429, 653; 5/715  
β-(3-Идолил)этанол 1/416  
β-(3-Идолил)этаноламины 1/416  
2,2'-бис-Идолинидо 2/440, 441  
2,3-Идолинидо 2/346, 347  
3-Идолкарбальдегид 5/1  
Идолипруват 3/619, 620  
2-Идол-2'-тиоафтаенидо 2/441, 442  
Индольные алкалоиды 2/457, 458–460; 5/520, 524, 967, 968, 1051, 1052  
аймалин 1/105, 106  
бруцин 1/619  
буфотенин 1/653, 654  
резерпин 4/439  
стрихин 4/873, 874  
элокалридин 1/148  
Индометацин 2/457; 4/219, 1194  
Индопан 2/457; 4/267, 268  
Индорамины 1/48, 49  
Индофениновая реакция 4/621, 1120  
Индофеноксил 1/371; 4/302  
Индофеолы 2/460, 437; 5/530, 531  
Индохромоген С 4/1117  
Индуктивно-связанная аргонная плазма 2/1312, 1318  
Индуктивный эффект 2/460, 300, 461, 642, 813, 940, 941; 1/140; 3/16, 17, 551, 699, 787, 932, 1044; 4/126; 5/904, 905  
Индуктомерный эффект 2/461  
Индукционные приборы (устройства) датчики давления 2/1284  
печи 3/999  
пылемеры 4/280  
Индукционный эффект, см. *Индуктивный эффект*  
Индукция  
период 3/954; 5/685  
– действия ингибиторов 2/432, 433; 3/954  
– для цепных реакций 2/754; 4/670  
– окисления бензинов 3/447  
– теплового воспламенения 1/828  
химическая, см. *Сопреженные реакции*
- Индулины 2/462, 302, 980; 3/471; 4/800; 5/116  
Индустриальные масла 2/463, 676; 4/725, 726  
и смазки 3/1125, 1126  
редукторные 4/438, 439, 440  
Индуцибельные ферменты 3/503  
Индукционные процессы  
дезактивация 5/351  
химическая поляризация ядер 5/458–460  
Инезны 5/451  
Инертнит 2/596  
Инертные соединения  
газы 3/82, 83. См. также *Благородные газы*  
как носители в радиохимии 3/583, 584  
растворители 1/1140  
свободные радикалы 4/301  
Инерционные аппараты  
прохоты 1/1205–1207  
железные 2/613, 614  
каплеуловители 2/613, 614  
пылеуловители 4/282, 283, 285, 286  
сепараторы 1/931  
центрифуги 5/675, 676  
Ижекционные устройства 3/532; 4/1062  
компрессоры 2/885  
лазеры 2/1116, 1118, 1119, 1120  
насосы 3/342  
прессы 4/6  
Инженерная эзимология 2/463, 464; 3/155; 5/157  
Инициаторы 2/466. См. также *Иницирование, Иницирующие присадки взрывов, см. Иницирующие взрывчатые вещества*  
канцерогены 2/604, 605  
окислительно-восстановительные 4/305  
полимеризации 1/632, 633, 648–650; 2/464, 581, 653, 1266; 3/978; 5/7. См. также *Катализаторы полимеризации, Полимеризация радикалы* 2/464, 285, 465, 466, 673, 697, 698, 706, 754, 810, 1016, 1126, 1204; 1/632, 633; 3/114, 181, 516, 678, 745, 838, 839, 977, 1196, 1230, 1233, 1266; 4/43, 301, 305, 308, 669, 670, 918, 938, 969, 1026; 5/571, 683, 691, 922, 950. См. также *Карбония металлов, Пероксидные соединения органические*  
теломеризации 2/464; 4/1027  
хиральные 4/1027  
Иницирование (инициация) 2/466, 38–40  
в звуковых полях 5/59–62  
репликация 4/495, 496  
под действием света, см. *Фотохимические реакции*  
транскрипция 4/1229–1231  
трансляция 4/1231–1236  
цепных процессов, см. *Инициаторы, Цепные реакции*  
Иницирующие взрывчатые вещества 2/466, 47, 467; 1/72, 607, 705, 706; 3/1020  
гремучая ртуть 1/1202; 2/466, 467; 4/549  
свинца азид 4/597, 1082; 1/72; 2/466, 467  
– тринитрорезорцинат 4/603, 1266; 2/467  
тетразен 4/1098, 1099, 1100; 2/467  
циануртриазид 4/1250  
Иницирующие присадки 2/103; 4/174  
Инказан 1/325, 326  
Инкапсулянт 2/467  
стафилококковый энтеротоксин 4/832, 833; 2/467; 3/846  
фенцикллин 3/845, 846  
хиноклидиль-3-бензилат 5/536; 2/467; 3/843, 844; 4/269  
Инкапсулирование 2/422  
Иконгруитное плавление 2/60, 61; 3/1091  
Иконель 3/482  
Инкаменты рефракции 4/514, 515  
Инозин 1/290, 291; 3/174, 598; 4/1239  
Инозиновая кислота 1/43; 3/156, 1090  
Инозитолникотинат 1/1118  
Инозитолы 5/714, 715  
Инозитфосфаты 4/379; 5/271, 272  
Инозитфосфаты 2/696; 3/615, 616; 5/715  
Инозиты 1/750; 2/1233; 3/723; 5/269, 271–273, 314, 714, 715  
Инозоны 5/715  
Инсектициды 2/468, 469–475, 1334; 3/563, 675; 4/1250; 5/88, 146, 161, 278, 416, 421, 588, 709, 749, 1046. См. также *Пестициды*  
гормональные 3/994  
как биоциды 1/559  
как ингибиторы ферментов 2/474  
как сиергисты 4/695  
карбаматы 1/106; 2/473–475  
клешевые, см. *Инсектоакарициды*  
ларвициды 2/468, 1148  
овициды 2/468  
от моли 2/474; 3/373  
от нематод 2/468; 3/405  
природные 2/468, 469. См. также *Пиретрины, Пиретроиды, Ротенон, Ювеноиды, Яды животных*  
товарные формы, см. *Пестицидные препараты*  
фосфорорганические 1/106; 2/470–475, 1274; 3/558, 1077  
флориганты, см. *Фузиганты*  
хлороганические 2/469, 470, 475; 3/72. См. также *Гексахлорциклогексан, ДДТ*  
Инсектоакарициды 1/106; 2/468, 469, 471–473, 1005; 4/742, 926  
Инструментальные сплавы 2/260, 261; 4/808; 5/760  
Инструментальный анализ 1/120; 5/172, 490, 498, 819, 932, 933  
Инсулин 2/475, 325, 476, 477, 619, 620, 696; 1/291, 327, 395, 471, 482, 552, 553, 559, 747, 1000, 1126, 1132, 1154, 1156, 1171, 1172; 3/199, 212, 626, 929; 4/35, 517, 758, 1170; 5/121, 271, 768, 1036  
Инсулиназа 2/476  
Интал 1/318  
Инталокс-насадки 3/338  
Интегерин 3/923  
Интеграл(ы)  
Больцмана–Вольтерры 4/485  
молекулярные 3/222, 223, 390, 468; 1/1066; 2/723, 1210; 4/119, 120, 122; 5/876  
– столкновений 1/925  
обменный 3/628  
статистические Гиббса 4/824, 825  
Фурье 2/720  
электронно-ядерного взаимодействия 3/222  
Интегральные параметры  
молекулярные признаки 3/231  
сечение реакции 1/547, 548  
тепловые эффекты 4/1036, 1037  
теплота адсорбции 1/55  
Интегральные соединения (материалы)  
белки 3/49, 50, 52, 53  
пенлопасты 3/904, 328, 902, 905  
Интегральный закон регулирования 1/24
- Интегрирования ионного тока метод 2/1317  
Интен 1/631  
Интенсивные параметры состояния 3/882, 883  
Интервал(ы)  
доверительный, см. *Метрология химического анализа, Обработка результатов эксперимента*  
перехода окраски индикаторов 2/447, 448, 450, 451  
стеклования 4/835, 842, 843  
Интеркалаты 2/477, 798; 3/96, 250, 295, 394, 395; 4/584, 791, 793, 1024  
Интеркаляция 2/477; 3/394, 395; 4/1024. См. также *Интеркалаты*  
Интеркалаты, см. *Интеркалаты*  
Интеркомбинационная конверсия 2/727, 729, 907, 909, 913, 1220, 1223; 3/288; 5/350, 352  
Интерлейкины 2/477, 427, 428, 478, 875  
Интермедиа(ы) 2/478, 101, 128–130, 313, 372, 419, 511, 525, 534, 628, 752, 810, 830, 848–850, 874, 919, 931, 932, 966, 1034; 1/43; 3/602–604, 607, 668, 669, 736, 737, 975, 1022–1024; 4/46, 47, 148, 176, 403, 414–416, 525, 610, 728, 729, 909, 917, 932, 933, 1017, 1018, 1134; 5/58, 156, 737, 738, 907. См. также *Переходное состояние*  
и механизмы реакций 3/143  
Майзенхаймера, см. *Майзенхаймера комплексы*  
Уэланд 2/314  
Интерметаллиды 2/478, 55, 56, 272, 479–486, 560, 1146, 1153, 1201, 1234, 1331; 1/208, 813, 1164; 3/73, 96, 147, 165–167, 348, 482, 484, 494, 753, 757; 4/575, 601, 639, 711, 875, 1181; 5/4, 104, 162, 926. См. также *Металлические соединения, Твердые растворы*  
гидриды 1/784, 787, 1081, 1082; 2/13, 477, 486, 642; 3/415  
двойные, см. *Куриакова соединения, Лавеса фазы, Юм-Розери фазы*  
и степень окисления 4/848  
икосаэдрические 2/485. См. также *Квазикристаллы*  
как магнитные материалы 2/486, 1240, 1242, 1243  
как сверхпроводники 2/486; 4/584  
как фазы Макарова 2/478, 479  
– – сплавы 2/249, 250; 4/806. См. также *Амальгамы*  
ртути 4/548, 549  
номенклатура 3/576  
плотная улаковка 2/480; 3/75, 1142  
Интермономеры 4/763  
Интерит 4/579  
Интерполимеры 3/54, 202; 4/19, 20  
Интерференционные материалы 4/332  
Интерферометры 1/916; 2/49, 492; 4/514; 5/435  
Интерфероны 2/486, 427, 428, 477, 487; 1/470, 472, 552, 980; 3/212; 4/218  
Интон 1/635  
Интрадекс 2/1078  
Интралипид 2/1078  
Интрамолекулярный дневной синтез 4/1227  
Интроны 4/810–812  
Интроскопия 2/49  
Интрузивные горные породы 4/561  
Интузия 4/6  
Инулины 5/374, 375  
Инфинитезимальные процессы 3/935  
Инфинитное движение микрочастиц 2/719

- Информационно-понсковые системы 2/487, 488–490, 493; 1/1199; 5/478, 511
- Информационно-потоковые графы 1/1199–1201
- Информационные РНК 1/1009, 1012. См. также *Матричные рибонуклеиновые кислоты*
- Информосомы 2/1323, 1324; 3/599
- Инфразвуковые аппараты 2/490, 491, 492; 5/60, 824
- Инфузолипид 2/1078
- Инфракерметы 2/736
- Инфракрасная спектроскопия 2/492, 44, 45, 384, 493, 494, 623, 644, 712, 852–854, 865, 866; 1/888, 889; 3/209, 220, 231, 459, 797, 798; 4/780–785, 882; 5/33, 546, 658
- Инфракрасные фотоматериалы 4/624, 625; 5/317, 320
- Инохлоридная реакция 5/1000
- Иноинит 2/583, 584
- Иод 2/494; 1/339, 340; 3/573; 5/937, 1007
- бромиды 2/495, 498, 697; 3/11, 12; 4/584, 585
- иодиды 2/409, 410
- как металл 3/623, 624
- как микроэлемент 2/498; 3/160, 161
- клатраты 2/798, 988
- комплексы молекулярные 3/19, 224, 225; 4/1122
- полимерные 3/1228, 1229
- нитрат 2/495
- оксиды 1/970, 1122; 2/851; 3/334; 5/68
- определение 1/468, 894; 2/449, 496, 710–712, 896, 1083, 1217, 1218; 3/751; 4/159, 396; 5/957
- перхлорат 2/495; 3/986
- получение 1/1019, 1175; 2/496, 569, 1053; 3/323, 357, 413, 677, 871; 4/350, 892
- примесение 2/432, 496, 634, 1226; 4/106, 227, 550; 5/554
- свойства 1/338, 412, 452, 768, 841, 1015, 1020, 1122, 1178, 1179; 2/28, 29, 31, 282, 384, 387, 494–496, 505, 522, 711, 793, 810, 1181; 3/142, 165, 170, 293, 346, 389, 565, 569, 576, 584, 602, 603, 605, 818, 955, 958, 1227; 4/152, 236, 320, 321, 331, 334, 337, 338, 349, 396, 512, 515, 718, 741, 813, 820, 872, 915, 922, 1105, 1135, 1137, 1162, 1163, 1171, 1189; 5/116, 68, 126, 132, 142, 145, 196, 568, 608, 722.
- См. также *Иодирование*
- соединения межгалогенные 1/745; 3/1237, 1238; 4/548, 559
- органические 1/452; 2/140, 495; 3/765, 914
- сульфат 2/495
- тиоцианат 2/495
- фосфат 2/495
- фториды 1/949, 950, 966–968; 2/495, 496, 1089; 3/981
- хлориды 1/241, 1193; 2/18, 492, 498, 697; 3/11, 12, 346, 603, 969; 5/553
- Иодазид 1/93
- 1-Иодатрахинон 1/943, 945; 2/494, 635
- Иодатометрия 1/1073; 2/495, 499. См. также *Иодометрия*
- Иодаты 2/495, 496; 3/166
- Иодацетамиды 1/194
- Иодацетилены 2/550
- 2-Иодбензанилид 5/419
- o-Иодбензойная кислота 4/1137
- Иодбензол 2/496, 497, 498; 3/721; 4/1095
- n-Иодбензолсульфокислота 2/497
- 3-Иодбензил 4/1095
- Иодбутан 3/705
- 7-Иод-8-гидроксихинолин-5-сульфокислота 3/714
- Иоддихлориды 2/1053
- Иоддихлорбензол 2/497
- Иодиды 2/10, 495–497, 1277; 3/166, 323, 530, 677, 774–776, 969; 4/554; 5/195, 762. См. также *Галогениды*, *Элементы химические*
- Иодизонант 1/69
- Иодил 3/577
- Иодилбензол 2/497, 498
- Иодиметрия 2/499
- Иодимид 3/576
- Иодинол 2/975
- Иодиол 3/1228
- Иодирование 2/497, 646, 1033; 3/161, 738, 813, 814, 981, 1025; 4/1170, 1171; 5/13, 195
- Иодистоводородная кислота 1/970; 2/585, 598, 784; 3/576, 796, 1025, 1029, 1030; 5/1007
- Иодистый водород 2/497, 6, 147, 279, 650, 786, 948, 1108, 1142; 1/193, 650, 786, 948, 1084, 1178; 3/78, 253, 576, 950, 977; 4/152, 898, 1091, 1204
- Иодистый метил, см. *Иодметан*, *Метиллиодид*
- Иодистый метилен 3/113
- Иодметан 1/654; 3/703, 705, 709, 1035, 1078; 4/37, 146, 273, 467, 672, 976, 1122, 1147, 1252. См. также *Метиллиодид*
- Иодметилаты 4/1122; 5/948
- Иодметилирование 5/567
- Иодметилкетон 3/814
- Иодная кислота 1/199, 639; 2/495, 647, 747, 988, 1270, 1271; 3/269, 739; 4/642
- Иодоватая кислота 1/137, 138; 2/495, 1271; 3/657, 1060; 4/159; 5/68, 659
- Иодоватистая кислота 2/495
- Иодное число 2/497, 304, 306, 498, 660; 3/397, 1186; 4/378, 380, 573; 5/25
- Иодные воды 3/170
- Иодные лазеры 2/1119
- Иодные улобрения 2/498, 870
- Иодобромосеребряная фотобумага 1/624
- Иодоводород, см. *Иодистый водород*
- Иодозил 3/577
- Иодозилбензол 2/497, 498
- Иодозобензол 2/498, 496, 497
- Иодокарбораны 2/651
- Иодолефины 5/398
- Иодометрия 2/498, 496, 499, 1180; 1/1073; 3/8, 365, 539, 758, 796, 797, 978; 4/45, 1021, 1056, 1149, 1189; 5/68, 133, 223, 388, 554, 976
- Иодонат 2/18
- Иодония соединения 1/957–959; 3/1164
- Иодопалладаты 3/872
- Иодопсины 4/538
- β-Иодоспирты 1/960
- Иодофеинловый синий 2/1108
- Иодоформ 1/338, 452, 948, 970, 971; 4/340, 803; 5/955
- Иодофоры 1/452; 2/18
- Иодоформная реакция 1/971
- Иодохлоробромосеребряная фотобумага 1/624
- 5-Иод-2-пиридин 3/710
- β-Иодпропеновая кислота 3/881
- Иодсиланы 2/1029. См. также *Кремний*, *иодиды*
- N-Иодсукцинимид 1/951, 952
- Иод-серный цикл получения водорода 1/786
- Иодтиофен 4/1157
- Иодтрифторметан 3/556
- Иодуксинная кислота 1/42; 3/881
- 4-Иодфенилбутират 2/1295
- 4-Иодфеинилдекановая кислота, этиловый эфир 4/478, 479
- N-Иодфталимид 1/951, 952
- 7-Иод-5-хлор-8-гидроксихинолин 4/230
- Иодданин 1/968, 969; 2/282, 495
- Иодэтан, см. *Этиллиодид*
- Иокснимил 1/1027
- Иомезан 4/225, 226
- Иомены 3/1211
- Ионизационная изомерия 2/369, 930
- Ионизационные потери 2/500
- Ионизационные приборы
- вакуумметры 1/663, 664
- газоанализаторы 1/894–896; 4/666
- газоразрядные счетчики 1/978; 2/220; 4/329, 330, 1111
- датчики давления 2/1284
- детекторы 2/43, 44, 1314, 1315; 4/326, 329–331
- дымовые извещатели 4/667
- камеры 2/220, 1315, 1316; 4/329
- лазеры 2/1119, 1124
- насосы 3/343, 344
- хроматографы 2/506, 507
- Ионизация 2/158, 664, 755, 778–781, 1311; 3/602, 603, 830–832; 4/295–298
- в атмосфере и на Солнце 2/217, 532; 3/1189
- в звуковых полях 5/61
- в электрических разрядах 2/1311, 1312, 1318
- внутренних электронов 2/727
- газов, см. *Ионы в газах*
- десорбционная 2/1311
- диссоциативная 2/524, 528; 3/1102
- и кислотность 5/423
- и масс-спектрометрия 2/1308–1318
- и механические воздействия 3/146
- и мономолекулярный слой 3/261
- и полимераналогичные превращения 3/1263
- и рекомбинация 3/1094; 4/450
- и симметрия молекул 4/690
- и туннельный эффект 5/28
- и ударные волны 5/52
- и электроосаждение 4/283
- излучениями, см. *Ионизирующие излучения*
- кислотно-основная 2/771–774; 3/830–832
- лавинная 2/208
- как электролитическая диссоциация 5/856, 857; 2/158
- лазерная 2/1121, 1311
- неравновесная кинетика 3/427–429
- одно- и многофотонная 2/1311; 3/239
- объемные эффекты 1/1216
- Пейнинга 2/529
- пламени 2/530, 532; 5/335
- поверхностная 2/1312; 4/152
- полевая 2/1311; 5/629
- потенциал(ы) 4/151, 121, 122, 152, 153, 813; 2/526–528, 1104, 1309, 1311, 1312; 3/31, 233, 778; 5/331, 361, 461
- самопроизвольная 3/11
- степень 4/1030
- фотохимическая 2/4, 5, 1311. См. также *Фотоионизация*
- химическая 2/1310, 1311; 3/141; 5/629
- электронным ударом 2/628, 1309–1311; 4/151; 5/629
- электрохимическая 5/839, 847, 854, 910, 911
- энергия 2/501, 526; 4/151–153; 5/331
- Ионизирующие излучения 2/499, 43, 45, 500–503, 508, 537, 704, 777, 822, 1038; 1/119–121, 755, 1178, 1179; 3/297, 298, 402–404; 4/315, 316, 321, 322, 325, 326, 329–332.
- действие на людей, см. *Радиационная защита*, *Радиозащитные средства*, *Радиоактивные отходы*
- материалы, см. *Радиационная стойкость*
- дифракция, см. *Дифракционные методы*
- дозы 2/216, 217, 219–221, 1227; 4/288, 289
- и дефекты в кристаллах 3/214
- и люминесценция 2/1218–1220; 4/329
- и мутации 3/296–298
- и неравновесная кинетика 3/429
- и радиационная химия 4/291, 292, 336
- и радиационно-химическая технология 4/292–295
- и радиационно-химические реакции 2/501; 4/289, 292–298, 329
- и радиология 4/325, 326
- и радиоэкология 4/337, 338
- и состояние вещества 2/1060
- и фотодиссоциация 2/158
- импульсные 2/430
- индикаторы 2/583; 4/327, 328
- источники 2/244, 501–503; 4/192, 331, 332; 5/24
- качество, коэффициент 2/216, 217
- мессбауэровское 2/189, 191
- радиометрия 4/329, 330, 331; 2/1227
- синхротронное 4/706
- Черенков–Вавилова 4/329
- энергия 2/499
- Ионит 4/323–325
- Ионит 4/731
- Иониты 2/503, 295, 504, 518, 519, 1268; 1/60, 771, 772; 3/57, 860, 1211; 4/84, 466. См. также *Ионный обмен*, *Ионообменники* в хроматографии 2/518, 519
- мембранные, см. *Ионообменные мембраны*
- ионообменные 4/557; 5/655, 656.
- См. также *Цеоциты*
- органические, см. *Ионообменные смолы*
- регенерация 3/638
- редоксные 3/662, 663
- тромборезистентные 2/505
- хемосорбирующие 5/447
- Ион-молекулярные комплексы 2/505; 3/18, 19
- Ионная атмосфера раствора 2/7, 8. См. также *Дебай–Хюккеля теория*
- Ионная имплантация 2/251, 485, 505, 1154, 1155; 3/421, 1103, 1105; 4/117. См. также *Легирование*
- Ионная полимеризация 2/284, 464, 755, 1101, 1266, 1267; 3/743, 838, 839, 1211, 1267, 1269; 4/28, 969
- ионияная 1/308; 3/1224, 1229, 1251, 1269
- катионная 2/697, 698, 699; 3/1224, 1226, 1244, 1267, 1269
- координационно-ионная 2/920, 921, 922
- твердофазная 4/1000
- Ионная связь 2/506, 71–74, 109, 234, 235, 527, 775, 832, 904, 991, 1000; 3/73, 80, 81, 164, 392, 415, 478–485, 508, 509, 698, 719–722, 764, 765; 4/127, 437, 447, 674, 745, 994; 5/461, 463. См. также *Ионные соединения*, *Химическая связь*
- Ионная сила раствора 2/7; 4/78, 187, 188; 5/153
- элемента 2/295
- Ионная хроматография 2/506, 295, 507, 519; 1/1067
- Ионное произведение воды 2/448
- Ионно-ковалентная связь 2/479; 3/698; 4/674, 909, 910

- Ионно-металлическая связь 2/478  
 Ионно-координационная полимеризация, см. *Координационно-ионная полимеризация*  
 Ионно-молекулярные реакции 2/508, 531, 532, 1310, 1314, 1316; 3/1102, 1103; 4/152, 297, 421, 813; 5/331, 742, 953. См. также *Ионы, Масс-спектрометрия*  
 Ионные методы 1/916. См. также *Ионизация*  
 дозиметрия 2/220  
 нитерирование тока 2/1317  
 лазерная десорбция 5/742  
 литография 5/334  
 микроанализ 2/511, 512; 3/431  
 отложение 2/1149, 1152  
 селективное детектирование 5/629  
 спектроскопия масс, см. *Масс-спектрометрия*  
 – рассеяния 2/507, 508, 1212  
 фотодиссоциация 3/141  
 циклотронный резонанс 2/524, 620, 777, 1314; 3/141, 142; 5/741, 742  
 Ионные пары 2/511, 50, 56, 248, 295, 313, 516, 525, 621, 698, 771, 773, 873, 1203, 1236; 1/783, 784, 1092; 3/349, 816, 1269; 4/298, 309, 372; 5/367, 368, 423, 424, 857, 939  
 Ионные процессы 2/531, 532. См. также *Ионизация, Ионизирующие излучения*  
 адсорбция 1/59, 60  
 диффузия 2/199, 200  
 миграция химических элементов 1/1018, 1019  
 окислирование 3/696  
 плазменные 3/334, 696; 4/1223. См. также *Плазма*  
 распыление 3/334  
 травление 2/1212; 4/483, 1223  
 флотация 3/420, 860, 898; 5/206  
 эмиссия вторичная, см. *Вторичные процессы*  
 – электронная 3/97  
 Ионные радиусы 1/411; 2/7, 511, 527, 1063, 1064; 3/413; 4/374, 375, 432  
 Ионные реакции  
 анионные, см. *Анионные реакции*  
 галогенирование 1/954; 3/346  
 гидратация 1/1076; 2/527  
 гидрирование 1/1083; 4/1157  
 гидролиз 1/1098, 1099  
 замещение 3/580  
 десалкилирование 2/6  
 и качественный анализ 2/709–711  
 индексы реакционной способности 4/420  
 каталитический крекинг 3/346  
 конкурирующие 2/897  
 механизмы 2/764; 3/140  
 нейтрализация 4/415  
 нитрование 3/346  
 обменные, см. *Изотопный обмен, Ионный обмен*  
 переходное состояние, см. *Интермедиаты, Карбанионы, Карбокатионы*  
 полимеризация, см. *Ионная полимеризация*  
 протонирование 4/244, 245; 1/542; 2/419  
 с гетеролизом, см. *Гетеролитические реакции*  
 с участием молекул, см. *Ионно-молекулярные реакции*  
 теломеризация 4/1026, 1027  
 сольватированного электрона 4/750, 751  
 фрагментация 5/365  
 циклоприсоединение 5/738  
 Эгара 5/976  
 Новые соединения. См. также *Ионная связь, Ионные реакции*  
 борогидриды металлов 1/590, 591  
 галогенометаллаты 1/950  
 гетерополиоксиды 1/1060  
 гидриды 1/1080  
 гидрофосфорильные 1/1113  
 гипохлориты 1/1121, 1122  
 диазотия соли, см. *Диазосоединения*  
 диоксигенильные 2/136, 137; 3/971  
 дубильные 2/234  
 ингибиторы коррозии 2/435, 436  
 карбиды 2/623–625  
 карбонилы металлов 2/641  
 катализаторы 2/673, 706  
 квазифосфоневые 5/294, 295  
 кластеры 2/505, 509, 530, 532; 4/750; 5/742, 863  
 кристаллы 2/510, 51, 480, 485, 506, 511, 527, 1056, 1063, 1072, 1238; 3/1162; 4/290, 291, 745; 5/462, 856, 861, 894. См. также *Ионофоры, Плотная упаковка*  
 ксенона 2/1088–1090  
 курчатовия 2/1107  
 метиновые красители 3/128–131  
 минералы 3/165, 166  
 неорганические озониды 3/658, 659, 971  
 – пероксиды 3/971–973, 975, 979, 980  
 ониеые 3/764, 765  
 перхлораты 3/986–989  
 поверхностно-активные 2/295, 487, 519, 818, 1149–1151; 3/163, 181–183, 600, 1163–1165, 1169, 1170; 5/273, 780, 949, 974  
 полимеры 2/504, 519–521; 3/54, 662, 663. См. также *Иониты, Ионообменники*  
 радикальные, см. *Ион-радикалы*  
 расплавы 4/346; 5/857–859  
 рачематы 4/390  
 родаминны 2/1083  
 смолы, см. *Ионообменные смолы*  
 собиратели-флоторагенты 5/207, 208  
 сорбенты 2/503–505, 519–521; 3/420, 662, 663  
 сульфоновые 4/930, 931, 932  
 триазены 2/70, 71  
 флокуляты 5/204  
 фосфиды 5/256  
 Ионные теории  
 Дебая–Хюккеля 2/7, 8; 4/375, 376  
 кислот и оснований 2/777, 778  
 растворов 4/374–376  
 Ионный выход 4/298  
 Ионный обмен 2/512, 4, 159, 445, 504, 513–515, 527, 536, 553, 701, 859, 1006, 1181, 1299, 1300; 1/772, 773, 868, 1093; 3/244, 475, 662–664, 777, 835, 859, 860; 4/245, 320, 321, 554, 836, 1165; 5/160, 827, 828, 859, 866, 867  
 Ионогены 4/372; 5/860. См. также *Растворы электролитов*  
 Ионоп 1/334; 2/91, 310; 3/1088, 1126; 4/815, 816. См. также 2,6-Ди-трет-бутил-4-метилфенол  
 β-Ионоловые спирты 4/511  
 Иономеры 2/515, 516; 4/2, 56, 1087; 5/137  
 Ионометрия 3/48; 4/155. См. также *Ионоселективные электроды, Потенциометрия*  
 Иононы 2/516, 237, 516–518, 657; 1/740, 741; 4/511; 5/774  
 Ионообменная хроматография 2/518, 295, 395, 515, 545, 546; 1/475; 3/287, 460, 929; 4/424, 557, 1011; 5/159, 160, 621, 651  
 без подавления 2/507  
 бумажная 1/625  
 ионная 2/506, 507, 519; 1/1067  
 Ионообменники 2/1181; 4/944, 948, 1022; 5/49, 547. См. также *Иониты, Ионообменные полимеры, Ионообменные сорбенты*  
 Ионообменные мембраны 3/54, 39, 41, 55, 981, 983; 1/772; 2/196, 504, 520; 5/863  
 Ионообменные полимеры 2/504, 519–521; 3/54, 662, 663. См. также *Иониты, Ионообменники, Ионообменные сорбенты*  
 Ионообменные смолы 2/519, 202, 504, 520, 521, 616; 1/625; 3/70, 1229; 4/870, 915, 924; 5/137, 138, 704. См. также *Иониты*  
 адсорбционные 3/662, 663, 1196  
 амфотерные 1/289; 2/520  
 анионогенные, см. *Анионообменные смолы*  
 биполярные 1/289  
 гелевые 1/1002; 2/1268  
 диффузия 2/199  
 как катализаторы 1/648  
 как носители клеток микроорганизмов 2/463  
 как радиоактивные отходы 4/319  
 карбоксилсодержащие 1/570  
 катионогенные, см. *Катионообменные смолы*  
 комплексообразующие 3/1196; 4/612, 613  
 КУ 2/95  
 макропористые 2/1267, 504, 520, 701, 702, 1268; 1/289; 3/69  
 набухание 1/1002  
 окислительно-восстановительные 3/662, 663; 2/520  
 СБС 2/95  
 селективные 4/612, 613; 1/289; 2/520; 5/440  
 сильноосновные 1/1210  
 хелатообразующие 5/440; 1/289; 2/521; 4/612  
 Ионообменные сорбенты 2/503–505, 519–521; 3/420, 662, 663; 5/816. См. также *Иониты, Ионообменники, Ионообменные полимеры, Хелосорбирующие волокна*  
 Ионопроводящие мембраны, см. *Ионообменные мембраны*  
 Ионорезисты 5/341  
 Ионоселективные материалы  
 мембраны, см. *Ионообменные мембраны*  
 чувствительные покрытия 4/628  
 электроды 2/521, 522, 524; 1/561; 4/627; 5/745, 915  
 Ионосфера 1/399; 2/532; 3/1095  
 Ионофоры 2/522, 523, 524; 1/552; 3/671, 924, 934; 4/372; 5/860  
 Ион-парная хроматография 2/295, 297, 519  
 Ион-парные реагенты 2/295  
 Ион-радикалы 2/524, 5, 24, 25, 192, 313, 465, 511, 524–526, 561, 663, 872, 873, 931, 1096, 1252, 1309–1311, 1316; 1/491, 542, 869, 1060; 3/25, 72, 100, 224, 225, 531, 545, 652, 653, 666, 788, 980, 981; 4/147, 300, 301, 309, 623, 624, 1107; 5/124, 165, 262, 331, 336–338, 345, 346, 350, 354, 384, 415, 446, 532, 533, 635, 684, 705, 892, 903, 942  
 Ион-циклотронный резонанс 2/524, 620, 777, 1314; 3/141, 142; 5/741, 742  
 Ионы 2/526, 158, 299, 527; 3/602, 603. См. также *Ионизация, индивидуальные представители*  
 адсорбция и двойной электрический слой 2/1–4  
 активность 2/710, 711. См. также *Растворы электролитов*  
 – произведение 4/187, 188, 356; 1/1065; 2/1254  
 арсоны 1/385  
 быстрые и медленные 2/499, 500, 502, 503, 1212  
 а атмосфере 2/532  
 в газах 2/527, 43, 192, 505, 508, 509, 526–532, 1309, 1310; 3/1102, 1103; 4/151, 450  
 в кристаллах, см. *Ионные кристаллы*  
 в растворах, см. *Гидратация, Сольватация, Твердые растворы*  
 валентность 5/926  
 выходы 4/298  
 гидридные 1/1079  
 гидроксидные 1/1092  
 гидроксония 1/1097  
 ионов, см. *Енолят-анионы*  
 изо- и полиморфизм 2/370; 4/23  
 изомерия 2/369, 930, 979, 980; 4/991, 992  
 имплантация, см. *Ионные процессы*  
 как катализаторы 2/673, 674, 770–774; 3/24, 25, 78  
 как питатель 1/441; 2/6, 1171, 1172  
 кластерные 2/505, 527, 793, 794, 796; 4/750  
 клатратные 2/798  
 комплексные, см. *Ион-молекулярные комплексы, Координационные соединения*  
 легкие, см. *Сольватированный электрон*  
 лиония 1/1097  
 магнетизм 2/1237–1245  
 мембранный транспорт 2/522–524  
 номенклатура 3/573, 575–577  
 определение 2/345, 346, 521, 522, 709–711; 3/64. См. также *Индикаторы, Ионизационные приборы, Ионные методы, Реагенты, Реактивы*  
 органические, см. *Интермедиаты, Карбанионы, Карбокатионы*  
 осколочные 2/1309, 1311, 1316  
 отрицательные и положительные, см. *Анионы, Катионы*  
 пары, см. *Ионные пары*  
 подвижность 5/863–867, 899–901, 923  
 поляризуемость 3/652; 4/124–126, 745; 5/653, 654  
 потенциалопределяющие 2/2  
 проводимость 5/857, 859, 861–863  
 радикалы заряженные, см. *Ион-радикалы*  
 радиусы, см. *Ионные радиусы*  
 рассеянные 2/507, 508, 864  
 рачематные 4/390  
 реакции, см. *Ионно-молекулярные реакции, Ионные реакции*  
 резонанс структур 4/447  
 связь, см. *Ионная связь*  
 соединения, см. *Ионные соединения*  
 состояния метастабильные 2/1316, 1317  
 – стандартные 4/818  
 теории, см. *Ионные теории*  
 цвнтерные, см. *Цвнтер-ионы*  
 числа зарядовые 2/320, 513, 521; 3/47, 1086  
 – переноса 2/194, 864  
 знтальпия 2/526  
 Иоффе эффект 3/1173  
 Иохимбин 1/48, 49  
 Иоидт 2/254, 270  
 Ионича реакция (реактив) 2/532, 85, 533; 1/430, 1205  
 Ипатьева реакция 5/713  
 Ипплон 3/1139  
 Ипридиол 1/325, 326  
 Иприд(ы) 2/533, 9, 94, 173, 606; 3/843–847; 4/935, 1128; 5/501, 557, 982



- азотистые 1/97; 2/604, 605; 3/846; 5/449, 745, 972  
Ипродион 4/247; 5/420  
ИПС, информсистемы 2/487–490  
Ипсо-замещение 2/533, 314, 534, 535, 753  
Иралия 2/517  
Иральдеины 2/517  
Иргадермы 1/438  
Иргазиты 1/87  
ИРЕА, каддон 2/550  
Иридий 2/535, 536, 537; 1/570; 4/431; 5/937  
гидроксиды 2/535  
оксиды 2/535, 536  
определение 1/117; 2/183, 1057; 3/1133, 1134; 4/184, 530, 531  
органические соединения 2/537, 97, 98, 538, 651; 1/364; 3/78, 79, 534  
осмистый 2/535, 537; 3/823, 1132; 4/532  
платинистый 3/1132  
получение 2/536–538; 3/1133, 1193; 4/561, 562; 5/926  
применение 2/676, 685, 1242; 5/551, 901, 926  
свойства 1/1015, 1093; 2/370, 670, 671, 920; 3/96, 672, 955, 956, 958, 1132, 1134; 4/325, 813; 5/49, 929  
сплавы 2/537; 3/823, 825, 1129, 1130; 4/534, 565  
сульфида 2/536  
фториды 2/536  
хлориды 2/536  
цианиды 5/703  
чернь 2/537  
Иридные минералы осмий 2/535  
платина 3/1128, 1132  
Иридоения ионы 3/91  
Иризация 3/1192  
Ирилон 1/697  
Ирисаль 2/538  
Ирисовое масло 2/518  
Ирисол 2/538  
Ироны 2/517, 518  
Ирританты 2/538; 3/843, 844, 846  
Иртраны 3/774  
Ископаемые смолы 3/164  
Искровые разряды, метод(ы)  
ионизации 2/1311, 1312, 1315  
масс-спектрография 4/779  
минерализации органических веществ 3/168  
спектральный анализ 4/776, 777  
Искровые спектры 1/412  
Искры, источник зажигания 3/1189  
Искусственные вещества (соединения, продукты)  
бальзамы 1/454  
волокна, см. *Волокна искусственные жидкое топливо*, см. *Альтернативные топлива*, *Синтетическое жидкое топливо*  
пища 2/538, 539  
элементы, см. *Элементы химические*  
эфирные масла 5/1006  
Искусственный интеллект 2/539, 490, 540; 3/220  
Исландский шпат 2/586, 639  
Исмелн 4/694  
Исмин 1/223  
ИСО, акаринд 1/106, 107  
Испарение 2/540, 299, 300, 541–544, 576, 592, 593, 1299; 4/890; 5/15, 102.  
См. также *Выпаривание*, *Газов увлажнение*, *Градири*, *Сушка*  
аппараты, см. *Испарители вакуумные* 3/334, 344  
и давление паров 4/1032–1034  
и кипение 2/760–763  
и конденсация 2/607; 4/452, 453, 458, 461, 890  
и охлаждение, см. *Испарительное охлаждение*  
и перегонка, см. *Дистилляция*  
и разделение изотопов 2/390  
и термический анализ 4/1057  
и энергия когезии 2/833, 834  
кривая 2/57  
лазерное 4/893  
металлов 2/796, 1035; 3/71  
растворителей 1/9; 3/256  
с поверхности, формы 2/762  
тепловой эффект 2/765  
через мембрану 2/1300; 3/42, 43, 45; 4/461  
энthalпия 4/516, 1034  
Испарители 2/159, 162; 3/1143; 4/453, 458, 1051  
адиабатические 1/853, 854  
насосы 3/344  
скрубберы 1/906, 907  
ячейка Кнудсена 2/1315  
Испарительное охлаждение 1/906, 907, 1183, 1184; 2/542, 543; 5/594, 596–604  
Испаримость масел 4/167  
пластичных смазок 3/1124–1126  
Испытания детонационные 3/725, 726  
квалификационные горючесмазочных материалов 5/517  
конструкций на огнестойкость 3/646, 647  
коррозионные 3/273  
Истинная плотность 3/1145; 4/131  
Истинные азеотропы 1/67  
Исчерпывающее метилирование 1/1181  
Итаконаты 2/544  
Итаконовая кислота 2/544, 516, 1179; 3/1199  
Итаконовый ангидрид 2/544  
Итраконазол 4/228, 229  
Иттербий 2/544; 5/937. См. также *Лантаноиды*, *Редкоземельные элементы*  
бромиды 4/437  
гидроксид 2/545  
гидрокомокомплексы 2/1230  
гранаты 1/1184, 1185  
земля 2/546  
карбонат 2/545  
оксиды 2/545, 546; 4/438  
определение 4/435, 436  
органические соединения 2/545, 1147, 1148  
ортованадат 2/548  
получение 2/546; 4/434, 435; 5/24  
применение 1/1185; 2/546, 1227; 4/436  
свойства 3/957, 958, 961, 1093; 4/432–434, 584  
тришкронат 5/761  
фториды 2/545; 4/436  
хлориды 2/545; 4/437  
цианиды 5/703  
Иттербит 2/548  
Иттралок 3/774  
Иттриалит 2/546  
Иттрий 2/546, 1229; 3/124, 849; 4/710, 1054, 1055; 5/631, 632, 937. См. также *Лантаноиды*, *Редкоземельные элементы*  
алюминаты 1/206; 2/1123, 1226  
бораты 2/222  
борнды 2/548  
гидрид 1/1081  
гидроксид 2/547  
гранаты, см. *Гранаты иттриевые*  
двойные соли, алюминные 1/1184, 1185; 2/222, 223, 1072, 1119, 1123, 1124; 3/256, 410. См. также *Гранаты синтетические*  
-- бариевые, оксокупрат 2/547, 733  
-- гадолиниевые 2/1226  
-- железные 1/1184, 1185; 2/547, 1243; 5/163  
-- ториевые 4/584  
-- фосфатные 2/1226  
интерметаллиды 2/481  
карбонат 2/547  
никелнид 2/481  
нитрат 2/547  
нитрид 2/547  
оксиды 1/1184; 2/222, 546–548, 734, 1226; 3/89, 410, 774; 4/438, 586, 587, 785, 1003; 5/765, 861  
определение 1/121, 139; 2/710, 1090; 3/1058; 4/936  
органические соединения 1/169; 2/547  
ортованадат 1/672; 2/547  
перхлорат 2/547  
получение 1/875; 2/546, 548; 3/89; 4/436; 5/651  
применение 1/331; 2/548, 1242, 1249  
свойства 1/1015; 2/383, 733; 3/949, 955, 957, 958; 4/236, 321, 325, 431, 432, 813  
селениды 4/618  
силикат 2/1226; 4/710  
силицид 3/89; 4/684  
сплавы 5/618  
сульфат 2/547; 3/361  
сульфиды 2/547, 548, 1226, 1227; 4/585  
танталат 4/985  
феррит 5/163  
фосфат 5/281  
фторид 2/371  
хлорид 2/547  
хромит 2/734  
Иттриопироксиды 3/1077  
Иттрипаразит 2/546; 4/434  
Иттрифлюорит 2/546; 5/214, 386  
Ифзанииты 1/281  
ИФК, гербицид 1/1030; 4/429  
Ихтиол 1/1177; 4/101  
Ихтиоиды 2/341, 343; 4/541  
ИЭТ 2/408  
ИЮПАК 3/12, 13, 139, 568, 572, 573  
Иейле модификация 4/720  
Иейске метод 3/188; 4/358  
Йогексол 4/478  
Йогликаминат 4/478, 479  
Йоламид 4/478  
Йодипамид 4/478, 479  
Йодоксомат 4/478, 479  
Йодопиноп 4/478  
Йодпиридон 4/478, 479  
Йокситалямат 4/478  
Йопагомет 4/478, 479  
Йопаамдол 4/478  
Йопанат 4/478, 479  
Йоподат 4/478, 479  
Йопонат 4/478, 479  
Йоталагат 4/477, 478  
Йотроксат 4/478, 479  
Йофендилат 4/478, 479
- ## К
- Кабаяна–Гофмана эффект 5/330  
Кабочинка–Филдса реакция 2/549, 550; 1/252, 253; 5/276, 278  
Кабельные масла 2/363; 3/446  
Кабонды 2/1027; 4/673  
Каванн 3/1075  
Кавендиша весы 1/685  
Кавинитон 3/578; 4/774  
Кавитаты 2/798  
Кавитация  
запас и напор насосов 3/340  
и диспергирование 2/146  
и измельчение 2/356, 357; 4/139  
и кипение 2/762  
и конденсация 2/892  
и коррозия 2/951, 952, 956  
и разрушение сплавов 2/1333  
нифразвуковая 2/491  
ультразвуковая 2/146; 3/145; 5/59–61  
Кадаверин 2/81; 3/619, 620  
Кадетри 3/1041  
Кадниан 4/660  
Кадниены 2/26; 4/659, 660; 5/1004  
Кадно–Ходкевича реакция 2/550, 313, 551; 3/1250; 5/1000  
Кадноны 2/550, 553  
Кадматы 2/556  
Кадмий 2/551; 3/849, 857; 4/431; 5/937  
алюминаты 2/552  
амальгамы 1/222, 223; 3/582, 583; 4/975  
амид 1/231, 232  
амминокомплексы 2/552, 555  
антимонид(ы) 2/554, 552; 1/331  
арсениды 1/384, 385; 2/552  
вольфраматы 1/823  
галогениды 2/554, 478, 551, 555, 1056; 3/90; 4/24, 46, 618, 835, 910, 1023, 1024  
гидрид 2/552  
гидроксид 2/552, 556  
гидроксосоли 2/551, 552  
интерметаллиды 2/295, 481, 483, 1318; 3/348; 4/556; 5/162  
карбонаты 2/178, 551, 552, 555, 637  
нитрат 2/555, 556  
нитрид 2/552  
оксид(ы) 2/556, 551, 555, 557, 767; 3/906, 907, 972, 973; 4/142, 627, 809, 1086; 5/377, 552, 983  
определение 1/336, 348, 408, 553, 615, 739, 989; 2/84, 177, 183, 451, 522, 549, 552, 553, 709, 1057; 3/113, 169, 714, 969, 1036, 1058; 4/936, 1126, 1147; 5/149, 637, 719, 837  
Органические соединения 2/553, 552, 554, 556–558, 747, 871, 1085; 1/1193; 3/713, 906; 4/188, 726, 804, 1140; 5/143, 276, 377  
перхлорат 3/360, 990  
получение 1/529, 552, 553, 869, 1022; 2/84, 87, 552, 553, 557; 3/7, 9, 90, 413, 1001, 1069; 4/561, 591, 820, 974; 5/651, 669, 746, 747, 749, 750, 854, 895, 923  
применение 1/553, 974, 976; 2/51, 321, 552, 801, 949, 994, 997, 1015, 1119, 1124, 1130, 1171, 1243; 3/71, 87; 4/114, 115, 435; 5/487, 488, 749, 917, 920  
свойства 1/551, 552; 2/671, 768, 920, 1181, 1227; 3/96, 97, 255, 949, 955, 957, 958, 1194; 4/152, 349, 750, 751, 813, 1003; 5/16, 856  
селенид(ы) 2/556, 502, 551, 617, 619, 1061; 5/363  
селенометаллаты 2/1123; 4/618  
сплавы 1/214; 2/453, 454, 801, 1124, 1249, 1332; 3/753, 754; 4/532, 594, 601, 809; 5/753, 897  
сульфат(ы) 2/557, 553, 710; 1/974; 3/582, 583; 5/917  
сульфид(ы) 2/557, 77, 220, 222, 551, 553, 558, 709, 1061, 1124, 1226, 1227; 3/1012; 4/109, 111, 112, 118, 502, 503, 506, 547, 910, 911; 5/332  
теллуриат 1/978  
теллурид 2/558, 551, 1061; 3/774; 4/102, 109, 111, 112, 118, 784, 1023; 5/363  
тетрафтороборат 5/400  
титанат 4/1183

- феррит 5/163  
фосфаты 1/1077; 5/249–252  
фосфиды 2/552; 5/257  
халькогениды 1/1015; 3/435, 774  
хлорид(ы) 2/558, 522, 1194, 1203; 3/1145; 4/835, 1005, 1006; 5/16, 449  
хромат 5/631, 632  
цианиды 2/552; 5/703, 837  
Кадмиконы 2/557  
Кадмирование 1/974, 976; 2/321, 552, 1130  
Кадмипон 3/1012  
Кажущиеся параметры  
вязкость 1/728  
плотность 3/1145; 4/131  
Казени 2/559, 799, 802, 996, 999, 1078, 1129, 1176; 1/470, 669, 1135; 3/133, 159, 1126; 4/192, 194, 247, 383, 1170; 5/223, 518, 551, 552, 949, 1036  
Казеллы кислоты 3/382, 386  
Казимира соотношения 4/1068  
Казимира–Пошера уравнение 2/148  
Казоморфины 3/766  
Кайин 5/1041  
Кайнар 3/1139; 5/389, 403  
Кайнит 1/956, 957; 2/498, 559, 560, 562, 1233, 1234, 1251; 4/904  
Какао, масло и жир 2/303; 4/377–380, 383  
Какодил 2/743; 3/572  
Какодиловая кислота 1/1034; 2/53  
Калаверит 2/334; 4/1018  
Каламин 5/746  
Каладирование полимеров 3/144, 436, 1136; 4/7, 8  
Калияна цикл 3/270; 5/347–349  
Каледоны 2/1095  
Калиборит 1/581, 587  
Калийность 1/603  
«Калтон» 5/248  
Калий 2/559, 789; 1/768; 5/54, 55, 936, 937. См. также *Щелочные металлы*  
азид 1/72; 2/560, 561  
алюминаты 1/205, 566, 568; 2/677; 3/357; 4/745  
алюмогидрид 1/220  
амальгамы 2/560, 561  
анид 1/231; 2/106, 248, 497, 560, 561, 568; 2/1139; 3/125, 384; 4/1017; 5/33, 778  
антимонаты 4/943, 944, 948  
антимониды 1/331, 332; 2/560  
арсенаты 1/382, 383, 463; 2/370; 3/777  
арсенид 1/384  
бораты 1/575, 578, 581; 2/566, 568; 3/979, 980; 4/1006; 5/400  
борогидрид 1/591  
бромат 1/425, 541, 613, 614, 616; 2/443; 3/306, 1089; 4/973, 975, 1189  
бромид 2/565, 332, 450, 493, 864; 1/613–616, 950; 3/740, 774; 4/254, 279, 530, 543, 609, 782, 835, 877; 5/453–455  
вавадат 1/671, 672  
всмутиды 2/560  
вольфраматы 1/822; 2/1123  
галогенметаллы 1/951, 985, 986, 1041; 2/535, 536, 562, 572; 3/424, 433, 474, 478, 492, 575, 751, 752, 824, 1069; 4/339, 533, 545; 5/762–765  
гексадианоферраты 2/565, 205, 268, 272, 273, 336, 445, 525, 566, 573, 778, 1224; 1/371, 654, 977, 1208; 3/8, 370, 383, 537, 542, 559, 969, 1011, 1089; 5/656, 703. См. также *Кривые соли*  
германаты 1/1034, 1041; 2/566; 3/1193  
гидрид 1/220, 591; 2/120, 560, 561  
гидроксид 2/566, 18, 94, 213, 560, 561, 568, 569, 571, 572, 597, 751, 769, 770; 1/163, 711, 715, 717, 898, 902, 972, 974, 1067, 1086, 1092, 1096, 1210; 3/304, 306, 413, 433, 492, 522, 524, 527, 546, 559, 560, 562, 686, 691, 693, 698, 708–710, 764, 983, 1080; 4/73–75, 339, 746, 804, 869, 899, 918, 924, 944, 984, 1025, 1102, 1131, 1132, 1149, 1189, 1203, 1205, 1211; 5/12, 56, 96, 97, 130, 132, 369, 553, 642, 802, 845, 901, 917, 922, 999, 1002. См. также *Акцильное число, Щелочи*  
гидросококомплексы 1/1092; 2/566; 3/577  
гидросульфат 4/904, 984, 1178; 5/453  
гидросульфид 4/1138, 1165; 5/584, 796  
гидросульфит 2/566, 568; 4/920, 1149, 1150; 5/182  
гипогалогениты 1/613, 952; 2/862, 1084; 5/130  
«графитированный» 1/1194; 2/477; 4/512  
дихромат 2/566, 183, 204, 205, 381, 443, 450, 455, 460, 561, 567, 701, 731, 995; 1/337, 419, 459, 489, 541, 668, 1093, 1134, 1146; 3/524, 547, 559, 678, 694, 695; 4/899, 1189, 1253; 5/322, 77, 124, 181, 384, 453, 455, 456, 530, 612–616, 630–633, 855  
изополиакрилаты 1/1060  
интерметаллиды 2/560, 570; 3/348  
иодаты 1/592; 2/171, 495, 567, 647, 770; 3/12, 969, 1089, 1270, 1287; 4/563, 975, 1189  
иодид 2/567, 10, 205, 315, 334, 497–499, 568, 1294; 1/338, 340, 497, 615, 915, 945, 950, 1093; 3/142, 239, 240, 433, 740, 795, 847, 978, 1238; 4/159, 279, 334, 399, 544, 545, 550, 686, 835, 975, 976, 1022, 1142, 1176, 1189; 5/126, 195, 196, 659, 955  
как метаболит 1/550; 2/204, 291, 958, 959, 623, 624  
карбид 2/624  
карбонат(ы) 2/568, 89, 224, 560, 561, 566, 567, 569, 571–573, 637, 671, 864, 1085, 1095, 1206, 1247, 1253; 1/342, 1067, 674, 874, 902, 1115; 3/6, 122, 492, 693, 974, 1088; 4/254, 448, 565, 669, 838, 895, 984, 1102, 1131, 1147, 1154, 1178; 5/97, 126, 199, 218, 369, 457, 641, 642, 748, 975  
кобальтаты 2/573, 821, 822, 829  
ксенат 2/1088  
манганат 5/901, 902  
межгалогениды 1/970; 2/567; 3/12  
меркуриды 2/560  
метеоритный 2/963  
молибдаты 3/241  
никелаты 1/569; 3/474, 478  
ниобаты 2/733; 3/489, 492, 495  
нитрат 2/568, 3, 78, 126, 239, 310, 561, 566, 572, 1040, 1050; 1/342, 832, 918, 944; 3/124, 169, 504, 505, 520, 526, 1045; 4/136, 161, 563, 746, 838, 975, 1050; 5/98, 781, 845. См. также *Калийная селитра*  
нитрид 3/509  
нитрит 1/139; 2/16, 80, 566, 568, 569, 821; 3/33, 517, 518, 1102, 1190  
озонид 2/561; 3/658, 971  
оксид 2/568, 12, 525, 560, 561, 569, 664, 670, 672, 677, 800, 1285; 1/1141; 3/775, 971, 973, 974, 996; 4/193, 706–708, 836–838, 1223  
оксометаллаты 2/566  
определение 1/336; 2/521, 561, 562, 710, 825; 4/396; 4/627, 628; 5/335  
органические соединения 1/167, 192, 252, 290, 291, 494, 495, 569, 602, 650, 717, 726, 1000, 1094, 1110, 1148; 2/14, 18, 120, 177, 213, 248, 311, 314, 456, 560–562, 566, 567, 573, 644, 645, 770, 930, 985, 986, 1025, 1085, 1086, 1101, 1147, 1204, 1288, 1319, 1321, 1331; 3/6, 38, 63, 135, 182, 256, 302, 350, 529, 580, 693, 767, 813, 831, 876, 978, 1088; 4/172, 206, 284, 343, 491, 608, 726, 768; 5/53, 57, 114, 125, 165, 262, 278, 456, 580, 606, 659, 702, 749, 785, 792, 795  
осматы 2/1232; 3/824, 825  
перманганат 2/569, 9, 19, 88, 129, 255, 279, 360, 443, 450, 544, 598, 618, 646, 711, 745, 768, 915, 995, 1001, 1084, 1218, 1218, 1294; 1/265, 271, 432, 452, 455, 529, 639, 659, 668, 675, 681, 720, 726, 727, 1093, 1134, 1141, 1146; 3/59, 245, 279, 371–373, 377, 439, 487, 517, 547, 552, 559, 662, 678, 699, 713, 739, 969, 1018, 1019; 4/128, 147, 175, 271, 563, 581, 633, 700, 804, 868, 899, 900, 912, 913, 915, 922, 924, 934, 943, 944, 973, 975, 1019, 1094, 1101, 1102, 1122, 1128, 1145, 1152, 1162, 1164, 1174, 1191, 1201, 1204, 1251; 5/6, 7, 21, 22, 77, 93, 115, 144, 181, 376, 384, 453, 455, 759, 778, 803, 901, 902, 922, 1058  
пероксидкарбонат 2/569; 3/974  
пероксосольват 3/971  
перокосульфаты 2/569, 570; 1/629, 630, 1227; 3/693, 695; 5/142, 446  
персульфат 1/629; 2/564, 569, 1112; 3/284, 1089; 4/907; 5/132, 942, 950, 951  
перхлорат 1/832; 2/25, 310, 572; 3/374, 392, 576, 986–988, 990, 991; 4/668, 1006, 1254; 5/124  
пиросульфат 4/904, 973; 5/571  
пиросульфит 4/920, 921; 5/182  
платинаты 1/950; 2/562, 926, 930; 3/1131; 4/482, 626  
политионат 4/45  
получение 1/1022; 2/561, 1233; 3/90, 413, 751; 4/820; 5/655, 922, 923, 926, 954  
применение 2/181, 562; 3/171–173; 5/920. См. также *Калийные продукты*  
ренат 4/466  
рутенаты 4/563, 564  
свойства 1/411, 527, 552, 869, 974, 1015, 1018; 2/255, 272, 282, 505, 523, 560, 561, 631, 667, 767, 967, 1112, 1148, 1174, 1181; 3/142, 169, 239, 240, 583, 606, 955, 957, 958, 1093; 4/152, 327, 337, 349, 350, 556, 639, 746, 813, 836, 848, 972, 1154, 1222; 5/6, 16, 44, 277, 890  
селенат 4/616  
селениды 2/560; 4/614, 617; 5/363  
селенит 4/616  
силикаты 1/871, 976; 2/566, 568, 801, 821, 1008; 3/1191–1193; 4/673–675, 678–680, 685, 723, 724; 5/407, 408, 681, 762  
силициды 4/684  
соли 1/1097  
– Бломстранда 2/573  
– «бурая» 4/564  
– Цейзе 2/930; 3/1130  
сплавы 1/618; 2/561, 562; 5/897, 898  
станинаты 3/751, 752  
сульфат(ы) 2/570, 498, 561–563, 565–567, 569, 570, 672, 731, 1048, 1108, 1233, 1251; 1/195, 956, 972; 3/111, 172, 361, 492, 520, 564, 577, 872, 1133; 4/358, 532, 650, 657, 744, 745, 904, 1006, 1165, 1178; 5/98, 378, 453, 619  
сульфиды 2/570, 94, 173–175, 177, 213, 560, 561, 566, 571; 3/663; 4/555, 949, 950, 1149, 1150, 1155, 1165  
сульфиты 4/920, 921, 1149; 5/182, 532, 702  
танталаты 2/873; 3/1069; 4/974, 981, 983, 985  
теллурид 2/560  
технетаты 4/1112  
тиосульфат 4/1149–1151  
тиоцианат 4/1164, 1165; 5/77, 452, 702  
титанаты 4/1175, 1183  
тораты 4/1219, 1220  
уранаты 5/83  
фосфаты 2/571, 25, 370, 560, 571, 572, 1064, 1072; 1/783, 902, 1110; 3/135, 172, 256, 577, 583, 777, 974; 4/284, 608, 699; 5/247, 249–252, 903  
фосфиды 1/1120; 2/572; 5/257  
фторид 2/572, 566, 769, 1226, 1245; 1/337, 993, 1114; 3/90, 124, 125, 307, 478, 577, 938, 974, 981; 4/67, 285, 388, 981, 1112; 5/12, 388, 392, 393, 854, 903, 954  
хлорат 1/944; 2/239, 443, 467, 572, 768, 1084; 3/576, 993; 4/158, 632, 668. См. также *Бертранова соль*  
хлорид 2/572, 194, 199, 267, 492, 498, 530, 560–563, 565–568, 570, 571, 672, 731, 812, 864, 870, 1040, 1062, 1078, 1202, 1233–1235; 1/611, 849, 949, 951, 956, 972, 1098, 1130, 1215, 1246, 1251; 3/4, 134, 165, 172, 256, 349, 434, 474, 478, 492, 520, 564, 648, 774, 776, 863, 1092, 1220; 4/161, 353, 358, 745, 746, 782, 835, 875, 904, 975, 981, 983, 1106, 1174; 5/98, 205, 207, 323, 551–553, 563, 576, 580, 676, 678, 706, 843, 844, 860, 915, 916, 926, 954  
хромат 1/362; 2/443, 1001, 1079; 4/594, 975; 5/630–633  
цианат(ы) 2/572, 413, 573; 1/736; 3/244, 279, 487, 734; 4/640; 5/125, 699, 701, 702  
цианид(ы) 2/573, 41, 330, 331, 374, 497, 567, 711, 778, 822, 1275; 1/112, 117, 362, 487, 497, 974, 976, 1093; 3/25, 26, 64, 91, 207, 281, 475, 487, 492, 516, 553, 700; 4/59, 341, 500, 532, 595, 614, 639, 640, 686, 696, 745, 899, 1109, 1165, 1204, 1267; 5/77, 80, 182, 699–703, 708, 750, 975  
цианурат(ы) 2/567, 19, 333, 335, 572; 1/974, 976  
цирконаты 2/572; 3/1069  
этиксантогенат 2/573  
Калий-аргоновый метод 2/562  
Калийные (кальевые) продукты  
жидкое стекло 2/1319; 4/673, 834, 835  
мыла 2/18; 3/301–304  
полевые шпаты 2/559; 3/1191–1193  
селитра 1/92; 2/562; 3/505; 4/621. См. также *Калий, нитрат*  
слодка 2/559  
соли 1/957, 972, 1174, 1175; 2/562, 563, 570, 870; 3/172, 635; 5/207, 208  
удобрения 2/562, 563, 572, 869, 870; 3/172, 863; 5/54, 55  
Каликсарены 5/744  
Калийные параметры бензинов 1/500  
Калимагнезия 2/562, 563, 1233

- Калиспол 4/812  
Калистерол 5/731  
Калистрон 3/1139  
Калифорний 2/563, 564, 565, 1214;  
1/131, 132; 3/403, 488, 957; 4/431;  
5/160, 802  
Калле кислота 3/382  
Калилидин 2/759, 760  
Каликреин 2/760  
Каллусная ткань 4/1243  
Каломель 1/338, 950; 2/336; 3/1046,  
1079; 4/84, 188, 543, 544, 554; 5/843  
электроды 1/808; 3/134, 135; 5/841-  
844  
Калориметрия 2/573, 220, 293, 447,  
574-577, 1037, 1085, 1086; 5/465,  
466, 860, 954-956  
Калориферы 4/954, 955, 959, 962  
Калорическое уравнение состояния  
1/762; 5/69  
Калрез 5/397  
Кальвина цикл, см. *Кальвина цикл*  
Кальмаллон 2/1243  
Кальмодулин 2/577, 578  
Кальций 2/1217  
Кальцекс 1/990  
Кальциборит 2/583  
Кальциевые воды 2/282, 283; 3/170  
Кальциевые продукты. См. также *Из-  
вестия, Кальцит, Мел, Мрамор*  
известь 2/349, 350. См. также *Каль-  
ций, гидроксид*  
крои 2/1079  
мыла 3/301, 303, 717, 1125, 1167,  
1168  
полевые шпаты 3/1191-1193  
селитра 1/102; 2/290; 3/172, 173;  
4/621. См. также *Кальций, нитрат*  
смазки 3/1125  
сода, см. *Кальцинированная сода*  
стекла 4/835  
Кальциметрия 3/88, 90, 91, 410;  
4/712, 1220; 5/656, 762  
Кальций 2/578, 789; 1/768, 769; 3/170,  
849; 5/54, 936, 937. См. также *Ще-  
лочноеземельные металлы*  
азид 1/72  
алюминаты 2/582, 350; 1/206, 870;  
5/670-672  
алюмогидрид 1/220  
амальгамы 3/552  
амид 1/231; 2/579, 666; 5/145  
аммиакат 2/579  
антимониды 1/331  
арсенат 1/383; 2/474; 4/593  
аурат 2/335  
бораты 2/582, 581, 583, 584, 587;  
3/979; 4/673  
борид 1/583-585; 2/579; 3/76  
бромат 3/1089  
бромид 1/898; 2/583-585; 3/354;  
4/745  
ванадаты 1/671, 672, 675  
вольфраматы 2/583, 263, 1225, 1227;  
1/813, 822, 823; 3/240, 774  
галогениды 2/583, 579, 584, 585  
германаты 1/1035  
гидриды 1/965, 1079; 2/579, 585,  
1154; 3/91, 1069; 4/980, 1173,  
1174  
гидроксид 1/715, 773, 900, 1093,  
1210; 2/350, 436, 565, 579, 583,  
585-588, 591, 637, 733, 752, 835,  
1202, 1206, 1211; 3/121, 355, 356,  
378, 524, 690, 708, 859, 877, 916;  
4/188, 202, 207, 746, 804; 5/12, 45,  
375, 417, 568, 671. См. также *Из-  
весть*  
гидросульфит 4/920, 921  
гипохлорит 2/585, 9, 10, 18; 1/770,  
1121, 1122; 3/355, 983; 5/554, 585  
гранаты 1/1035  
интерметаллиды 1/1081, 1082;  
2/481, 484  
нодат 2/494, 580; 3/1089  
иодид 2/583-585  
как метаболит 1/483, 484, 550, 746;  
2/577, 578, 582; 3/177, 178, 623,  
624, 883  
карбид 2/585, 349, 561, 579, 587,  
591, 624, 625, 840, 1235; 1/430,  
431; 3/698, 1000; 4/967; 5/45  
карбонат(ы) 2/586, 158, 256, 282,  
348-350, 566, 578, 579, 582, 583,  
586, 588, 591, 637, 639, 671, 733,  
869, 995, 1202, 1206, 1233, 1234,  
1251; 1/333, 467, 769, 771, 848,  
853, 870, 871, 880, 900, 1049, 1141,  
1182; 3/121, 276, 360, 564, 624,  
646, 699, 774, 907, 993, 1001, 1013,  
1089; 4/24, 209, 352, 434, 538, 621,  
685, 746, 952, 1204; 5/44, 45, 503,  
669, 671, 701, 903  
метеоритный 2/963  
молибдаты 2/580; 3/241, 242, 244  
ниобаты 3/489  
нитрат 2/586, 126, 869; 1/102, 847;  
3/172, 173, 505, 564; 5/610  
нитриды 1/1080; 2/579; 3/509  
нитрит 3/357, 517  
оксид(ы) 2/586, 158, 200, 348-350,  
579, 582-585, 587, 664, 666, 734,  
770, 783, 800, 1061, 1147, 1202,  
1285; 1/460, 461, 771, 870, 1056,  
1093, 1141, 1182; 3/334, 695, 698,  
699, 775, 868, 906, 971, 972, 974,  
994, 1055; 3/26, 88, 90, 91, 115,  
135, 252, 662, 1114; 4/42, 193,  
585-587, 592, 706-708, 746, 1006,  
1055, 1174; 5/503, 552, 559, 665,  
669, 670, 786, 861  
определение 1/121, 336, 380, 381;  
2/451, 580, 710, 870, 974, 1090,  
1104, 1217, 1218; 3/113, 124, 290,  
690, 969; 4/833, 936; 5/274, 335,  
873  
органические соединения 2/580,  
103, 213, 330, 580, 581, 587, 602,  
603, 799, 900, 971, 986; 1/46, 192,  
280, 322, 338, 645, 726, 1094, 1152,  
1182; 3/48, 81, 277, 285, 315, 378,  
876, 897, 906, 992, 1013, 1015,  
1016, 1059; 4/85, 165, 171-173,  
439, 726, 833, 929, 1062, 1151,  
1191, 1246; 5/137, 143, 903  
осмиат 4/1062  
перманганат 2/1277  
перовскиты 3/969, 970  
пероксозамещенные 3/979  
перхлорат 3/987, 988  
получение 2/87, 579, 580, 1295;  
3/88-90, 439, 1069; 4/396; 5/925,  
926  
применение 2/521, 580, 1227;  
4/1007; 5/920. См. также *Кальци-  
евые продукты*  
роль в цветовом зрении 4/538  
свойства 1/460, 735, 832, 833, 875,  
1015, 1018, 1157; 2/282, 283, 578-  
580, 640, 670, 671, 1146, 1154,  
1181, 1251; 3/88, 90, 91, 97, 169,  
424, 425, 955, 957, 958, 1069,  
1093; 4/99, 331, 435, 593, 594, 773,  
813, 916, 1109, 1174, 1178; 5/24,  
77, 796, 797  
селенид 2/579  
силикаты 2/587, 350, 370, 588, 801,  
1226; 1/337, 813, 870, 902, 1110;  
3/1191-1193; 4/674-679, 710,  
746; 5/669-672, 681  
силициды 2/579; 3/1153; 4/685  
сплавы 2/257, 579, 580, 1147; 3/88;  
4/594, 1057  
сульфат(ы) 2/588, 349, 560, 570, 580,  
582, 589, 732, 784, 869, 1233,  
1251; 1/333, 578, 853, 869, 870,  
880, 900, 956, 1078, 1123; 3/165,  
360, 474, 560, 564, 863, 1089; 4/92,  
188, 630, 796, 904, 941; 5/301, 302,  
674, 946. См. также *Алебастр,  
Гипс*  
сульфиды 2/579, 589, 962, 1226,  
1227; 4/555, 910, 911, 1149; 5/416  
сульфит 1/900; 2/1174; 4/920, 921  
танталат 4/984  
теллурид 2/579  
тиосульфат 4/1149  
титанаты 2/222, 1055; 3/969, 970;  
4/284, 491, 1172, 1183, 1184  
уранаты 5/83  
ферраты 1/870; 2/350, 565; 5/670-  
672  
ферриты 2/734; 3/1012; 5/163  
фосфаты 2/589, 349, 367, 564, 587,  
590, 819, 869, 870, 937, 1225, 1226,  
1233; 3/623, 624; 4/22, 165, 166,  
393, 941; 5/247, 248, 250-252,  
264, 281, 297  
фосфиниды 2/579; 5/258, 307  
фторид(ы) 2/590, 220, 371, 479, 510,  
578, 784, 1006, 1056; 1/281, 467,  
578; 3/88, 90, 165, 307, 662, 774,  
1055, 1145; 4/188, 434, 685, 782,  
835, 893, 939, 940, 1022; 5/388,  
391, 393  
хлорат 2/53, 585; 5/560  
хлорид(ы) 1/339, 342, 343, 898, 912,  
949, 951, 1079; 2/38, 53, 579, 583-  
586, 589, 591, 752, 783, 808, 819,  
971, 1062, 1078, 1162, 1298;  
3/349, 608, 609, 631, 662, 696, 697,  
877, 1000, 1013, 1019, 1209, 1217;  
4/60, 372, 601, 685, 726, 746, 967,  
1050, 1056, 1174, 1243, 1256;  
5/285, 552, 563, 568, 593, 655, 926,  
955, 996, 1037  
хроматы 2/1079; 5/630-633  
цианамид 2/590, 498, 585, 591, 870;  
4/1141; 5/264, 416, 701, 702, 706  
цианид 1/93; 2/53; 3/252, 370;  
5/702  
циркonnаты 5/761, 762  
Кальций-гидридные методы анализа  
1/109  
Кальцимин 2/522, 523  
Кальциниация 3/1000; 4/321  
Кальцинированная сода 2/348; 3/303,  
304, 856, 863, 1000, 1001, 1068. См.  
также *Натрий, карбонат*  
Кальцинирующий обжиг 3/1068  
Кальцион ИРЕА 2/451  
Кальциооливин 2/587, 588  
Кальциоталькит 4/977  
Кальципарии 1/330  
Кальцит 2/330, 349, 578, 586, 636, 637,  
639, 1064; 3/164, 166, 276, 774, 992;  
4/24; 5/44, 298  
Кальцитонин 2/581, 582; 1/1171  
Кальциферолы, см. *Витамин D*  
Кальцихром 2/451  
Камберлендский графит 1/1190  
Камеди 2/799, 1113; 3/159, 896, 1088;  
5/92  
Камениая соль 1/956, 957; 3/347, 369,  
774; 5/551. См. также *Натрий, хло-  
рид*  
Камеиноугольные продукты 2/597  
деготь 2/591  
зола 2/348  
кокс 2/838, 839; 5/50; 5/39, 43  
масла 2/594, 593, 595-597, 846;  
3/895  
лек 3/894, 895; 5/47, 49, 50  
смола 2/591, 371, 398, 407, 440, 456,  
592-594, 597, 606, 618, 842, 845-  
847, 858, 1215; 1/112; 3/117, 372,  
894, 895, 1045, 1079, 1080, 1179,  
1180; 4/194, 494, 634, 702, 869;  
5/117, 212, 213, 608, 837  
Камеинные угли 2/596, 597; 1/565,  
1085-1088, 1190; 3/457, 1193; 5/42,  
43, 135  
гидрогенизация 1/1085-1089; 2/596,  
665, 670; 4/194, 526, 701-705  
коксование 2/591, 838, 840-843,  
845-847; 3/1054  
полуккоксование 2/964, 965; 3/1054;  
4/100  
Камерные устройства  
безжелезные 4/333, 334  
вакуум-фильтры 3/637  
Вильсона 2/320, 505  
воздухоэквивалентные 2/220  
изоэнтальпийные 2/220, 1315, 1316;  
4/329  
каплеуловители 2/613  
коковые 2/841-843  
мембранные 3/43, 44  
печные, см. *Печи*  
пневмотекстурирующие 4/1015  
пылесадительные 1/898, 1105;  
4/282, 283  
радиотерметрические 4/333, 334  
сушилки 4/959, 962  
технеэквивалентные 2/220  
фильтры 5/190  
флотационные машины 5/209  
экстракторы 5/822  
Камле реакция 1/316  
Камлетта(Камле)-Тафта уравнение  
4/751  
Камни  
винный 1/726; 3/785  
драгоценные, см. *Драгоценные кам-  
ни*  
естественные, механические свой-  
ства 3/145  
мыльный 4/977, 978  
оловянный 3/753, 756  
подолочные 3/1193  
«рвотный» 4/943  
Слокума 2/222, 223  
тяжелый, см. *Вольфрам*  
цементный 5/670, 672  
Камфораты 4/561  
Камфан 2/597; 5/719  
Камфановая кислота 2/600  
Камфан-2-олы 1/585, 586  
Камфан-2-сульфокислота 2/600  
Камфара 2/600, 601  
Камфароная кислота 2/600  
Камфен 2/597, 283, 598-601; 1/585,  
586, 660; 3/293, 1027; 4/576, 714,  
1090, 1092, 1093; 5/438, 1004, 1005  
Камфеиловые кислоты и алдегиды  
2/598  
Камфеинилон 2/598  
Камфеиновая кислота 2/598  
Камфеиновые перегруппировки 2/598,  
599, 600; 1/659; 3/580, 581; 4/1092  
Камфеиловая кислота 2/600  
α-Камфилольная кислота 1/660  
Камфора 2/600, 344, 597, 598, 600,  
601, 747, 1165; 1/291, 292, 425, 585,  
660; 3/580, 658, 1027, 1117; 4/135,  
390, 394, 605, 715, 893, 1092; 5/147,  
438, 746, 957, 1001, 1004, 1005. См.  
также *Цедрул*  
Камфорная кислота 2/598, 600; 5/130  
Камфорное масло 4/1094; 5/130  
Камфорный спирт 2/601  
(+) - Камфорсульфокислота 1/415  
Кана-Итгольда-Прелогла номенклату-  
ра 3/263, 265  
Канаваин А 2/988  
Канадские продукты  
бальзам 1/454  
графит 1/1190  
Канамциин 1/246, 321; 4/241  
Канатные смазки 2/601; 3/1125-1127  
Канациин 2/972  
Канделильский воск 1/827  
Канекалон 3/192  
Канестен 4/228, 229  
Канифоль 2/602, 225, 226, 284, 312,  
377, 603, 808, 826, 1165; 3/114, 1013,

- 1116, 1139; 4/444, 445, 669, 739, 741, 742, 977, 1089; 5/134, 572  
аддукты 2/1297  
гидрированная 2/1001  
как компонент восстановительных составов 1/832  
— — клеов 2/602, 802, 808, 990; 4/444  
— — масляных красок 2/1296  
— — мастик 2/1320  
— — мыла 2/602, 603; 3/302; 5/571  
как модификатор смол 1/153, 157, 563; 4/445  
как наполнитель 1/630  
как репеллент 4/495  
эфиры 1/1208; 2/602, 2/602, 1001
- Капнон 4/134  
Канинигема-Миллнкена поправка 4/282  
Канишиаро реакция 2/603, 104, 604, 647, 742, 1270; 1/197, 487, 534, 680, 1079, 1163; 4/804, 1191; 5/222, 434, 792  
Канонические соединения (состояния) ансамбли Гиббса 4/823–825, 827, 829, 1029, 1073; 5/500  
орбитали 3/233, 234  
основания пиримидиновые 3/1051, 1052  
— пурновые 4/275–277  
Кантасаксин 2/656, 657, 972  
Кантаридин 5/1044, 1045  
Канцелярский клей 2/802  
Канцерогенные вещества 2/604, 605, 606; 1/490, 520, 745; 3/152, 154, 293, 294, 296, 526, 533, 536, 850, 854; 4/517; 5/109, 608, 633  
Каолин 2/606, 355, 356, 377, 733, 868, 1296, 1320; 1/621, 634, 636, 646; 3/122, 146, 284, 328, 646, 869, 992, 993, 1012, 1114; 4/92, 443, 838; 5/112, 113, 134, 143, 674  
Каолинит 1/217, 1141; 2/606; 4/678, 724  
Каоний 1/787  
Каофильм 3/1139  
Капающие электроды 1/808, 809; 4/127, 128; 5/842  
Капели 4/184  
Капельный анализ 2/606, 553, 607, 711; 1/542; 3/161, 431; 5/114, 284  
Капиллярные методы анализа вискозиметрия 1/728, 729; 3/1123  
вольтамперометрия 1/808, 809  
дефектоскопия 2/50  
полярография 1/127, 128  
хроматография 2/608, 294, 609–611, 1172; 3/817, 818, 1067; 5/620, 621, 628  
электрофорез 5/865  
Капиллярные явления (процессы) 2/611, 155, 339, 612, 613, 859, 860; 3/1172; 4/132, 954  
в анализе, см. Капиллярные методы анализа  
волны 3/1174  
гистерезис 2/607  
давление 2/611, 612; 3/1170, 1171, 1174  
и поверхностная активность 3/1159  
— — электронасыщенность, см. Электрокапиллярные явления  
— — энергия 3/1161, 1162  
и самораспространяющийся высоко-температурный синтез 4/575  
и смачивание 2/607; 4/729, 730  
конденсация 2/607, 608, 612, 890, 892; 1/57, 58; 3/1173; 4/131, 132, 770  
контракция 2/608  
осмос, см. Электроповерхностные явления  
пронитка 2/612, 613
- Капилляроукрепляющее действие 5/203. См. также Биодифаконоиды  
Капицы цикл 5/602, 603  
Каплеулавливание 2/613, 614; 1/898–900; 3/855; 5/24, 25. См. также Капли  
Капли  
в анализе, см. Капельный анализ  
в градирах 1/1183  
взвешивание, метод 3/1171  
вращающиеся, метод 3/1171  
«газовые» в критической области 2/1073  
глазные 5/754, 774  
изотермическая перегонка 3/1172  
как сферические зародыши 2/317  
коацервация 2/818, 819  
сидящие, метод 3/1171  
слияние, см. Коалесценция  
стационарные, метод 5/845  
удаление из потоков, см. Каплеулавливание  
«электродные» 1/808, 809; 4/127, 128  
эмульсий 5/948, 949  
Капреомини 1-А 3/924, 926, 927  
Каприловая кислота 1/863, 864; 2/15, 643, 644; 3/725, 727, 728; 4/378  
Каприн 3/582  
Каприновые соединения альдегид 2/27  
кислота 1/863, 864; 3/118; 4/378  
эфиры 2/27  
Капрозоли 1/304; 2/981; 3/547  
Капролактан 2/615, 369, 406, 616, 809, 1041, 1137, 1138; 1/46, 252, 253, 258, 306, 469, 510, 990; 3/257, 324, 518, 533, 557, 703, 1144, 1208, 1251; 4/648, 1202; 5/133, 137, 236, 358, 724  
Капролактоны 2/1142, 1298; 4/54; 5/724  
Капролон 3/1250, 1251  
Капрон 1/807; 2/369, 615; 3/437, 1201, 1202, 1205–1208, 1210, 1250, 1251; 4/93, 893, 1015  
Капроновая кислота 2/616, 226, 643, 644; 1/610, 863, 864; 4/378  
Капсаинин 2/616, 617; 4/495  
Капсулирование 2/617; 3/144, 712  
и радиационная полимеризация 4/289  
как метод формирования пластмасс 4/10  
микролоз, см. Микрокапсулирование  
Капсони-воспламенители (детонаторы) 2/47, 467; 3/972; 4/603, 668, 1111  
Каптакс 1/306, 527; 3/61, 62, 1115; 5/993  
Каптан 1/337; 3/653; 5/417  
Каптафол 5/417  
Каптон 2/1274; 3/1139, 1248; 5/22  
Калтоприл 1/1120  
Каптон 4/1082–1084  
Карамелизация 4/581  
Каратан 1/107; 2/1080  
Каратеодорн аксономатика 4/1028  
Караша реакция 5/93, 94  
эффект 1/1084  
Караша-Гриньяра реакция 5/93, 94  
Карбабораны, см. Карбораны  
Карбазол 2/617, 591, 594, 595, 618, 619, 846, 964, 1228; 1/78, 356; 3/456; 4/73–75; 5/93, 144  
N-Карбазолимагнийгалогениды 2/618  
Карбазол-9-карбоновая кислота 2/618  
Карбазолсульфокислоты 2/618  
Карбакатионы, см. Карбакатионы  
Карбальдегид 2/960; 3/573  
Карбамазепин 4/240  
Карбамазин 4/225, 226
- Карбаты 1/106, 435, 1029, 1030; 2/325, 473–475, 620; 5/87, 88  
Карбамид 1/102, 103, 467, 1071; 2/34, 290, 363, 619, 620, 806, 869, 870, 1043; 3/171, 172, 280, 281, 347; 5/52. См. также Мочевина  
Карбамидные смолы 3/281, 282, 743, 1264, 1265. См. также Мочевинно-формальдегидные смолы  
Карбамидформ 2/619  
Карбамидо-формальдегидные соединения пенопласты 2/619, 620; 1/262; 3/282, 902  
смолы 2/1228; 3/281, 282, 839. См. также Мочевинно-формальдегидные смолы  
удобрение 2/619; 1/103; 3/172  
Карбаминовая кислота 2/620, 402, 406; 1/265, 1179; 5/52, 668, 975, 978  
амид, см. Карбамид, Мочевина  
гидразид, см. Семикарбазид  
интрил, см. Цианамид  
соли, см. Карбаты  
хлорангидрид 2/404, 620  
эфиры, см. Уретаны  
Карбамоил 2/374; 3/573; 5/536. См. также Карбамоилирование  
Карбамоиланилиды 3/1015  
N-Карбамоилпарагидроксиновая кислота 3/812, 813; 4/1241  
Карбамоилгидразин 4/621  
Карбамоил-5H-дибензо[b,f]азепин 4/240  
Карбамоилирование 2/474, 475, 620  
1-Карбамоилметил-2-пирролидон 3/1039  
Карбамоил-N-нитрозаминны 2/74  
8-Карбамоилоксиметил-5-метил-1, 1a,2,8,8a,8b-гексагидроазирино[2', 3':3,4]пирроло[1,2-a]индол-4,7-дион 3/178,179  
2,2-бис-(Карбамоилоксиметил)пентан 3/61  
Карбамоилоксимы 1/106  
1,3-бис-(Карбамоилтио)-2-N,N-диметиламинопропан 5/1046  
Карбамоилтрансферазы 4/1241  
Карбамоилфосфат 3/810–812; 4/1241  
Карбамоилфосфат: L-аспаргат карбамоилтрансферазы 1/396  
Карбамоилфосфат-синтезаза 3/810  
Карбамоилхлориды 4/1131; 5/239  
Карбамол 3/284  
Карбамол 2/620, 314, 511, 621, 751, 777, 830, 945, 970; 1/509, 510, 1057, 1060, 1116; 3/72, 80, 81, 180, 529, 555, 788, 792, 832, 939; 4/176, 244, 343, 344, 415, 500, 751, 905, 912, 1167; 5/6, 311, 373, 606, 654, 709, 793, 904, 939, 1060  
Карбапенамы 2/1134–1136  
Карбарил 2/473; 3/115  
Карбатин 3/405, 826  
Карбатылы 4/731  
Карбахалин 5/593  
Карбендазин 4/247; 5/418  
Карбендиазин 4/225, 226  
Карбейи-ноны 2/33, 627, 628, 697, 698, 970, 971, 1294; 3/33; 4/1135. См. также Карбакатионы  
Карбенилцилин 2/1134  
Карбены 2/622, 10, 69, 71, 74, 130, 179, 182, 282, 372, 410, 411, 478, 623, 935, 1034, 1185, 1251, 1276; 1/143, 398, 509, 564, 565, 633, 658, 758, 1158; 3/78, 91, 288, 317, 350, 734, 739, 1045; 4/415, 416, 554, 798, 976; 5/60, 259, 264, 442, 443, 580, 725, 731, 733, 740, 783, 938  
азотистые аналоги, см. Нитрены  
комплексные переходных металлов 2/621, 274, 276, 277, 338, 374, 622, 623, 626, 674, 874, 1288, 1289;
- 1/824; 3/103, 104, 251, 876, 1130; 4/468, 986; 5/634  
Карбидни 3/398  
Карбидные материалы волокна 2/878–880; 3/329, 417  
графитовые 1/1190  
известь 2/348  
керамика 2/734, 736, 737, 903  
огнеупоры 3/649, 650  
радиопоглощающие 4/333  
Карбидопа 4/237  
Карбиды 2/623, 624, 625, 1153, 1234; 1/1164, 1190–1192, 1196; 3/165, 166, 509; 4/142, 482, 575; 5/43, 264, 703, 704. См. также Карбидные материалы, индивидуальные химические элементы бора, см. Бор  
водородное охрупчивание 2/952  
как легирующие добавки 4/1009, 1010  
пеннистые 4/1041  
вольфрама, см. Вольфрам  
геля-микросферы 2/340  
и происхождение нефти 3/457  
как катализаторы 2/671  
как фазы внедрения 2/249, 250; 3/75, 76  
кальция, см. Кальций  
кластерное состояние 2/796  
кремния, см. Кремний  
метеоритные 2/962  
номенклатура 3/575  
напыление 3/334  
специальные 2/256  
сталей 2/260, 261, 485  
титана, см. Титан  
тушение 3/648  
Карбиламины, см. Изонитрилы  
Карбильсульфат 4/905, 906  
Карбин 1/1030; 2/15; 3/419, 1249, 1250; 4/23; 5/43, 413, 936  
комплексы переходных металлов 2/625, 621, 622, 626, 627; 1/824; 3/104; 5/634  
Карбинол 3/118–120. См. также Метилловый спирт  
соединения 1/367; 2/1082; 3/131  
Карбитолы 2/627, 994; 5/991, 1007  
Карбкатионы 2/627, 16, 17, 128–130, 313, 598–600, 628, 629, 645, 887, 888, 945, 983; 1/1057, 1060, 1077; 3/333, 408, 580, 602, 603, 788, 936, 938, 1023–1025; 4/170, 415, 525, 562, 741, 802, 897, 912, 914, 937, 1098, 1125, 1190, 1227; 5/5, 7, 8, 20, 277, 278, 642, 939. См. также Карбейи-ионы, Карбоксий-ионы, Карбоний-катионы  
Карбоаммофоска 2/869  
Карбоангидрида 1/341, 1008  
N-Карбобензоксиминокислоты 3/929  
Карбовакс 4/84  
Карбогидразидин 5/219  
Карбогидразы 1/1126  
Карбодимиды 2/629, 185, 404, 601, 630, 699; 3/932–934; 4/54, 816, 1000; 5/244, 260, 276, 280, 295, 737  
ДЦК, см. Дициклогексилкарбодимид  
Карбодифосфораты 2/630, 631  
Карбодокс 4/232, 233  
Карбонды 1/398, 565; 2/1251, 1276; 4/1058  
Карбоканин 3/68  
Карбокатионы, см. Карбакатионы  
Карбоксамид 3/573  
1-Карбоксиадамантил 1/34  
Карбоксиамиды 2/475  
Карбоксиамидогидролазы 2/695  
N-Карбоксиаминокислоты, ангидриды 1/252; 3/1209  
N-Карбоксантрацилиновая кислота 1/952

- Карбоксиантрахинонсульфокислоты 1/350
- о-Карбоксибензоилмуравьиная кислота 4/1101
- 2-(N-о-Карбоксибензоилсульфонил)-амидоглазол 4/1118
- о-Карбоксибензолферроцен 5/166
- п-Карбоксибензолсульфамид 4/1204
- Карбоксибензолсульфокислоты 3/693; 5/558
- Карбоксибензины 3/1167
- 3-(4-Карбоксибутил)-1,2-дитиоанол 2/1192
- у-Карбоксиглутаминовая кислота 1/749; 3/200; 4/249
- Карбоксигруппа, см. *Карбоксильная группа*
- Карбоксид 4/495
- 3-Карбокси-3Н-диазирин 2/69
- Карбоксилата витамина К-зависимая 3/200
- Карбоксилаты 2/108; 3/699; 4/1058
- Карбоксилатные каучуки 2/631, 804, 999, 1150; 3/70; 5/134
- Карбокси-лазы 2/1168, 1169
- Карбоксилрование 2/632, 95, 213, 633, 647, 648, 824; 1/555, 556, 749, 751, 956; 3/347, 557, 615, 616; 4/569, 1201, 1251; 5/701. См. также *Гидрокарбонилрование*, *Карбоксиация*, *Углерода диоксид*, *Фотосинтез* восстановительное 2/633 по Кольбе-Шмитту 2/632, 863, 864; 5/142 по Коху-Хаафу 2/633; 3/289 по Марасе 2/864 ферментативное 2/633, 970
- Карбоксилсодержащие каучуки 2/631, 632
- Карбоксилтрансферазы 4/1241
- Карбоксильная группа 2/28, 29, 325, 326, 632, 633, 643-648, 770; 3/377, 569, 573, 931; 4/394, 1000; 5/424, 493
- [(Карбоксиметиламино)бис-(этилендинитрило)]тетрауксусная кислота 2/213
- 5-Карбоксиметилурацил 3/1051
- Карбоксиметилхитозан 5/547
- Карбоксиметилцеллюлоза 2/633, 634, 799, 1097, 1319; 1/19, 109, 570, 621, 956; 3/159, 993, 1168; 4/38, 247, 505, 700; 5/208, 457, 584, 661, 664, 667, 668
- 3-Карбокси-цис, цис-муонат-циклономераза 2/365
- 3-Карбокси-цис, цис-муононовая кислота 2/365
- 4-Карбоксимуконлактон 2/365
- Карбоксин 4/247; 5/418, 419
- Карбоксипептидазы 2/634, 433, 635, 695; 1/472, 476, 481, 482, 1097, 1098; 3/199; 4/194, 216
- Карбоксипиридеридины 3/619, 620
- Карбоксипирроллины 3/619, 620
- Карбоксисафалекс 1/570
- Карбокситриметилсилоксиподиметилсилоксаны 5/951
- бис-(3-Карбокси-2,4,6-триоданилнд)-метилпроксиаминовая соль 4/478, 479
- бис-(3-Карбокси-2,4,6-триоданилнд)-2,2'-оксидиуксусная кислота 4/478, 479
- 1-(2-Карбоксифениламино)антрахинон 4/18
- бис-(2-Карбоксифенил)дисульфид 4/1145
- бис-(2-Карбоксифенил)сульфон 2/186 (2-Карбоксифенил)уксусная кислота 5/379, 380
- 5-Карбоксифурфурол 5/93
- Карбоксистеразы 2/635, 475
- 4,6-О-(1'-Карбокси)этилиден-D-галактоза 2/659
- Карбоксизтоксилаты 3/1163
- Карбоксоний-катионы 2/628, 629, 642; 3/720, 722, 1023, 1024; 5/414
- Карболины 2/635, 636, 964; 3/398; 5/520, 528
- Карболовая кислота 2/18; 5/132, 133. См. также *Фенол*
- Карбометаллирование 2/889
- Карбометоксидцеллюлоза 4/204 «Карбон» («Карб») 3/575
- Карбонадо 1/188
- Карбонаталатит 5/298
- Карбонатиты 3/970; 4/561
- Карбонаты. См. также соединения химических элементов и жесткость воды 1/771; 2/282, 283, 637
- кислые, см. *Гидрокарбонаты* неорганические 2/636, 154, 334, 340, 349, 637, 639, 673, 710, 1234, 1246, 1247; 1/358, 1120, 1122; 3/146, 564, 1068, 1088; 4/133, 200, 482, 1211; 5/44, 52, 207, 248
- органические 2/637, 620, 638, 639; 5/52, 239, 990. См. также *Ортоэфир*, *Пропиленкарбонат*, *Этиленкарбонат*
- природные 2/639, 636, 637; 3/6, 166; 4/560; 5/42, 438. См. также *Доломит*, *Известняк*, *Кальцит*
- Карбонизация 2/640, 840, 845, 992; 3/356; 5/40, 47, 48, 50, 137, 664. См. также *Карбоксилирование*
- Карбоний-ионы 2/627, 628, 673
- Карбонил, см. *Карбоксильная группа*
- Карбонилгидриды 2/641; 5/614
- Карбонилдимидазол 1/442, 443; 2/645; 4/1154
- Карбониллизонитрилы 2/374
- Карбонил-индны 2/409
- Карбонилирование 2/640, 115, 121, 417, 544, 641, 646, 647, 824; 1/597, 598, 1161; 3/78, 84, 105, 140, 289, 449, 737, 876; 4/207, 499, 500, 535, 1097, 1153; 5/56, 57. См. также *Углерода оксид*
- Карбонилметаллат-ионы 2/641
- Карбонилксид 3/659
- Карбонилсульфид 5/46, 47. См. также *Углерода сульфоксид*
- Карбонилфторид 2/640, 137, 641; 1/950; 3/577
- Карбонилцианид-п-трифторметоксифенилгидразон 3/670
- Карболины металлов 2/641, 97, 98, 253, 373, 374, 464, 466, 640, 642, 793-797, 828, 920, 1289, 1290; 1/104, 105, 648, 649, 675, 676, 812, 813, 823, 824, 1112, 1218; 3/71, 80, 81, 83, 84, 103, 493, 494, 949, 1130; 4/139, 142, 467, 468, 499, 500, 533, 551, 552, 565-567, 571, 986, 1019, 1027, 1113; 5/45, 60, 340, 615, 721. См. также отдельные представители
- Карболиновая группа 1/197, 1094; 2/104, 112, 325, 640-648, 770, 809, 810, 854, 913, 1137, 1138; 3/269, 577, 601, 604, 702, 723, 749, 773, 796, 813, 814; 4/447, 515, 1147; 5/375, 405, 424, 493, 543, 648, 651
- Карболиновые соединения 2/642. См. также *Карбоксильная группа* алифатические 1/602, 953, 1221, 1222; 2/305, 330, 331, 457, 809, 810, 1080; 3/10, 11, 688, 1050, 1051, 1058, 1059; 4/898, 924, 933, 986, 991, 992, 1133, 1134, 1184, 1191
- ароматические 1/980, 981; 2/330, 809, 810; 3/11
- бифункциональные, см. *Дикарболиновые соединения*
- жирно-ароматические 1/953; 2/809, 810, 1080
- кластеры 2/641, 793-796
- металлов, см. *Карболины металлов* ненасыщенные 1/1077, 1204; 2/106, 107, 751, 787, 966, 1080; 3/350, 549
- оксиды, см. *Углерода диоксид*, *Углерода оксид*
- полигидроксизамещенные, см. *Углеводы*
- получение 1/316, 656, 1073, 1077; 2/82, 119, 245, 421, 1103, 1107, 1108, 1155; 3/438, 439, 506, 552, 556, 659, 739, 767, 791, 792; 5/943. См. также *Гидроформилирование*, *Карбоксилирование*
- свойства 1/150, 592, 941, 942, 956, 980, 981, 988, 1067, 1075, 1113, 1116, 1203, 1204; 2/66, 104-106, 140, 247, 248, 378, 421, 457, 647, 741, 751, 772, 813, 814, 941, 1143, 1276; 3/224, 285, 289, 316, 515, 516, 548, 549, 604, 679, 700, 708, 722, 739, 767, 768, 790, 791, 891, 1023-1025; 4/310, 512, 803, 804; 5/65, 96, 132, 142, 241, 256, 258, 262, 276, 280, 293, 364, 405, 606, 707, 784, 785, 790, 999. См. также *Альдегиды*, *Карбоновые кислоты*, *Кетоны*, отдельные представители
- Карбонитриды 3/509, 510; 4/575, 1009, 1010, 1176, 1177; 5/762, 766
- Карбонитрил 3/573
- Карбоновые кислоты 2/643
- алифатические 1/619, 620, 862-865, 953, 1027-1029; 2/28, 616, 644, 645; 3/876, 945; 4/205, 206, 833, 866, 923, 1126; 5/207, 410. См. также *Алифатические соединения амидины* 1/228, 107, 421; 2/69, 123, 374, 402, 420, 742; 3/513, 683, 830, 1028, 1029, 1050, 1167; 4/1248, 1249
- амиды, см. *Амиды карбоновых кислот*, *Этаноламиды жирных кислот*
- аминпроизводные, см. *Аминокислоты*
- ангидриды, см. *Ангидриды карбоновых кислот*, *Галогенангидриды карбоновых кислот*
- ароматические 1/1028, 1029; 2/28, 644-648, 1142, 1270; 3/68, 373, 374, 945; 4/1126; 5/305, 775. См. также *Ароматические соединения*, *Бензолполикарбоновые кислоты*
- бифункциональные, см. *Дикарбоновые кислоты*
- высшие, см. *Высшие жирные кислоты*
- галогенпроизводные, см. *Галогенкарбоновые кислоты*
- гетероциклические 2/34; 3/156. См. также *Гетероциклические соединения*
- гидразиды, см. *Гидразина замещенные органические*
- гидроксипроизводные, см. *Оксикислоты*
- жирно-ароматические 1/709, 1027, 1028
- имиды, см. *Имиды карбоновых кислот*
- метаболизм 3/611, 617, 618, 621-623
- нафтеновые, см. *Нафтеновые кислоты*
- ненасыщенные 1/964; 2/640, 644, 646, 1106; 3/9, 70, 395, 604; 5/263
- номенклатура 2/643; 3/573-575
- оксипроизводные, см. *Альдегидо- и кетокислоты*, *Оксикарбоновые кислоты*, *Оксикислоты*
- определение 1/681; 2/449, 507, 648, 1271; 3/523, 795-798; 5/693
- основность 1/1133; 2/298, 643, 1179; 3/377, 378, 866, 1102, 1266
- получение 1/199, 210, 496, 555, 619, 970, 971, 1077; 2/17, 475, 603, 632, 633, 640, 646-648, 677, 1142, 1271, 1274; 3/78, 346, 438, 513, 623, 659, 660, 687, 739, 764, 785, 786, 791, 792, 833; 4/499, 1157; 5/95, 96, 199, 723, 724, 785
- применение 2/648
- свойства 1/198, 429, 456, 457, 511, 592, 593, 596, 606, 682, 713, 717, 782-784, 943, 952, 953, 956, 960, 996, 1082, 1083, 1101, 28, 29, 34, 55, 82, 107, 108, 211, 246, 402, 411, 413, 629, 642-646, 747, 799, 863, 900, 947, 970, 971, 1057, 1252, 1279; 3/119, 226, 289, 513, 515, 683, 814-817, 887, 1059, 1163, 1164; 4/802; 5/9, 10, 36, 84, 123, 125, 197, 208, 239, 280, 369, 825, 856, 1042. См. также индивидуальные представители
- смесь, см. *Полова правило*
- удлинение цепи, см. *Арндта-Айцтерта реакция*
- циклы, см. *Гликоксилатный цикл*, *Трикарбоновых кислот цикл*
- эфирь 1/443, 619, 620, 644, 1075, 1097, 1144-1148, 1203; 2/71, 417, 645, 647, 747, 784, 785; 3/739, 1227; 4/512, 898. См. также *Ортоэфирь*, *Эфирь простые*, *Эфирь сложные*
- Карбопласты, см. *Углепластики*
- Карборанлисилоксановые каучуки 2/1012
- Карборанил-радикал 1/951
- Карборансодержащие полимеры 2/648, 649, 652; 1/594
- Карбофаны 2/649, 648, 650-652; 3/82, 392; 4/26, 76; 5/636
- Карборезин 3/444
- Карборунд 2/222, 223, 734, 1029. См. также *Кремний*, *карбид*
- Карбосульфат 2/473
- Карботермия 2/1235, 1287; 3/492, 1069; 4/571, 981
- Карбогидроалдегиды 4/1132
- Карбофаны 5/742-745
- Карбофос 1/106; 2/471, 1274
- Карбофункциональные соединения германийсодержащие 1/1039
- кремнийорганические 1/1109
- Карбофуран 2/473; 3/115, 405
- Карбохромен 1/519
- Карбоцепные волокна 4/1082
- Карбоцепные полимеры 1/858, 860; 2/653, 797, 1018; 3/1119, 1120, 1139, 1205, 1261; 4/305, 1082, 1084; 5/22, 306, 389, 397, 398
- Карбоцефалоспорины 5/697
- Карбоцианиновые красители 3/129
- Карбоциклические соединения 2/622; 3/390, 573, 784, 1049; 4/1090, 1092; 5/719, 725. См. также *Алифатические соединения*, *Ароматические соединения*, *Циклические соединения*
- Карбораторные масла 3/277
- Карбораторы 5/452
- Карбоакрол 2/652
- Карвенон 2/600
- Карвенонет 3/59
- Кармон 2/652, 747, 1179
- Каргия-Слонимского-Рауза модели 4/490
- Кардамоновое масло 4/1093
- Карделимидин 3/566, 567
- Кардиенолиды 1/1130; 5/1044

- Кардиамины 5/979  
 Кардиополины 2/187, 188  
 Кардиотонические средства 2/601  
 Кардиотропные токсыны 4/1195  
 Кардовая группа 2/652, 653  
 Кардовые полимеры 2/652, 653;  
 3/1212, 1247; 4/26  
 Карелинит 1/678  
 Карены 2/653, 59, 283, 1165; 1/669;  
 3/58, 60; 4/714, 715, 1090, 1092,  
 1093; 5/438  
 Каринекс 4/40, 41  
 Кариокластические яды 4/236  
 Карофилла 4/660  
 Карофиллен 2/654; 4/660, 661;  
 5/438, 1004  
 Карусса метод 2/654; 1/949; 3/169  
 Карифлекс 1/635; 2/375–378  
 Каркасные соединения 1/141, 364,  
 365, 379, 598; 3/227, 439. См. также  
*Полиэдрические соединения*  
 Карлон 4/80–82  
 Кармаи гилотеза 3/947  
 Кармин 2/973, 976  
 Карминовая кислота 2/973; 3/689  
 Кармиониции 1/356; 4/235, 236  
 Кармустины 4/234  
 Карналит 1/611, 951, 956; 2/498, 559,  
 572, 1233–1235, 1246; 4/555, 557;  
 5/551, 563, 654, 854  
 Карнаубский воск 1/825–827; 5/835  
 Карнахана–Старлига приближение  
 5/71  
 Карнитин 2/654, 655; 3/619, 620  
 Карнитин–ацилкарнитин–транслоказа  
 2/655  
 Карнитин–ацилтрансферазы 2/654,  
 655  
 Карнитинхлорид 2/655  
 Карно теорема и цикл 4/1028; 5/596  
 Карно–Клаузиуса уравнение 5/956  
 Карнозины 2/655, 656; 1/138, 303, 304;  
 3/928, 934  
 Карнозины 2/655  
 Карнозинсигетазы 2/655  
 Карнотит 1/672; 5/73  
 Каро кислота 3/541, 974; 4/632, 644  
 Каробит 2/572  
 Каролит 2/819  
 Каром 2/375–378  
 β-Каротины 3/378  
 Каротиноиды 2/656, 306, 378, 533,  
 606, 657, 658, 660, 969, 972, 974;  
 1/15, 1026; 3/48, 621, 622, 786, 1089;  
 4/381, 513, 588, 744; 5/259, 344, 515,  
 1000  
 углеводороды, см. *Каротины*  
 Каротины 1/740, 750; 2/303, 606, 656–  
 658, 972; 3/156, 378, 407, 1089,  
 1225; 4/108, 381  
 Карпетимицины А 2/1135, 1136  
 Карабиоза 2/659  
 Карагеи 3/1088  
 Карагмины 2/658, 659, 660; 4/36, 38,  
 39; 5/38  
 Каргазоли 2/990  
 Картамин 2/990  
 Картап 2/469  
 Картон 1/386, 563, 622, 624, 716, 802,  
 831; 2/208, 322, 602, 802, 990;  
 4/572; 5/371, 665  
 Карты  
 гение 1/1009, 1010  
 распределения рассеивающей плот-  
 ности 2/190  
 электронной плотности 5/874, 875  
 Карусельные аппараты  
 сушилки 4/967  
 фильтры 3/637; 5/189, 193, 194  
 экстракторы 5/823  
 Карцериды 4/858  
 Каскадные устройства  
 для разделения изотопов 2/389, 390  
 идеального смешения 3/422
- ускорители заряженных частиц  
 2/502, 503, 1062  
 Каскадит 4/710  
 Каспера–Фрайка полиэдры 2/482  
 Касселева зелень 1/458, 463; 2/1278  
 Кассиев золотой пурпур 3/758  
 Кассиевое масло 2/936, 937, 1100  
 Кассипурины 4/652  
 Касситерит 1/1021; 2/222, 443; 3/242,  
 632, 636, 698, 753, 756; 4/979; 5/206  
 Кастомер 5/86  
 Кастореум 1/572  
 Касторовое масло 2/660, 808, 1321;  
 1/139, 151, 153, 1023; 3/302, 728;  
 4/54, 167, 377–380, 383, 494, 526,  
 543, 544, 607, 721; 4/919; 5/68, 1006  
 Касугамицины 5/417, 422  
 Катаболизм 1/1097, 1118, 1119;  
 3/611–623, 684, 879; 4/212, 427,  
 524, 654, 1119, 1259, 1260; 5/244–  
 246  
 Катакальцины 2/581  
 Каталаза 2/660, 661; 1/1096; 3/697;  
 4/524  
 Катализ 2/661, 753; 4/416; 5/177. См.  
 также *Катализаторы*  
 асимметрический 1/389, 392  
 ассоциативный 2/662, 663  
 в промышленности 2/664–666. См.  
 также *Каталитические процессы*,  
*Каталитический крекинг*, *Ката-  
литический риформинг*  
 гетерогенно-гомогенный 2/661, 663  
 гетерогенный, см. *Гетерогенный ката-  
лиз*  
 гомогенный, см. *Гомогенный ката-  
лиз*  
 и действие полупродуктов, см. *Автокатализ*  
 кислотнo-основной 2/770, 304, 645,  
 664, 666, 745, 746, 771–774, 986,  
 1080; 1/181; 3/516, 708, 738;  
 5/152  
 контактный 1/1050–1059  
 межфазный 3/24, 21, 25, 33, 109,  
 181, 516, 765; 1/392; 2/661, 987;  
 4/341, 1166; 5/312  
 мембранный 3/45, 46, 50; 5/179  
 металлокомплексный 3/76, 77–80,  
 103, 104; 2/670, 677, 919, 921;  
 5/179, 365, 711  
 механизмы 2/662–664  
 микрогетерогенный 2/661  
 мицеллярный 3/185, 163, 186; 2/661  
 мультиплетная теория 1/1059  
 мооинный 3/32  
 на однородных и неоднородных по-  
 верхностях 2/663, 664  
 окислительно-восстановительный  
 2/665, 663, 664, 666–668; 2/77–79  
 отрицательный 2/661  
 парамагнитными частицами 1/1158  
 под действием света, см. *Фотоката-  
лиз*  
 положительный 2/661  
 слитный 2/662  
 стадийный 2/662, 663  
 «трифазный» 3/24  
 ферментативный 5/152, 153, 179;  
 1/553, 558; 2/661, 690, 757; 3/77,  
 666, 667; 4/1119  
 электрохимический, см. *Электроката-  
лиз*  
 Катализаторы 2/666; 4/416. См. также  
*Катализ*, *Каталитические процессы*  
 активность 1/125, 126, 1050, 1051,  
 1054, 1055; 2/666, 667, 680, 685,  
 689; 4/425  
 алфийные 1/631, 632  
 би- и полифункциональные 1/1057,  
 1160; 2/664, 676  
 биосинтеза 1/470, 553. См. также  
*Ферменты*
- взаимный переход, правило переио-  
 са 2/693  
 время оборота 2/691, 715  
 газоочистки 1/903, 904  
 гидратации 5/996  
 гидрирования, см. *Гидрирование*  
 гидрогеологизация 1/1089  
 гидродеалкилирования 1/1089  
 гидросилилирования 1/1108, 1109  
 гидроформилирования 1/1112  
 гранулирования 2/670  
 графитирования 1/1194  
 деалкилирования 2/6  
 дегидрирования 2/670, 671; 1/1089;  
 3/324; 4/869; 5/127, 133, 222,  
 223, 724, 734, 1046, 1047  
 дейтериевого обмена 3/125  
 для топливных элементов 3/1130  
 дожигания выхлопов автомобилей  
 2/666, 668, 672; 3/325, 873, 1129;  
 5/46, 179  
 и ударные волны 5/52  
 интеркалатные 2/477  
 ионные 1/308, 527; 2/670, 673, 706,  
 771, 773  
 как отвердители 3/838, 839  
 карбонилирования 2/640  
 кластерные 2/797; 4/1160  
 кратность циркуляции 2/679  
 металлосодержащие 1/1055–1059,  
 1085, 1112; 2/670, 674, 685, 822–  
 826, 921; 3/84, 484, 737, 950  
 – комплексные 1/1160, 1161;  
 2/673, 797, 922; 3/77–80; 5/312,  
 314. См. также *Циглера–Натты ката-  
лизаторы*  
 – скелетные 2/664, 669, 670; 4/132.  
 См. также *Реня никель*  
 метатезиса 3/103, 104  
 механическая прочность 2/667, 668  
 модифицирование 4/193  
 нанесение 3/324, 45, 46, 325;  
 1/1056–1059; 2/662, 664, 666–  
 671, 673–677, 770, 774, 797; 4/673  
 окисления 2/671, 666–669, 672, 674,  
 741, 1273; 1/903; 3/79, 241, 325,  
 672, 673, 699, 732, 767, 768, 1129;  
 4/193, 943; 5/378, 379, 991  
 определение 2/755, 756  
 Паулика–Рота 4/500  
 переиоцики 5/903  
 Петрова 2/304  
 плавные 2/670, 677  
 поликонденсации 3/1208, 1209,  
 1257, 1258, 1261; 4/62, 943; 5/136  
 полимеризации 2/673, 210, 284, 285,  
 464, 554, 642, 665, 674, 706, 921,  
 922, 1013, 1017, 1137, 1202, 1208,  
 1237; 1/130, 631–633, 636, 1161,  
 1194; 3/78, 80, 103, 104, 307, 325,  
 350, 444, 478, 723, 732, 736, 808,  
 838, 856, 857, 972, 1131, 1208,  
 1220, 1251, 1266, 1268; 4/30, 31,  
 669, 670, 976, 1111, 1258; 5/10,  
 400, 614, 636, 711, 712, 722, 730,  
 731, 757, 983, 992  
 полупроводниковые 1/1054, 1055,  
 1059  
 приготoвление 1/1050; 2/613, 668–  
 677  
 промотирования 2/661, 664, 666,  
 675–677, 680, 685, 693; 4/193, 293  
 процессов нефтепереработки 2/674,  
 32, 675–583; 1/1089–1091, 1106,  
 1107; 3/324, 325, 1065; 4/157,  
 193, 467, 983; 5/679–682. См. также  
*Каталитический крекинг*, *Ката-  
литический риформинг*  
 – фотохимических 5/333  
 – электродных 5/846, 847  
 регенерация 2/668, 674, 678, 679  
 рекристаллизация 2/668  
 реология 5/172  
 самоускоряющихся реакций 1/18
- селективность 1/1051, 1057, 1058;  
 2/662, 667, 671, 672, 680, 685, 689;  
 5/552  
 синтеза капролактама 2/615, 616  
 – на основе СО и Н<sub>2</sub> 2/677, 663, 666.  
 См. также *Углерода оксид*  
 – полиуретанов 4/54  
 – серной кислоты 4/644–647  
 скелетные, см. *Скелетные катали-  
заторы*  
 смешанные 1/1056, 1057; 4/193  
 Спайера 1/1108, 1109  
 стереоспецифические 2/674, 922;  
 3/78  
 стойкость 2/668  
 таблетирование 2/667, 670, 970  
 Твитчелд 2/304  
 термостойкость 2/668  
 углеволокнистые 5/49  
 Уфкинсона 2/670; 3/78  
 Фронктакты 2/668  
 цеолитсодержащие 5/679, 680–682;  
 2/674–676, 680  
 циклизации 3/1129  
 эффекты ансамбля и лиганда 2/667  
 яды, см. *Яды каталитические*  
 Каталиметрия 2/756, 757; 4/640  
 Каталитические процессы. См. также  
*Катализаторы*  
 акцепторные 3/1258, 1260; 4/95  
 алкилирование 2/117, 380, 665, 667,  
 678, 679, 682; 3/25, 122, 252, 516;  
 4/193, 310, 311, 1111; 5/34, 142  
 аминирование 1/271, 272; 2/1155;  
 3/107  
 аммонолиз 2/667; 3/516, 1079  
 ацилирование 2/732, 887, 888;  
 3/252; 5/449, 450  
 бимолекулярные 5/938, 939  
 восстановление 1/306; 2/117, 129,  
 364, 646, 663, 944; 3/78–80, 121,  
 515, 549; 4/538, 539, 1200  
 газификация твердых топлив 2/665  
 газоочистка 1/901–904; 2/666, 668,  
 672; 3/325, 873, 1129  
 гетерогенные 1/1049, 1083; 2/663,  
 664, 688–693, 851, 1257, 1258,  
 1260, 1261  
 гидратация 2/664, 1107, 1108;  
 3/128, 364  
 гидрирование, см. *Гидрирование*  
 гидрогеологизация 1/1089; 2/667, 752;  
 3/346, 933  
 гидродеалкилирование 1/1089,  
 1090; 2/6; 3/46, 372, 373  
 гидродеароматизация 1/1090;  
 2/674–676  
 гидроочистка 1/1090  
 гидрокрекинг 1/1090, 107, 140, 778,  
 926, 927, 1083, 1089–1091, 1106,  
 1220; 2/7, 665, 674, 676, 678, 684,  
 1005; 3/350, 441–444, 462; 4/526,  
 650  
 гидролиз 1/1099, 1100; 3/438  
 гидрообессеривание 1/1106, 1107,  
 1108; 2/32, 674–676; 3/441–444;  
 4/193, 400  
 гидроочистка 1/1107, 778, 926, 927,  
 1083, 1088–1090, 1108; 2/168,  
 169, 665, 678, 681, 682, 685, 687,  
 737, 738, 904, 1093; 3/441, 442,  
 444, 462; 4/400, 526, 650  
 гидросилилирование 1/1108, 1109;  
 3/1131  
 гидроформилирование, см. *Гидро-  
формилирование*, *Оксосинтез*  
 гидроформинг 1/1113; 2/684  
 гидроацилирование 1/1116  
 гомогенные 1/1158–1161; 2/688–  
 691, 756, 757  
 дегидратация 2/664, 889; 3/123, 515,  
 1081  
 дегидрирование, см. *Дегидрирова-  
ние*



- дегидрохлорирование 5/12  
дегидроциклизация 1/1113; 2/12, 678, 684; 3/45, 346; 4/193; 5/714  
декарбоксилирование 2/28, 29, 1169  
деметаллизация 2/32, 6, 1327; 1/1106–1108; 3/441, 462  
депарафинизация 2/34, 363  
деструкция полимеров 2/1013  
диспортирование 2/1022; 5/309, 548, 549, 681, 712  
диссоциация 2/326  
изомеризация 1/1090; 2/676, 678, 679, 684, 1211; 3/80, 324, 346, 1129, 1131; 4/947; 5/681, 713, 739  
ингибиторы 2/433, 661. См. также *Яды каталитические*  
индикаторы 2/756, 757  
квазистационарные 2/689, 690, 693, 715  
кинетика 2/688, 689–693, 1257–1261; 1/1050; 3/429  
карбонилирование 4/1153; 5/56  
конденсация 1/1024, 1025; 2/664, 678, 682, 684, 813, 851, 889, 986, 1080; 3/323, 744; 5/142  
коррозия металлов 2/953, 955  
крекинг, см. *Каталитический крекинг*  
метатезис 3/103, 104  
окислительно-восстановительные 2/615, 663, 747, 797, 938, 1272–1274; 3/116, 664, 665; 4/803; 5/56, 378, 379, 942  
олигомеризация 5/713  
парафазы 5/378, 379, 723  
пералкилирование 3/936  
переаминирование 3/937  
перезтерификация 2/639, 1022  
пироллиз 2/1165; 3/1065  
поликонденсация 3/1208, 1209, 1212, 1257, 1258, 1260, 1261; 4/62, 95, 943  
полимеризация, см. *Катализаторы полимеризации*  
риформинг, см. *Каталитический риформинг*  
с одноэлектронным переносом 2/663  
силлирование 2/1021, 1022  
сложные 4/721  
со слоем катализатора 2/667, 668, 682, 683, 687, 688. См. также *Псевдооживление, Псевдооживленный слой*  
стационарные 2/689–691  
стереоселективные 2/129  
сульфохлорирование 4/1111  
термолиз 2/623  
ферментативные, см. *Ферментативные реакции*  
фотолиз 2/623. См. также *Фотокатализ*  
хлорирование 4/393, 1111; 5/13, 580  
цианэтилирование 5/709, 710  
циклизация 2/678, 679, 1108, 1109; 3/477, 478, 1129  
циклические режимы 5/718  
электродные 4/128  
электрохимические, см. *Электрокатализ*  
электронная корреляция 2/905  
элиминирование 5/938, 939  
этерификация 2/702; 5/10, 260  
Каталитический крекинг 2/677, 7, 166, 169, 365, 628, 664, 665, 668, 674, 675, 678–683, 774, 1005; 1/926, 927, 1065, 1089, 1106, 1167; 3/2, 346, 441–444, 448, 462, 726; 4/157, 194, 263–265, 1085; 5/680, 682, 715  
Каталитический риформинг 2/684, 12, 168, 665, 674, 676, 685–687, 1005, 1093; 1/926, 927, 1089, 1107, 1113; 3/27, 127, 324, 346, 441–443, 446, 450, 462, 466; 4/263–265, 526; 5/681, 833  
Катальное масло 4/377  
Катапны 2/693, 694  
Катарин 2/458, 459  
Катаринхлорид 2/1322  
Катарометрия 1/909; 2/44, 45, 50, 609; 5/33  
Катастрофическое окисление, см. *Газовая коррозия*  
Катафорезные лакокрасочные материалы 1/774, 775  
Катенаны 2/694, 695; 1/444; 3/787; 4/540, 858, 1214, 1215; 5/538, 719  
Катепсины 2/695, 760  
Катехины 1/347, 556, 557; 5/201, 202  
Катехол 2/695  
Катехоламы 2/695, 222, 696, 697, 1152; 1/51, 318, 369, 745, 1156; 3/579; 4/524, 1170; 5/1042, 1049  
Катехолборан 1/601  
Катехол-О-метилтрансфераза 2/696  
Катехолоксидазы 3/271  
Катехольные эстрогены 5/971  
Катионат-7 2/83  
Катиониты, см. *Катионообменные смолы*  
Катионные процессы. См. также *Катионные соединения*  
обмен 2/675, 676  
подготовка воды 1/771, 772; 2/283  
полимеризация 2/697, 628, 673, 698, 699, 920, 1266, 1267; 1/645; 3/682, 683, 723, 732, 734, 738, 913, 1208, 1224, 1226, 1244, 1267, 1269; 4/64, 83, 94, 764, 1087  
теломеризация 4/1027  
Катионные соединения. См. также *Катионные процессы*  
ингибиторы коррозии 2/435, 436  
катализаторы 2/673  
σ-комплексы 2/534  
красители 2/699, 700, 701, 976, 977, 979, 982, 991, 992, 995, 996; 1/83, 494; 3/128–132, 523, 536, 675, 676, 690, 694, 833, 834, 997, 1199, 1200; 4/50, 91  
поверхностно-активные вещества 2/83, 216, 413, 693, 694, 699, 724, 817, 1150, 1218; 3/181, 184, 287, 683, 992, 1163–1166, 1170; 4/1012, 1013  
смолы 2/701, 445, 504, 506, 507, 520, 645, 702, 752, 764, 770, 774, 784, 1171, 1181; 1/163, 311, 771, 772; 3/26, 41, 54, 128, 663; 4/84, 975, 1103, 1256; 5/133, 142, 160, 367.  
См. также *Иониты*  
флокулянты 5/204  
флотореагенты 5/207  
Катионогенные воды 1/768, 769  
Катионообменники 4/944; 5/49, 553, 554  
Катионообменные смолы, см. *Катионные соединения*  
Катионотропные перегруппировки 3/938, 939; 4/991  
Катон-радикалы, см. *Ион-радикалы*  
Катионы 2/526  
в соединениях, см. *Ионы, Катионные соединения*  
зарядовое число 2/320  
как элементы питания, см. *Комплексные удобрения*  
номенклатура 3/573, 575, 576  
определение 2/709, 710  
органические, см. *Карбокатионы*  
радикалы, см. *Ион-радикалы*  
реакции, см. *Катионные процессы*  
электропроводность 2/864  
Като условие 5/874  
Катодные процессы (методы). См. также *Катоды, Электродные процессы*  
восстановление 2/952–955  
гальваностегия 5/911  
и коррозия металлов 2/321, 952–955. См. также *Защита от коррозии, Электрохимическая защита*  
легирование 3/890  
люминесцентный микроанализ 2/702, 703, 1212, 1213; 5/878  
люминесценция 2/410, 583, 702, 703, 1220, 1225–1227; 5/872, 878  
осаждение 4/123  
поляризация 3/1180; 4/123  
расплайе 2/511; 3/71, 334  
растворение 2/1098  
электрогравиметрия 1/1182  
электроосаждение 5/913, 914  
Катоды. См. также *Электроды*  
автоэмиссионные 3/501  
генераторов 2/548  
термоэмиссионные 2/537  
фотохимические 3/696; 4/558  
Катофоретическое электроосаждение 2/1130  
Каттерит 2/820  
Каудоксии 5/1036  
Каурен 1/1064  
Каурн-бутанол 4/359  
Каустическая сода 3/856, 863. См. также *Натрий, гидроксид, Щелочи*  
Каустоболиты 2/703; 3/1193  
Каучук натуральный 2/703, 285, 376–378, 704, 705; 1/633, 645, 861; 3/407, 646, 1114, 1115; 4/291, 849, 851, 852, 1076, 1089, 1090; 5/52, 564, 565  
герметики 1/1045  
клеи 2/802; 4/444  
латекс 2/1148, 703, 1149; 4/121  
пленки 3/1135  
резины 4/441, 443, 444  
Каучуки синтетические 2/705; 5/467, 535, 572  
акрилатные 1/115, 116, 641, 707, 708; 3/1196; 4/41, 442, 443; 5/398, 960  
альтернативные 1/630  
антиоксиданты 2/376; 3/383  
бифункциональные 2/284–286  
бромбутиловый 1/646; 3/1224  
бутадиен-акрилонитрильные 1/629–631; 3/436  
бутадиен-нитрильные 1/629, 116, 118, 179, 502, 628, 630, 631, 636, 719, 1043, 1045; 2/705, 706, 804; 3/327, 1115, 1243; 4/130, 342, 441–445, 732, 766; 5/134, 799, 960  
бутадиеновые 1/631, 628, 630, 632–635, 637, 645; 2/377; 3/79, 273, 326, 349, 1114, 1243; 4/40, 41, 130, 441, 443, 444, 851; 5/565, 730, 799, 993  
бутадиен-стирольные 1/635, 628, 630, 633, 634, 636, 637, 719, 831, 858, 1045; 2/377, 705, 706; 3/326, 327, 719, 1115; 4/40, 41, 441, 443–445, 661, 732, 869, 870; 5/799, 951  
бутиловый, см. *Бутилкаучук*  
винилпирридиноны 1/718, 719, 720, 847; 3/111, 1229  
гранулирование 1/1188  
дивинил-нитрильные 1/629  
дивиниловые 1/631  
дивинил-стирольные 1/635  
диеновые 2/99, 100, 284–286; 3/660 «жесткие» 1/630, 636  
жидкие 2/284, 285, 286, 631, 705, 1014; 1/632, 646, 647; 3/743, 750, 1121; 4/40, 42, 55, 57  
изопреновые 2/375, 376–378, 705, 706; 1/633, 634, 637, 645, 928; 3/326, 1114, 1115; 4/1076; 5/799  
карбокислотные 2/631, 804, 999, 1150; 3/70; 5/134  
кремнийорганические 2/1012, 705–708, 868, 1013, 1014, 1016–1018; 1/647, 845, 921, 1043; 3/273; 4/130, 442, 443, 445; 5/398  
латексы, см. *Латексы синтетические*  
лиотропные 2/287, 289  
«мягкие» 1/630, 636; 3/1116  
модифицирование 3/201–203; 4/166, 167  
наполненные 3/326, 327, 328; 1/633, 636; 2/377, 704, 705  
натрийбутадиеновый 1/632; 2/708  
нематические 2/287, 288  
неорганические 3/419, 4/65  
нитрильные 1/629  
пластикация 2/40; 3/146, 147, 1114, 1115  
пластификаторы 2/92; 3/378, 683, 1116, 1117; 4/610  
полиолефиновые 5/729, 730, 731, 993  
полисульфидные 4/41, 42, 43, 442, 443; 1/502, 630, 636, 647; 2/204, 705–708; 3/363, 976  
получение 2/665, 673, 706–708; 3/1266; 4/1139  
применение 2/706–708, 1192; 3/1135. См. также *Резино-технические изделия, Резины*  
пропиленоксидный 4/203, 31, 94, 202, 204, 707, 708  
противостарители 4/240  
свойства 1/872, 873; 2/208, 1101; 3/144, 145; 4/291, 441, 443, 998  
силиконовые 2/1012  
силоксановые 2/1012; 4/130; 5/398  
смектичные 2/287, 288  
стабилизация 4/304, 1139  
стереорегулярные 3/79, 1267; 5/712, 730  
сшивание макромолекул, см. *Вулканизация*  
термостойкие 2/706–708; 3/419, 542  
термолюминесценция 4/1075  
термотропные 2/287, 289  
термоластаплеты 4/1087, 1088, 1089; 5/86, 87  
уретановые 1/647, 847; 2/66, 705–708; 4/291, 441–444. См. также *Уретановые эластомеры*  
фторированные, см. *Фторкаучуки*  
хлорированные, см. *Хлоркаучуки*  
хлоропреновые 5/571, 554, 565, 570, 572, 960; 1/563, 636, 645, 860, 948; 2/705, 706, 1320; 3/1115; 4/130, 442–445  
холестерические 2/287, 288  
циклоолефиновые 5/341, 735  
чередующиеся 1/630  
эмульсионные 1/635–637; 2/602, 603, 1149; 3/376  
эпихлоргидриновые 5/959, 960, 961; 2/707, 708; 4/94, 203  
эпоксидные 4/31, 203; 5/959  
этилен-пропиленовые 5/991, 397, 982–984, 992, 993; 1/645, 845; 2/206, 705, 706, 922; 3/661, 739, 1114; 4/28, 130, 198, 441, 443, 734, 1089  
Качественный анализ 2/709, 710–712; 1/292, 293; 5/195, 489, 490, 497. См. также отдельные методы  
активный 1/119–121; 2/387, 503, 712; 3/402, 431; 4/327, 436  
бесстружковый 1/542, 543  
газовый 1/914–918  
идентификация, см. *Идентификация химических*  
индикаторный радиоактивный 4/327, 328  
– реактивными бумагами 4/398  
капельный 2/606, 553, 607, 711; 1/542; 3/161, 431  
люминесцентный 2/1218

- масс-спектрометрия 2/1315, 1316  
 микрохимический, см. *Микрохимический анализ*  
 молекулярный 3/230, 231  
 неразрушающий 3/430, 431  
 органических веществ 3/794–799.  
 См. также *Реагенты органические*  
 рентгеновский 4/475, 476; 5/879  
 сортовой 2/1218  
 спектральный 3/209; 4/775–780;  
 5/879  
 спектрофотометрия 4/784  
 фазовый, см. *Фазовый анализ*  
 хроматографический, см. *Хроматография*  
 хромато-масс-спектрометрия  
 5/627–630  
 элементный, см. *Элементный анализ*
- Кашалотовый жир 1/866  
 Каши правило 5/351  
 Кашмилон 3/1198–1200  
 Каянекс 2/342  
 Каяфенон 1/1026  
 Квадратные веса 1/685, 689–692  
 Квадратная кислота 3/723, 724, 986  
 Квадратовольтовая вольтамперометрия 1/809  
 Квадрены  
 Квадрициклан 3/579  
 Квадрициклил 5/333  
 Квадрупольное взаимодействие 2/713;  
 3/67, 68; 4/587  
 Квадрупольные масс-спектрометры  
 2/1313, 1314  
 Квадрупольные моменты 2/712, 330,  
 713, 714, 727; 3/67, 158, 468; 5/1023,  
 1032  
 Квадрупольный резонанс, см. *Ядерный квадрупольный резонанс*  
 Квазигомогенное приближение  
 2/1257, 1258, 1260  
 Квазикристаллическое состояние  
 2/714, 715  
 Квазикристаллы 2/714, 485, 715, 1069;  
 4/368  
 Квазимонохроматические пирометры  
 3/1070, 1071  
 Квазидомерные проводящие материалы  
 2/797; 4/1107  
 Квазипергруппировка Фаворского  
 5/95, 96  
 Квазиравновесная плазма 3/1094,  
 1095, 1098–1102  
 Квазирацематы 4/389  
 Квазисоединения  
 арсониевые 3/316, 317  
 сульфониевые 1/361, 362  
 фосфониевые 2/716, 717, 764;  
 1/360, 361; 3/1091; 5/292, 294,  
 295  
 Квазисостояния квантовой системы  
 связанные 3/206  
 энергетические 2/728  
 Квазистатистические процессы 1/839  
 Квазистационарность  
 и каталитические реакции 2/689,  
 690, 693  
 и туннельный эффект 5/27, 28  
 концентрации, метод 2/715  
 приближение 2/715, 689, 759, 849;  
 4/307, 722; 5/686  
 Квазихимические модели жидкостей  
 2/301  
 Квазичастицы 4/826, 994, 996, 997  
 Квалидил 2/1105  
 Квантовая диффузия 2/1035  
 Квантовая механика 2/717, 718–722;  
 3/205; 4/787; 5/177, 461–463  
 вариационная, см. *Вариационный метод*  
 и значения операторов, см. *Квантовые числа*
- и конформационные эффекты  
 2/911, 912  
 и состояние системы, см. *Квантовое состояние*  
 и химия, см. *Квантовая химия*  
 принцип Паули 3/892, 893  
 нерелятивистская 2/717  
 релятивистская 2/721; 4/686  
 уравнения, см. *Волновые функции, Шредингера уравнения*  
 Квантовая химия 2/722, 721, 723–725;  
 3/205–208; 5/177, 509, 875–877. См.  
 также *Квантовая механика*  
 и конформации молекул 2/911  
 и межмолекулярные взаимодействия  
 2/725; 3/17, 20, 21  
 метод(ы) адиабатического приближения  
 1/45, 46, 856; 2/125, 723–726;  
 3/206, 207, 467  
 – валентных схем, см. *Валентных связей метод*  
 – вариационный 1/681, 666, 682;  
 2/721, 723, 726, 904; 3/233, 234,  
 468  
 – неэмпирические 3/467, 468, 469;  
 1/1066, 1067; 2/723, 1211; 4/119,  
 121  
 – полупирические 4/119, 120,  
 121; 2/723, 1211; 3/468, 469  
 – самосогласованного поля 2/722  
 – Хюккеля 5/642, 643, 644  
 молекулярные интегралы 3/222, 223  
 расчеты, см. *Молекулярных орбиталей методы*  
 теория возмущений, см. *Возмущения в системах*  
 – поля лигандов 4/121, 122  
 Квантовая эквивалентность, закон  
 5/357, 682  
 Квантовая эффективность 5/351  
 Квантовое поле 2/721  
 Квантовое состояние 2/725, 147, 718,  
 719, 726; 3/205; 4/244, 826; 5/868  
 атомных ядер 5/1032–1034  
 в полупроводниках 4/103–105  
 волновые функции 3/205–207  
 время жизни 2/726  
 жидкостей 1/1003; 2/299, 300;  
 5/103  
 и механизмы реакций 3/140  
 и принцип Паули 3/892, 893  
 мультиплетность 3/287, 288; 2/727,  
 728  
 скачкообразные изменения, см.  
*Квантовые переходы*  
 статистический вес 4/824, 825  
 уравнение Лиувилля 2/719  
 Квантовое туннелирование 1/125;  
 2/318, 728, 729, 755. См. также *Туннельный эффект*  
 Квантовые генераторы, см. *Лазеры*  
 Квантовые переходы 2/726, 124, 125,  
 406, 717, 725, 727–730; 3/207, 468;  
 5/66  
 безызлучательные 2/726, 728, 729,  
 1220–1223; 3/654; 4/410  
 в молекулярной химии 3/31  
 в многофотонных процессах 3/189,  
 190  
 в фотохимических реакциях 5/350,  
 351  
 в электронно-не жестких молекулах  
 3/394  
 вертикальные 2/528  
 задача о вероятности 1/799  
 и когерентное излучение 2/728  
 и комбинационное рассеяние света  
 2/728, 864–867  
 и потенциалы ионизации 4/151  
 и реакции в растворах 4/410  
 и резонанс адиабатический квадрупольный  
 2/714  
 и – – магнитный 5/1028
- и спектры колебательные 2/852,  
 853–855  
 – – молекулярные 3/229, 230  
 – – электронные, см. *Электронные спектры*  
 излучательные 2/726–729, 1220–  
 1223; 3/654. См. также *Лазеры*  
 интеркомбинационные 3/288  
 комбинированные 2/853, 854  
 неперпендикулярные 2/528  
 оборотные 2/853  
 правила отбора 2/729, 730, 852–854,  
 865, 866, 1220; 4/692; 5/883, 884  
 при люминесценции 2/727, 729,  
 1220–1223  
 франк-кондоновские 2/528  
 частоты, изотопическое смещение  
 4/587  
 эффект Зеемана 2/328, 143, 329,  
 330, 1239, 1245; 1/407, 409;  
 3/158, 209; 4/798  
 – кинетический изотопный 2/758  
 – Оже 3/654  
 – спиновые 4/789, 790  
 Квантовые числа 1/792; 2/720, 726;  
 3/287, 778; 4/470, 783, 786; 5/882,  
 930, 931  
 главное 1/403, 791; 2/721; 4/470  
 и магнитные моменты молекул  
 2/1232  
 и периодичность электронных конфигураций  
 3/959, 960  
 и преассоциация 4/160  
 и принцип Паули 3/892, 893  
 колебательные 2/852–854  
 магнитное 1/404  
 орбитальное 1/404, 791, 792; 2/721  
 спиновое, см. *Спин*
- Квантовый выход  
 и светостойкость полимеров 4/590  
 и эффект клетки 2/810  
 люминесценции 2/220, 1220, 1222–  
 1224; 3/769; 5/150, 444–446, 812  
 фотохимических процессов 5/339,  
 350, 351, 353, 357, 359, 362  
 Квантометры 1/294; 4/778, 779  
 Кванты излучения, см. *Фотоны*  
 Кварки 5/931, 932  
 Кварц 1/540, 587, 1018; 2/48, 208, 222,  
 223, 334, 354, 1025–1028; 3/165,  
 167, 633, 698, 838; 4/326, 561, 674,  
 680, 681, 782; 5/97, 112, 113, 207,  
 298, 879. См. также *Кремний, диоксид*  
 абляция 1/2  
 ахиральность 3/772  
 бисер 2/354, 355  
 горный хрусталь 2/222, 776, 1027,  
 1028, 1064; 3/167; 4/834  
 жильный 2/733, 776, 1027  
 как наполнитель 3/328  
 как сегнетоэлектрик 2/1071; 5/62  
 материалы, см. *Кварцевые материалы*  
 монокристаллы 2/868; 4/838  
 монокристаллы 1/136, 137; 2/1064–  
 1066; 3/256, 418; 4/284  
 плавленый 1/137; 3/325; 4/333, 334  
 с включениями рутила 4/567  
 склеивание 2/800  
 структура 2/833; 5/952  
 Кварцевые материалы. См. также *Кварц*  
 волокна 2/878, 879, 1028; 3/417;  
 4/845; 5/503  
 для термометров 2/574  
 керамика 2/733; 3/774  
 мастики 2/1319  
 мука 3/124; 4/165; 5/143  
 огнеупоры 3/650  
 оптические 1/392; 3/772–777; 5/62,  
 503  
 песок 1/544, 871; 2/776; 4/834, 838,  
 842; 5/143, 865
- стекло 4/834, 835–838, 847, 1224;  
 1/778; 2/733, 776, 1027, 1028;  
 3/775; 4/1224  
 Кварциты 2/263, 270, 733, 1027, 1287  
 Квасцы 2/730, 233, 235, 265, 570, 729,  
 731, 829; 1/207, 537, 935; 3/412,  
 556; 4/904; 5/182, 453, 455, 456, 611,  
 619  
 Кватернизация 1/279, 641, 712; 2/411,  
 699, 700; 3/1029, 1050, 1263  
 Кватерон 1/280  
 n-Кватерфенил 4/1095  
 L-Квебрахиты 5/715  
 Кверцетин 2/731, 973, 1218; 1/322,  
 336, 519, 556, 557; 5/203  
 Кверцетрин 1/557; 2/731, 973  
 Квистран 1/1118  
 Квиндоксин 4/232, 233  
 n-Квинквифенил 4/1095  
 Квинтетные состояния 3/287  
 Квинтоцен 5/417  
 КВЭ, см. *Кластерные валентные электроны*
- Кевлар 1/805; 4/1083  
 Кевровые продукты  
 бальзам 1/452; 2/284  
 камфора 5/654  
 масло 3/302; 4/377–380  
 Кедрол 1/660; 2/598; 3/292, 293;  
 4/1090  
 Кейдела метод 1/109  
 Кеки 2/552, 553; 4/319  
 Кекуле структуры валентных связей  
 1/666  
 Кекуле – Вант-Гоффа модели 3/227  
 Келлин 1/519; 4/774, 775  
 Келфизин 4/901, 902  
 Кель F 5/397, 403  
 Кельвина  
 градус 4/1028  
 уравнение 2/607, 612; 3/1170; 4/131  
 шкала 4/1077  
 Кельвина–Фойхта тело 4/484  
 Кельтан 1/107  
 Кемопласт 5/144  
 Кемпор R-125 4/134  
 Кенинга–Кьюрра реакция 2/731, 21,  
 732, 733; 3/269; 5/693  
 Керамзит 1/544, 1141; 2/328; 3/646,  
 861, 1001  
 Керамид 3/1248, 1249  
 Керамика 2/733, 51, 208, 255, 606, 734,  
 735, 796, 800, 801, 903, 1028; 1/555,  
 788, 920, 921, 1125; 3/273, 338, 339,  
 412, 418, 420, 777, 1000, 1009; 4/157,  
 291, 681, 709; 5/53, 172, 186, 503,  
 760, 761, 765, 789, 835, 1057  
 акустотехническая 1/136  
 волокна 2/250  
 гранулированная 2/340  
 кварцевая 2/733; 3/774  
 кислотоупорная 2/733, 734, 776  
 клеи 2/800  
 композиты 2/877–880  
 конструкционная 2/903; 3/418  
 магнитоэлектрическая 2/1243  
 металлосодержащая, см. *Керметы*  
 оптическая 2/734, 735; 3/774  
 пластики 4/333  
 пористая 5/291  
 пьезо- и сегнетоэлектрическая  
 2/209; 4/284, 285, 608; 5/62  
 радиопоглощающая и радиопрозрачная  
 4/333  
 сушка 4/959, 960  
 тонкая, см. *Фарфор, Фаянс*  
 «холодная пайка» 1/936  
 цветная 3/480, 481, 1130; 4/944  
 электропроводящая 2/1147; 3/1192  
 «Керамическая труба», прибор 1/1176  
 Кератрит 4/635; 5/552  
 Кератансульфат 3/286; 4/214, 216

- Кератинны 2/735, 234, 736; 1/801; 4/1127; 5/768, 819
- Керещид 4/218
- Кериты 1/562, 564
- Кермезит 4/942, 951
- Кермель 4/1082–1084
- Кермес 3/689
- Кермесовая кислота 3/689
- Керметы 2/736, 545, 547, 625, 733, 737, 879; 1/1210; 3/243, 324, 510; 4/333, 436, 558, 565, 575, 602, 685
- Кернит 1/573, 575, 587; 3/351, 352
- Керновые пигменты 2/1079; 3/1013
- Кероген 1/1177; 3/457
- Керосин(ы) 2/737, 166–170, 421, 562, 843, 844, 1175, 1243; 1/630; 3/325, 441, 442, 445–450, 466, 994, 1040, 1061, 1075; 4/223, 342, 359, 460, 461, 725, 928, 975, 1059, 1060, 1078; 5/208, 760, 824
- Керра эффект 2/739, 859, 913, 1243; 3/210; 4/125
- Кёртгана–Гаммета принцип 2/739, 127, 740, 914
- Кестоэмы 5/373, 374
- Кетазины 5/791
- Кеталар 4/812
- Кетали, см. *Ацетали и кетали*
- Кетамин 4/268, 812
- Кетенимиды 1/120
- Кетенимины 1/80; 2/420; 3/891; 5/737
- Кетены 2/740, 14, 69, 87, 109, 115, 245, 417, 420, 697, 741, 1081, 1180, 1298; 1/231, 422, 425, 436, 437, 443, 810, 811, 943, 992, 1077, 1147; 3/102, 110, 1059; 4/95, 201, 205, 768, 802, 872, 1102, 1136, 1156; 5/222, 241, 585, 607, 666, 737, 783, 790, 989
- Кетилы 1/530; 2/524; 4/309
- Кетины, см. *Альдимины и кетимины*
- Кетоальдегиды 2/741, 104, 423, 742, 743, 785, 814, 1032, 1033; 1/710; 3/1024
- 2-Кетоальдоновые кислоты 3/615, 616
- 2-Кето-L-арабинат 3/615, 616
- 2-Кето-D-арабиногептанат 3/615, 616
- 2-Кетогалактонат-6-фосфат 3/615, 616
- 2-Кетогутарат 3/615, 616
- $\alpha$ -Кетогутаратдегидрогеназа 1/751
- $\alpha$ -Кетогутаратная кислота 1/1152; 2/29, 1179; 3/470, 937, 1043; 4/523
- 2-Кетоглюконат-6-фосфат 3/615, 616
- 2-Кетоглюколонат 1/746; 3/615, 616
- 2-Кето-3-дезоксисальдоновые кислоты 3/267, 621
- $\alpha$ -Кетодикарбоновые кислоты 1/196
- 1-Кето-6,7-диметокси-1,2,3,4-тетрагидроизохинолин 5/948
- Кето-енольная таутомерия 1/455, 1216; 2/247, 364, 741; 3/688; 4/991, 992, 1269; 5/84, 943, 1030
- Кетозиды 2/733
- 3,4-трео-Кетозо-1-фосфаты 3/615, 616
- Кетозы 1/222, 652; 2/364, 733, 969, 1211; 3/263–265, 267, 614–616, 621, 656; 4/1228; 5/37, 114, 375
- $\alpha$ -Кетоизовалериановая кислота 1/668
- Кетокарбоновые кислоты, см. *Альдегидо- и кетокислоты*
- Кетокетены 2/740
- Кетокислоты, см. *Альдегидо- и кетокислоты*
- Кетококазол 4/228, 229, 233
- Кетосаль 4/277
- Кетоксимины 1/237, 469, 1094; 2/419, 746, 1153; 3/541, 701–703
- Кетолактоны 4/1158
- Кетопы 1/444, 445
- Кетомалоновая кислота 1/196
- $\beta$ -Кетомасляная кислота 1/195
- Кетонитрилы 2/360, 361, 636; 4/1222; 5/711, 1059
- Кетонитроны 3/547–550
- Кетоны 2/744, 745–747. См. также *Ацетон, Ацетофенон, Бензофенон, Метилэтилобутилкетон, Метилэтилкетон, Циклогексанон, другие Карбонильные соединения*
- алифатические 1/444, 450, 656, 708, 992; 2/11, 237, 344, 345, 744, 787, 1252, 1279; 3/114, 128, 377, 708, 887, 891, 1059; 4/128, 923; 5/8, 57, 96, 279, 545, 783, 784, 792, 793, 999, 1000
- аллеиновые 2/1110
- ароматические 1/492, 1204; 2/344, 345, 1174; 3/708, 887, 891, 1036; 5/8, 369, 449, 540, 792, 793
- бифункциональные, см. *Дикетоны*
- Гибберта 2/1174
- ениновые 5/1000
- еноляты 1/455, 1216; 2/247, 364, 741, 745
- жирно-ароматические 2/787, 809, 810; 5/57, 369, 1000
- и прогоркание жиров 2/305 как вспениватели 4/134
- как гербициды 1/1026, 1027
- как душистые вещества 2/237 как красители 2/972
- как мономеры 4/32
- комплексы Яноаского 2/132
- малины 2/743, 744
- $\alpha$ -меркурирование 5/267
- Миллера 1/154, 238, 367, 530; 2/1057; 3/181, 572
- $\alpha,\beta$ -ненасыщенные 1/450, 602, 656, 825, 1074; 2/65, 361, 456, 745, 746, 750, 773, 787, 887, 888, 972, 1109, 1110, 1237; 3/180, 476, 735, 874, 1074; 4/512, 513, 528, 529, 561, 562, 623; 5/279
- номенклатура 3/573
- определение 1/670, 896; 2/293, 1153; 3/796; 4/622, 623; 5/114, 122, 196, 782, 1057
- получение 1/120, 183, 198, 951, 1099, 1113, 1134, 1203; 2/28, 554, 629, 639, 645, 648, 740, 938, 1108, 1203; 3/9, 78, 346, 407, 408, 438, 439, 514, 552, 659, 660, 680, 699, 732, 833, 875, 1018, 1026; 4/277, 803; 5/45, 46, 197, 356, 364, 432, 446, 449, 450, 692, 794, 943, 1011
- производные, см. *Альдегидо- и кетокислоты, Альдимины и кетимины, Ацетали и кетали, Гидроксильные альдегиды и гидроксикетоны, Кетональдегиды, Кетоксимины, Кетозифиры*
- пространственно-затрудненные 5/606
- свойства 1/2, 3, 198, 199, 201–204, 253, 265, 272, 422, 423, 430, 436, 440, 444, 450, 464, 566, 598, 599, 602, 641, 655, 656, 658, 708–710, 714, 752, 941, 942, 947, 953, 964, 1074, 1075, 1082, 1094, 1095, 1134, 1148, 1203, 1221, 1222; 2/8, 28, 32, 71, 120, 135, 173, 178, 180, 245, 403, 410, 420, 421, 516, 549, 581, 600, 641, 647, 742, 746, 751, 785, 809, 810, 858, 889, 900, 1080, 1138, 1139, 1143, 1153, 1155, 1203; 3/10, 11, 78, 110, 268, 319, 555, 665, 671, 678, 681, 685, 721, 722, 732, 739, 767, 785, 884, 887, 916, 1021, 1023–1026, 1035, 1036, 1049, 1050, 1080; 4/201, 359, 372, 396, 450, 500, 501, 873, 898, 906, 918, 938, 1100, 1127, 1134, 1137, 1139, 1140, 1146, 1148, 1157; 5/9, 20, 36, 60, 122, 263, 265, 280, 293, 305, 311, 405, 606, 607, 724, 738, 790, 825, 975, 995
- хиральные 5/542, 543, 545
- циклические 1/444, 450, 658, 697, 825, 943, 1144; 2/75, 111, 226, 238, 441, 744, 745; 3/290–292, 514, 515, 558, 700, 893, 1059; 4/528–530, 800, 872, 1157, 1222; 5/95, 96, 545, 641, 710, 711, 713, 792, 793, 1000
- $\gamma$ -Кетопимелиновая кислота 5/1059
- Кетопираны 3/1073–1075
- 2-Кетопиримидины 5/450
- 20-Кетопропаны 1/1048
- $\alpha$ -Кетопропионовая кислота 1/195
- Кетопрофен 1/297; 4/219, 220
- Кетосахара 2/344
- Кетоспирты 2/180, 972; 3/1040; 4/1197
- Кетостероиды 1/300, 825; 2/960; 4/1156; 5/1057
- Кетотетрагидроимидазолы 2/412, 413
- Кетотифен 1/318
- Кетософонаты 1/361; 3/179
- Кетофуранозиды 4/581
- Кетозифиры 1/390, 519, 971, 980; 2/110, 111, 180, 784, 785, 815; 3/891; 5/20, 526, 792, 1059
- Кетозифера градусы 2/306
- Кёттигит 5/749
- Кёлнитит 3/241
- Киан 3/1202
- Кианит 4/680
- Кианол 1/306
- Клафенин 1/517
- Кибернетика 2/747, 748–750; 3/193
- Кижнера реакция 2/750
- Кижнера–Вольфа реакция 2/751, 745; 1/198, 1073
- Кизельгур 2/126, 664, 670, 677; 3/325; 5/198, 199, 982, 996
- Кизерит 1/956; 2/1234, 1250; 4/538, 833
- Кикучи линии 5/894
- Кил 3/838
- Килиани–Фишера реакция 2/752; 3/268, 708
- Кимберлиты 3/970; 4/561
- Киназы 1/40, 130; 2/578; 4/810, 1193, 1242; 5/272
- Кинга реакция 3/813, 814
- Кингспай 4/49, 50
- Киндлера модификация 1/708
- Кинне-замещение 2/752, 753
- Кинкес 4/901, 902
- Кинель 3/1248, 1249
- Кинематическая вязкость 3/13, 1183–1185; 5/30, 31
- Кинетика
- абсорбции 1/7–11
- адсорбции 1/60, 61
- диффузионная 2/1259–1261
- жидкостной экстракции 5/828, 829
- зарождения новой фазы 2/318–320
- $\gamma$  биотрансформация лекарств, см. *Фармакокинетика*
- и гибкость макромолекул 2/1264, 1265
- и критическое состояние 2/1072–1074
- и планирование эксперимента 3/1112, 1113
- и приближение квази стационарности 2/715
- и реология 4/487
- и стабильность координационных соединений 2/930
- и энергия системы, оператор 2/722
- коррозии металлов 2/953–956
- люминесценции 2/1223
- методы, см. *Кинетические методы*
- мицеллообразования 3/184
- поликристаллическая 4/414
- радиоактивных превращений 4/316, 317
- разрушения твердых тел 3/146; 4/251, 252
- растворения 4/350–352
- реакций 2/753, 754–756; 1/1052; 4/415; 5/177–179, 436, 509. См. также *Макрокинетика*, отдельные типы реакций
- бимолекулярных 1/547, 548
- быстрых, см. *Быстрые реакции*
- в газах, см. *Газофазные реакции, Газы*
- в растворах 4/404–406, 410, 411
- в твердых телах 4/411, 413, 414, 999, 1001
- возбужденных молекул, см. *Динамика элементарного акта, Лазерная химия*
- диффузионно-контролируемых 2/192, 193
- закон действия масс 2/23; 4/149
- и период индукции 3/954
- и теория столкновений 4/871
- и топография тела, см. *Топохимические реакции*
- каталитических 2/688, 689–693, 1257–1261; 3/429
- концентрации компонентов, кривые 1/60, 61; 2/753, 755, 757, 759; 4/150
- мономолекулярных 3/257–260
- неравновесных 3/426, 259, 260, 427–430, 1102; 2/42, 756, 1122; 4/463, 1070
- низкотемпературных 2/1034
- область протекания 1/1052; 2/689
- обменных изотопных 2/388
- – июньных 2/514
- обратимых и необратимых 3/644
- окислительно-восстановительных 1/560; 3/664
- отверждения 3/840
- плазменных 3/1099–1103
- поликонденсации 3/1257, 1258
- полимераналогичных 3/1263
- полимеризации 3/1266
- порядок 4/149, 150
- прямая и обратная задачи 2/754, 903
- равновесных 3/426, 427
- – принцип 2/41, 42; 4/1068
- расщепления 1/393, 1179
- рацемизации 1/393; 4/390
- сосаждения 4/760–762
- схемы 2/759
- тепло- и массоперенос, см. *Массообмен, Теплообмен*
- тримолекулярных 4/1265
- уравнение, см. *Кинетическое уравнение*
- ферментативных 5/153, 108, 154–158; 1/558; 2/423, 690
- цепных 5/685–687, 692
- электродных 2/145, 429, 435, 953–955; 4/154, 993. См. также *Электрохимическая кинетика*
- эффекты, см. *Кинетические эффекты*
- сублимации 4/891
- сушки 4/957–959
- физическая 4/829–832
- формальная 5/179
- фотопереноса протона и электрона 5/338
- химической поляризации ядер 5/460
- Кинетин 5/769
- Кинетические методы
- адиабатического сжатия 1/43, 44; 2/754, 880, 881, 1101
- анализа 2/756, 754, 757; 3/161; 4/397; 5/147, 156, 489
- диффузионных пламен 2/195, 754

- импульсные, см. *Импульсные методы*  
 конкурирующих реакций 2/897, 898  
 молекулярных пучков 3/237, 238–240  
 прерывистого освещения 4/164, 165, 462  
 проточные 4/880, 881  
 релаксационные 4/461, 462, 464  
 секторный 4/164, 165  
 струевые 4/880, 462, 881; 2/754  
 температурного скачка 4/1031, 1032  
 ударных труб 5/53, 54; 2/754; 4/462  
 хемилуминесцентный 5/445
- Кинетические эффекты**  
 изотопный 2/758, 386, 759, 811, 898; 4/245  
 индуктивный, см. *Индуктивный эффект*  
 компенсационный 2/868  
 матричный 2/1326  
 нелинейные 2/1258, 1259
- Кинетическое уравнение** 2/759, 753, 757, 1255, 1256, 1259; 4/149, 150, 415, 958, 959
- Больцмана** 4/830, 831  
 константы, см. *Константы скорости*  
 сигнальные графы 1/1199, 1200
- Кининазы** 1/1120; 2/760  
**Кининогеназы** 5/1036  
**Кининогены** 2/760  
**Кинины** 2/759, 635, 760; 3/401, 773; 5/1039, 1041
- Киниера-Клея реакция** 2/811, 812  
**Киноварь** 3/1001; 4/546–548, 550, 630, 972
- Киноплёнки** 2/359. См. также *Фотография*, *Фотографические материалы*
- Кинуренин** 3/619, 620; 5/1, 970  
**Кинуреновая кислота** 5/528, 529  
**Кисторфин** 3/766
- Кипарисовые продукты**  
 камфора 5/654  
 масло 2/598  
**Кипелка** 2/349
- Кипение** 2/760, 540; 4/1047, 1051  
 вибрационное 1/707  
 зарождение новой фазы 2/316, 317, 319  
 и испарение 2/760–763  
 и охлаждение 5/597–604  
 кривая 2/57, 61, 62  
 растворов, температура 3/828; 4/1029, 1032, 1033  
 уравнение Клапейрона–Клаузиуса 2/788
- Кипреналь** 2/763, 764; 4/800  
**Кипящий слой** 2/683; 3/634, 637, 1009; 4/258; 5/718. См. также *Псевдооживленный слой*
- Киркиндия эффект** 2/197  
**Киропулоса метод** 3/255, 256
- Кирпич**, механические свойства 3/145  
**Кирсанова реакция** 2/764, 415, 765; 5/241
- Кирхгофа уравнение** 2/765; 4/1030, 1040, 1086; 5/464
- Кислячная соль** 5/795
- Кислород** 2/765, 578, 789; 1/399, 400, 558, 773, 780, 1109; 3/171, 575, 576; 5/54, 494, 936, 937  
 аллотропия, см. *Озон*  
 аннион-радикал 2/525, 526; 4/940  
 гидраты 1/912  
 жидкий 1/608; 2/766, 768; 4/342, 343, 587, 731; 5/604  
 индексы 2/649  
 как бозон 3/892  
 как метаболит, см. *Брожение*, *Дыхание*, *Обмен веществ*  
 как фактор пожара 3/1186  
 клатраты 2/911, 1043  
 коррозионная активность 2/321, 322
- «медицинский» 2/768  
 молекулярно-ионные формы 2/509, 561, 603; 3/575, 652, 666. См. также *Диоксигенные соединения*, *Пероксидные соединения*  
 оксидоредуктаза 2/1194  
 определение 1/121, 886, 887, 889, 892–896, 915–917; 2/442, 499, 711, 768, 1318; 3/113, 1054; 4/627, 628, 666, 667, 883, 1056, 1062; 5/68, 148, 916  
 переносчики, см. *Гемоглобин*, *Миоглобин*  
 плазменный 3/169, 170  
 полимеры 3/419, 420  
 получение 1/63, 778, 786, 794–798, 883; 2/767–769, 1037, 1038, 1207, 1208; 3/359, 360, 412, 414, 658, 659, 972, 988, 1075, 1076; 4/461; 5/560, 602, 605, 619, 659, 854, 922. См. также *Фотосинтез*  
 применение 1/62, 63, 608, 1053; 2/221, 432, 464, 768, 1035; 3/1076; 4/224, 227, 477, 1211; 5/160, 206, 781, 917. См. также *Кислородные устройства*  
 свойства 1/6–8, 518, 664, 767, 831, 832, 835, 877–879, 901, 903, 926, 955, 972, 995, 1015, 1066, 1122, 1158; 2/189, 198, 200, 326, 327, 384, 392, 409, 622, 658, 745, 747, 755, 757, 766, 767, 773, 853, 883, 912, 954, 1077, 1172, 1221; 3/88, 226, 288, 488, 575, 576, 604, 605, 662, 782, 785, 882, 955, 957, 958, 971, 979, 1187, 1188; 4/152, 331, 339, 433, 515, 574, 639, 693, 750, 803, 808, 813, 827, 848, 1005, 1039, 1077, 1086; 5/10, 16, 53, 332, 333, 358, 437, 438, 442, 448, 463, 543, 552, 630, 648, 882. См. также *Горение*, *Кислородные процессы*, *Окисление*, *Окислительные процессы*  
 синглетный 2/766  
 соединения ионные 3/765  
 – с элементами, см. *Оксиды*  
 супероксид 2/525, 526; 4/940. См. также *Супероксиды*  
 твердый 1/341  
 фториды 2/769, 137, 767; 1/970; 3/576, 662, 698; 4/342, 343; 5/388, 389, 391  
 экзимеры 2/1037
- «Кислородная теория» кислот 2/777  
**Кислородные процессы**. См. также *Окисление*  
 аэробное брожение 1/608, 611  
 диссоциация, кривая 1/1007, 1008  
 дыхание, см. *Дыхание*  
 конвертерный 2/258, 264; 3/94  
 щелочная деглигнификация древесины 2/1164
- Кислородные устройства** (материалы)  
 дыхательные аппараты 2/768  
 лазеры 2/1127, 1128  
 свечи 2/768; 3/369, 1075  
 электроды 5/920
- Кислотная точка росы** 4/540  
**Кислотное число** 2/769, 304, 306, 308, 602, 770; 3/447, 764; 4/378; 5/1012
- Кислотно-основной (ый) анализ**  
 буферные растворы 1/652, 653  
 индикаторы 1/787; 2/446–450, 770, 887, 1057, 1083, 1090, 1091, 1216, 1217, 1231, 1271; 3/124, 272, 387, 523, 562, 563; 4/398, 530, 569, 936  
 кондуктометрия 2/896, 897  
 титрование 2/770, 446–448, 1083, 1216, 1224, 1230; 3/795–797; 4/155, 1188, 1189; 5/284  
 функция Гаммета, см. *Кислотность*  
 число нейтрализации, см. *Кислотное число*
- Кислотно-основной (ый) катализ**  
 2/770, 645, 664, 666, 692, 710, 745, 746, 751, 771–774, 784, 785, 787, 813, 986, 1022, 1080, 1108, 1109, 1113, 1138, 1139, 1211; 1/181, 1054, 1056, 1057, 1098, 1159, 1160; 3/28, 77, 180, 181, 269, 516, 523, 604, 708, 738, 937, 965, 1022; 4/343, 344, 561, 562, 746; 5/152, 709
- Кислотность** 2/620, 701, 773, 777, 779–781, 783, 784, 887; 3/172  
 функции 5/422, 423, 424
- Кислотные источники тока** 5/487, 488
- Кислотные красители** 2/774, 629, 775, 776, 976, 977, 982, 990–996; 1/155, 354; 3/997, 1199, 1200; 4/50  
 азиновые, см. *Азиновые красители*  
 азосоединения 1/83; 2/774; 3/381  
 антрахиноновые 1/352, 353; 2/775, 979, 1000; 3/25  
 арилметановые 1/367; 2/775, 776  
 голубые 1/75, 353, 367; 2/980  
 дисперсные 3/543  
 желтые 3/542, 543  
 зеленые 1/353; 2/78, 79; 3/537  
 коричневые 2/999; 3/543  
 красные 1/81; 2/78; 5/957  
 ксантеновые 2/1083  
 металлосодержащие 2/991–993, 995, 996; 4/248
- нейтротианины** 3/131  
 иитрозо- и нитросоединения 3/537, 542, 543  
 оранжевые 1/81; 3/719; 5/19  
 протравные 4/248  
 розовый озон 2/1082  
 синие 1/238; 2/78  
 сульфородамин С 2/1083  
 тиазиновые 4/1116  
 фиолетовые 1/260, 367; 2/78  
 фталоцианиновые 3/25  
 хинофталоновые 5/535  
 черные 2/999; 3/381
- Кислотные осадки** 3/853; 5/684
- Кислотные процессы**. См. также *Кислоты и основания*  
 анализ, см. *Кислотно-основной анализ*  
 гидратация 5/985  
 гидролиз 1/1100, 1155; 2/69–71, 140, 325, 326, 330, 331, 461, 633, 771–773, 941, 988, 1137, 1165; 3/271, 438, 514, 674, 677, 682, 707, 749; 4/341, 622, 623; 5/10, 37, 1009, 1010  
 катализ, см. *Кислотно-основной катализ*  
 коррозия 2/84, 435, 436, 694  
 очистка нефтепродуктов 4/649, 650  
 расщепление 1/440
- Кислотоподобные вещества**, см. *Апротонные кислоты*
- Кислотоупорные материалы**. См. также *Химически стойкие материалы*  
 бетоны 1/544; 2/776  
 вяжущие 1/871  
 замазки 1/871; 2/572, 776  
 и бактерии 1/826  
 кварцевое стекло 2/776, 1028  
 керамика 2/733, 734, 776  
 мастики 2/1319  
 природные 2/776  
 цементные, см. *Цементы*  
 эмалевые, см. *Эмали*
- Кислоты** 1/191; 4/744; 5/820. См. также *Индивидуальные представители*  
 аминокислоты, см. *Аминокислоты*  
 апротонные, см. *Апротонные кислоты*  
 Брёнстеда 4/244  
 гидроксикарбоновые, см. *Оксикислоты*
- гуминовые 1/1212, 626; 2/995; 3/789; 4/1223  
 желчные 2/277, 278, 605; 1/457; 3/624, 786; 4/865, 1119  
 жирные, см. *Высшие жирные кислоты*  
 и основания 2/777, 456, 770, 778, 779, 780–783, 1099; 1/1054, 1056, 1098, 1099; 3/413; 4/244, 744–746. См. также *Основания*  
 – «жесткие» и «мягкие», принцип 2/281, 282, 778–782, 920; 1/225  
 – Льюиса, см. *Льюиса кислоты и основания*  
 –, сопряжение 3/830  
 К 1/257  
 как индикаторы 2/446–449  
 как катализаторы 1/1054, 1056; 2/770–774; 5/1047  
 как растворители 4/359, 360  
 Калле 3/382  
 карбоновые, см. *Карбоновые кислоты*  
 Каро 3/541, 974; 4/632, 644  
 Клеве 3/380, 382  
 коррозионная активность 2/321, 322, 947–949  
 «магическая» 2/784  
 молекулярная масса, см. *Кислотное число*  
 нафтеновые, см. *Нафтеновые кислоты*  
 неорганические 2/782, 12, 645, 777–781, 783, 784, 787; 3/99. См. также *Азотная кислота*, *Галогеноводородные кислоты*, *Серная кислота*, *Фосфорная кислота*  
 номенклатура 3/573, 574, 576  
 НХ 4/595  
 ОН 2/777  
 определение, см. *Кислотно-основной анализ*  
 основность 2/783  
 протонные 1/1160; 2/628, 664, 666, 770, 774, 1293; 3/738; 4/1157; 5/197, 367, 422–424  
 рацемические 4/391  
 сильные и слабые 1/1098, 1099; 5/423, 424  
 смоляные 4/739, 602, 740–742  
 СН 2/777, 105, 117, 119, 120, 246, 372, 403, 581, 620, 621, 651, 745; 1/71, 497; 3/70, 518, 528, 551, 556, 563, 733, 760, 762, 965, 1049; 4/244, 911, 991, 992; 5/705  
 сульфоновые, см. *Сульфокислоты*  
 теиховые 4/1010, 1011  
 ЭН 4/244  
 D 3/386  
 F 3/386  
 G 3/386  
 L 3/386  
 NH 2/618, 777; 3/1078; 4/1099  
 R 3/386  
 SH 2/777  
 SiH 2/777  
 T 3/381
- Кислые соединения**  
 гликопротеин 1/1139  
 гуанин 2/679  
 гуанон 1/1212  
 соли 1/218; 2/636, 637, 639; 3/577; 4/744, 904, 909, 920, 1162, 1182; 5/249–256, 265–268, 275, 276, 279, 280
- Китайгородского принцип** 3/1145
- Китайские соединения**  
 воск 1/826  
 таннин 4/978
- Китаян** 5/421
- Китят** 2/1025, 1026
- Китовый жир** 1/513, 1085; 2/307–309; 3/302

- Кишечные инсектициды 2/468, 470, 472, 474
- Клиновидные алкалоиды 5/967, 968
- Клавулановая кислота 2/1136; 3/1097
- Клавулон 4/209, 210
- Клайзена  
конденсация 2/784, 106, 110, 621, 638, 785, 889, 936; 1/195, 440, 991, 992, 1204; 4/68, 1434; 5/792, 1010
- перегруппировка(я) 2/786, 787; 1/185, 199, 717; 5/60, 905, 1008
- раствор 1/163
- реакция 1/711
- Клайзена-Шмидта реакция 2/787, 788, 1080; 5/60
- Клапанные тарелки 4/987-989
- Клапейрона-Клаузиуса уравнение 2/788, 57, 761; 3/1093; 4/890, 1030, 1034
- Клапейрона-Менделеева уравнение 2/788, 789; 1/679, 924, 988; 3/883, 1146; 5/69
- Кларен 2/596
- Кларка нормальный элемент 3/583; 4/549
- Кларка-Вернадского закон 2/789
- Кларки химических элементов 2/789; 1/1017, 1018; 4/349, 431, 434; 5/915, 916, 936. См. также *Космохимия*
- Кларкит 5/83
- Клародон 2/1101
- Классификация 2/789, 491, 790; 3/144
- в воздухе, см. *Сепарация воздушная гидравлическая* 2/790, 351, 791, 792; 3/630; 4/628
- и гранулометрический состав, см. *Ситовый анализ*
- и измельчение 2/358, 789, 792; 3/630; 4/630
- и обогащение по трению 3/636
- и осаджение 3/820
- инфразвуковая 2/491, 492
- механическое просеивание, см. *Грохочение*
- сортировка 2/789; 3/630
- циклические режимы 5/715
- Кластеры 2/792; 4/890; 5/28, 464, 475, 742, 763, 863, 965
- и модели ядер 5/1033
- и радикальные пары 4/309
- и электроны 2/793-795; 4/750
- как катализаторы 4/1160
- как молекулярные лучки 3/240, 421
- как сверхпроводники 4/586
- как фазы Швереля 2/797
- напыление 3/334
- «обменные» 2/797; 4/96, 98
- соединения и материалы 1/379, 1058, 1198; 2/191, 362, 363, 374, 641, 792-797, 924, 1232, 1317; 3/78, 80, 82, 147, 250, 476, 494, 826, 949, 1130; 4/316, 414, 533, 567, 586, 626, 641, 835, 844, 848; 5/162, 415
- частицы 2/505, 509, 527, 530, 532, 792, 793, 794, 796; 4/750; 5/43
- Клатрасил 2/798
- Клатраты 2/798, 34, 224, 799, 988, 1043; 1/1115; 3/1238; 4/391, 392, 656, 752, 1139, 1140; 5/552. См. также *Включения соединения благородных газов* 1/568, 569; 2/1037, 1043, 1088
- газовые гидраты 1/911, 767, 896-898, 912, 930; 2/798, 1043; 3/347; 4/889
- и сольваты 4/752
- интеркалаты 2/477, 798; 3/96, 250, 295, 394, 395; 4/584, 791, 793, 1024. См. также *Графита соединения*
- радиоактивные 4/328
- Клатрини 2/798
- Клаудетит 3/111
- Клаузиуса  
теплота 3/645
- уравнение 4/1065
- Клаузиуса-Моссогги реакция 2/207
- Клаусталлит 4/603, 619
- Клеве кислота 3/380, 382
- Клеветт 1/1002
- Клеверный лист 4/1238, 1239
- Клеенки 2/1210; 3/437; 5/26
- Клен 2/799, 800; 1/657
- адгезионные связи, см. *Адгезия*
- Склеивание*  
акрилатные 2/807
- альбуминовые 2/802
- анаэробные 2/806, 807
- антисептические 1/337; 2/808
- БФ 3/1224
- глиотиновые 2/802; 3/719
- декстриновые 2/802
- дисперсии 2/808, 809
- животные 2/802; 3/719; 5/223
- казеиновые 2/802
- каифольные 2/602, 802, 808, 990; 4/444
- карбамидные 2/806
- керамические 2/800, 801
- кремнийорганические 2/803, 806
- латексные 2/806, 999; 4/443
- материалы, см. *Клеевые материалы*
- металлические 2/801; 3/1218
- минеральные 2/800, 801; 4/42
- модифицирование 2/799, 801-804, 807-809
- мочевинно- и феноло-формальдегидные 2/803, 804; 3/281, 282
- на основе крахмала 2/802, 989
- — натурального каучука 2/802; 4/444
- неорганические 2/800, 801; 3/1218; 4/715
- обувные 2/809; 3/1235
- олигомерные 2/803-807; 3/743
- оптические 1/454; 3/776
- органические 2/799, 802-809
- пасты 2/284, 799-801, 804, 806
- пластизольные 2/809
- полиакриловые 2/808; 3/70
- полиамидные 2/808
- поливинилацетальные 2/808; 3/1223
- поливинилацетатные 2/808, 809; 3/1223
- поливинилхлоридные 2/808, 809
- полиизобутиленовые 3/1244
- полиимидные 2/807; 3/1249
- полиолефиновые 2/809
- полисульфидные 4/42
- полиуретановые 2/805; 4/57
- полиэфирные 2/809; 4/93
- порошки 2/799-802, 804, 807-809
- природные 2/802, 559; 3/719; 4/444, 715
- протенные 2/802; 3/719
- расплавы 2/803, 808, 809; 3/1136; 4/716, 1088
- растворы 2/800-809
- раствительные 2/802, 809; 3/719; 4/444
- реактивные 2/803-807
- резиновые 4/443, 444, 445, 715, 753; 1/846; 2/802, 803; 5/139
- рыбий технический 2/802
- силикатные 2/801
- синтетические 2/803, 804-809; 3/70, 281, 282, 445, 742, 743, 1196, 1223, 1224, 1232, 1244, 1249; 4/1, 21, 42, 57, 93, 715, 716, 771; 5/137, 983
- суспензии 2/799-801
- схватывающие 2/808
- термопластичные 2/803, 804, 806-809; 4/716
- термостойкие 3/806, 1223
- фосфатные 2/800, 801
- холодного отверждения 3/746; 4/450
- эластифицированные 1/454; 2/134, 804, 806, 807; 4/443-445
- электропроводящие 3/87
- эпоксидные 2/804
- Клеевые материалы*. См. также *Клеи*
- замазки 2/312, 1319
- краски 2/799, 559, 802, 982; 1/337
- липкие ленты 2/1192; 3/808, 1244, 1245
- мастики 1/564; 2/1319
- мыла 3/302, 303
- пленки 2/225, 799, 801, 803, 804, 807-809
- цемент 1/454
- Клейна-Гордона-Фока уравнение 2/721
- Клейофан 5/746
- Клейтона-Еисена реакция 3/671, 672
- Клемменсена реакция 2/809, 745, 751, 810; 4/1143
- Клеричи жидкость 4/975
- Клерцид 1/1030
- Клетка(и)  
дыхание 2/240, 241
- живые, биоэнергетика 1/561, 558, 559
- инженерия 1/555, 559. См. также *Генетическая инженерия*
- клатраты 2/798
- мембраны, см. *Биомембраны*
- островков Лангерганса 1/1154
- РНХ 2/1323
- Т-ростовый фактор 2/478
- эффект 2/810, 302, 465, 755, 811, 1034; 1/548; 3/653; 4/301, 302, 309, 310, 406, 407, 413, 867; 5/337, 353, 372, 459
- яды, см. *Яды*
- Клековского правило 1/406; 3/960
- Клещевидные соединения 2/923, 924. См. также *Хелаты*
- Клея-Киннера-Перрена реакция 2/811, 812; 3/111, 112; 5/276, 312
- Клиббенса-Ниренштайна реакция 3/498, 499
- Клинические декстраны 2/31
- Клинкеры 2/356, 588; 5/670-672
- Клиноптилиты 1/797; 4/557; 5/655, 681
- Клион 4/239
- Клирспан 4/49, 50
- Клозапин 3/398, 399
- Клозокарбораны 1/379
- Клоксациллин 2/361
- Клоназепам 4/240
- Клонирование 3/152; 4/522. См. также *Генетическая инженерия*
- Клотримазол 4/228, 229
- Клофелин 2/812; 1/317, 1119, 1120; 3/113; 4/743
- Клофибрат 2/812, 813; 1/1118, 1119
- Клохиол 4/230
- Клуванононовая кислота 1/863, 864
- Клупел 3/711, 712
- Ключевые вещества 2/348; 4/718
- Ключевые термохимические величины 4/1087
- Киевенеги реакция 2/813, 105, 621, 647, 814, 888, 1081, 1274-1276; 1/197, 497, 980; 3/515; 4/536, 804; 5/561, 707
- Кнопит 3/969, 970
- Кнориа  
пиррол 2/814
- реакция 2/814, 815, 816; 3/870, 871; 5/526, 527, 713
- Кнудсена  
диффузия 1/60; 2/198; 3/42
- метод 4/1032, 1033
- число 1/446; 3/237
- ячейка 2/796, 1315
- Кнудсена-Ленгмюра уравнение 2/164
- Коагелн 1/1001
- Коагулом 2/703
- Коагулянт, см. *Коагулянт*
- Коагулянт 2/816
- Коагуляция 2/816, 148, 153-156, 192, 193, 253, 268, 319, 332, 338, 339, 408, 703, 731, 817, 818, 860, 1123, 1130, 1149, 1182, 1183; 1/448, 770, 870, 990, 1001, 1111, 1213; 3/819, 820, 858, 859, 1010, 1013, 1173; 4/85, 884-886, 952; 5/59, 62, 171, 203-205, 761, 949
- Коалесценция 2/818, 153, 155, 156, 816, 860, 1183; 1/789; 3/163, 903, 1172; 5/59, 949, 951, 958
- Коацервация 2/818, 819; 3/182
- Кобаламины 1/742; 2/944, 970
- Кобалофилины 1/742
- Кобальт 2/819, 838; 1/550, 1019; 3/849, 871; 5/54, 937
- алюминат 2/821, 833, 1225; 3/1012
- амальгамы 1/223
- аммины 1/335; 2/821, 826, 926, 929, 931, 932
- антимониды 1/331, 332; 2/821
- арсенат 1/382, 383; 2/819
- арсениды 1/384; 2/819-821; 3/304, 308, 1053
- ацетат 2/822, 120, 823, 1001; 3/526
- бораты 2/822; 3/371; 5/400
- бориды 2/820
- галогениды 2/823, 113, 822, 824, 825, 829, 1093; 1/953; 3/79, 89, 90, 346, 982, 1056; 4/69, 752; 5/277
- гексааниоферрат 5/454
- гидриды 1/1081, 1082; 2/820
- гидроксиды 2/710, 822-826, 829
- зелень Ринмана 5/748
- изополикарбонаты 1/1060
- интерметаллиды 1/1081, 1082; 2/483, 485; 5/162
- карбид 2/624, 820
- карбонаты 2/824, 86, 819
- карбониллы 2/824, 121, 362, 405, 417, 633, 642, 646, 793, 794, 825, 830, 1139; 1/648, 649, 894, 916, 1112, 1161; 3/78; 4/196, 204, 208, 499-501
- кластеры 2/793, 794, 796
- лутеосоли 2/821
- мобилитаты 1/1057; 2/669, 672
- нитраты 2/825, 677, 823, 826; 3/1216; 5/56
- нитриды 2/820
- оксиды 2/825, 200, 242, 672, 675, 677, 747, 767, 819, 1000, 1001; 1/438, 1055, 1089; 3/168, 368, 971, 975, 1012, 1056; 4/193, 839, 1010; 5/943
- определение 1/120, 284, 336, 348, 505, 615, 739; 2/176, 451, 710, 743, 822, 896, 1090, 1104, 1217, 1219, 1224; 3/63, 113, 124, 169, 366, 690, 703, 969, 1044, 1058; 4/397, 399, 555, 786, 936, 1126, 1165, 1250; 5/118, 431, 781, 837
- органические соединения 2/830, 98, 120, 151, 175, 177, 537, 615, 774, 775, 806, 821, 822, 831, 923, 926, 929, 932, 943-945, 1035, 1085, 1102, 1296, 1297, 1326, 1327; 1/170, 364, 365, 433, 438, 563, 571, 901, 902; 3/62, 78, 83, 84, 371, 390, 526, 539, 713, 714, 749, 773, 838, 875, 1016, 1211, 1229; 4/51, 92, 534, 589, 1140, 1148, 1201, 1202; 5/56, 94, 383, 724, 936
- перлорат 3/990
- пирит 3/1053
- получение 1/116, 869, 977; 2/32, 84, 87, 117, 822; 3/7, 89, 90, 255, 412, 475, 1001, 1053, 1068, 1069, 1193;

- 4/139, 561, 613; 5/207, 651, 669, 833, 854, 895, 923  
 празеосоли 2/821  
 применение 1/631, 632, 904; 2/822, 829, 1015, 1171, 1227; 3/71, 87, 301, 303, 624; 4/335, 669, 670; 5/199, 454, 735, 920. См. также *Кобальтовые удобрения*  
 рэзоосоли 2/821  
 свойства 1/978, 1015; 2/84, 198, 282, 664, 665, 667, 670, 677, 820, 822–831, 919, 920, 924; 3/97, 325, 949, 955–958, 1093; 4/236, 295, 325, 331, 349, 350, 751, 813, 895, 979, 1097, 1137; 5/49, 56, 85, 141, 159, 164, 271, 332, 384, 385, 455, 611, 651, 656, 681, 726, 750, 978  
 селениды 2/820; 4/505, 619, 684, 685  
 силикаты 2/676, 821; 5/407, 408  
 силициды 2/820  
 сплавы 2/827, 249, 250, 260, 261, 734, 736, 737, 822, 828, 878–880, 949, 1153, 1240–1243, 1332, 1333; 1/875; 3/482–484, 492, 825, 1134; 4/142, 157, 712, 1008, 1009, 1180; 5/451, 966  
 сульфаты 2/828, 821, 822, 824, 829  
 сульфиды 2/675, 819, 820; 3/1053; 4/193, 505, 585  
 теллуриды 2/820, 821  
 титонаты 2/82, 822  
 титанат 3/1012; 4/1184  
 феррит 2/734; 5/163  
 фосфаты 2/821; 5/248–250  
 фосфиды 2/820; 5/257  
 фториды 5/391, 393  
 хлорат 2/944  
 хлориды 5/16, 449, 454  
 хроматы 2/666, 669, 672; 5/631, 632  
 хромит 3/1012  
 цианиды 5/703  
 Кобальтин 1/384; 2/819; 3/165  
 Кобальтовые пушки 4/331  
 Кобальтовые удобрения 2/829, 830, 870; 3/160, 161  
 Кобальтоцен 2/830; 3/91  
 Кобальтоцены соли 3/91  
 Кобамид 2/970  
 Кобамид(ы) 2/944  
 коферменты 1/742, 743; 2/365, 943, 946, 968, 970. См. также *Витамины В12*  
 Кобелит 5/144  
 Кобинамид 2/944  
 Кобиновая кислота 2/944  
 Кобировая кислота 2/944  
 Кобированная кислота 2/944  
 Ковалентная связь 2/831, 71–74, 300, 623–625, 722, 832, 925, 979, 980, 991; 1/1079, 1080; 3/80, 98, 205, 207, 208, 415, 419, 508, 719–722, 764, 765, 787, 971, 974, 975, 986, 989; 4/674, 994; 5/256, 257, 461–463  
 в кристаллах, см. *Ковалентные кристаллы*  
 в макромолекулах 2/1263  
 в минералах 3/164  
 в полупроводниках 4/102, 103, 106, 107  
 в протестических группах 2/967, 968, 970  
 длина, см. *Ковалентные радиусы и взаимодействия «мягко-мягкие»* 2/289  
 – обменные 3/627, 628  
 и компьютерный синтез 3/793  
 и иммобилизация ферментов 2/421, 422, 463, 464  
 и комбинация 4/450  
 и связь ионная 2/506; 4/102  
 – координационная 2/832, 919  
 – металлическая 2/478, 479; 3/73; 4/102  
 и хроматография 1/417, 418  
 и электронная конфигурация 2/904  
 и электроотрицательность 5/896, 897  
 полярность 2/919; 4/127  
 Ковалентная хроматография 1/417, 418, 478  
 Ковалентные кристаллы 2/832, 510, 833, 1056, 1063, 1069; 3/224, 225; 4/745  
 Ковалентные радиусы 1/411, 412; 3/227, 228, 413  
 Ковар 2/261, 262, 828  
 Ковача индексы 1/910, 919; 2/609; 5/622, 623, 626  
 Ковеллин 3/1, 2, 4; 4/630  
 Ковкость  
 минералов 3/167, 168  
 чугунов 2/257, 263  
 Когезия 2/833, 146, 155, 834, 1182; 1/36, 37; 4/356, 732  
 Когерентное антистоксово рассеяние света 2/726, 866, 1120; 3/141  
 Коленя 2/835; 1/144, 296, 297; 3/274, 275, 765; 4/230; 5/119  
 Кодель 4/90  
 Копируемые аминокислоты 1/1124, 1149, 1150, 1152; 4/191, 192, 642, 1170, 1247. См. также *Генетический код*  
 Колоны 1/1012, 1013; 2/877, 1323, 1324; 3/174, 300; 4/521, 1232–1235, 1238–1240  
 Коингит 2/457  
 Кожа 2/835, 836; 5/127  
 антисептики 1/337; 2/227; 5/587  
 гидрофобизация 3/876  
 дубление 2/234, 202, 235, 236; 1/859; 4/544, 920, 979; 5/138, 143, 631, 761  
 жиrowание 1/139; 2/15; 4/919  
 искусственная 2/836, 837, 838, 971, 997, 998; 1/716, 865; 3/903, 1114, 1234, 1270; 4/1; 5/25  
 как фрикционный материал 5/371  
 крашение 2/995, 462, 701, 775, 971, 977, 996–998; 3/131, 471, 543, 693, 834, 1009; 4/1128, 5/412  
 обезволизация 2/835; 3/363  
 пикелевание 2/18  
 склеивание 2/802  
 тальковая 3/895  
 Кожно-нарывные отравляющие вещества 3/843–846  
 Кожухотрубчатые аппараты 3/1141–1143; 4/1051  
 Козалит 1/733  
 Койевая кислота 2/838  
 Коканн 2/936; 3/107, 786, 1080; 5/17, 18  
 Кокарбоксылаза 2/970; 4/1120  
 Кокимбит 2/264  
 Кокосовое масло 1/866; 2/83, 216, 616; 3/302, 303, 728; 4/381, 377–380, 990; 5/974  
 Кокосовый жир 2/304  
 Кокс. См. также *Коксовое число*, *Коксуемость*  
 битумный 1/562  
 бытовой 2/839  
 доменный 2/839, 846, 847; 4/1174, 1223  
 и канцерогены 2/606  
 как восстановитель 2/839; 4/592, 593  
 как каталитический яд 2/668  
 как наполнитель 5/143  
 карбонизационный 2/640  
 литейный 2/839  
 каменноугольный 2/838, 256, 597, 839, 841, 846, 847; 1/1190, 1192; 3/863, 864; 4/193, 265, 592, 593, 702; 5/39, 43, 50, 284  
 нефтяной 2/839, 678–685, 840, 841, 1005; 1/1192; 3/445–447, 1058–1061, 1063, 1065, 1066, 1174; 5/39, 40  
 пековый 2/840, 594, 841; 3/894, 895; 5/43, 50  
 полимерный 5/137  
 получение, см. *Коксование*, *Полукоксование*  
 формованный 2/843  
 электродный 1/1106, 1178; 2/844; 4/703  
 Кокса–Эйтса постулат 5/424  
 Коксование 2/841  
 и полукоксование 4/100  
 нефтяного сырья 2/169, 839, 843, 844, 1251; 3/441, 442, 444, 462, 526; 4/1059, 1060  
 углей 1/880, 926, 927; 2/591, 597, 838, 840–843, 845; 3/423, 1000, 1054, 1058, 1061; 4/701, 702, 705  
 – продукты, см. *Кокс*, *Коксовые продукты*, *Коксохимия*  
 Коксовое число 2/844, 845; 3/448  
 Коксовые продукты  
 газ 2/845, 592, 595, 651, 696, 841, 842, 846, 847; 1/901, 904; 3/101, 1054, 1055; 4/633, 863, 969, 1115, 1165, 1202; 5/44, 806  
 огнеупоры 3/650  
 «пирог» 2/841–843  
 смолы 2/841; 4/701, 702. См. также *Каменноугольная смола*  
 твердый остаток, см. *Кокс*  
 Коксохимия 2/846, 597, 847; 1/467; 3/92, 94  
 Коксуемость 1/1090; 2/597; 3/447, 448, 454, 456  
 Кокулин 5/969, 970  
 Кокулолидин 5/969, 970  
 Коламин 5/974  
 Колебательная химическая связь 5/463  
 Колебательные методы  
 дефектоскопия 2/49  
 спектроскопия, см. *Колебательные спектры*  
 Колебательные реакции 2/847, 697, 848–852; 1/1169, 1171, 1200; 3/429, 626; 4/574. См. также *Автокатализ*  
 Белоусова–Жаботинского 1/484, 485, 486; 2/850; 3/837, 842; 4/574  
 в звуковых полях 5/60  
 энергетически разветвленные цепи 5/689–691  
 ингибиторы 1/485, 486; 2/848, 849  
 как диссипативные структуры 3/842; 4/1070  
 Колебательные состояния молекул 1/45; 2/1310  
 квантовые числа 2/721  
 постоянная 2/852  
 спектры, см. *Колебательные спектры*  
 Колебательные спектры 2/852, 386, 492, 726, 727, 853–855, 865; 1/792, 833, 836; 3/209, 220, 230, 394; 4/160, 780, 784, 882; 5/361, 463, 546  
 Колеманит 1/581, 587; 2/583, 584  
 Колестипол 1/1118, 1119  
 Количественный анализ 2/855, 856; 1/292, 293, 295; 3/785; 5/173, 489, 490, 497, 836–838  
 активаторы 1/108, 109  
 активационный 1/119–121; 2/387, 503, 712; 3/402, 431; 4/327, 436  
 атомный, см. *Атомные методы анализа*  
 бесстружковый 1/542, 543  
 биологический 1/549, 550  
 волюмометрия 3/645  
 газовый 1/914–918; 3/645  
 гравиметрический, см. *Гравиметрия*  
 дналькометрия 2/209, 210, 292; 1/755  
 и метрология 3/136–140  
 изотопный, см. *Изотопный анализ*  
 индикаторный радиоактивный 4/327, 328  
 – реактивными бумагами 4/398  
 колориметрический, см. *Колориметрический анализ*  
 кулонометрия 2/1097, 856, 1098–1100  
 люминесцентный 2/1218, 1219  
 масс-спектрометрия 2/1315–1317  
 метод Ван Слайка 1/681, 252, 273  
 – изотопного развешивания 2/381, 382, 383, 1315, 1318; 1/94, 917; 4/327, 328, 557  
 – Коршун–Климовой 2/960  
 микрохимический, см. *Микрохимический анализ*  
 молекулярный 3/230, 231; 2/855  
 нейтронно-абсорбиционный 3/402, 403  
 неразрушающий 3/430, 431  
 нефелометрия и турбидиметрия 3/439, 440, 441  
 объемный 3/645  
 органических веществ 3/794–799  
 пробирный 4/183, 184  
 рентгеновский 4/470; 5/879, 880  
 спектральный 3/309; 4/775–780; 5/879, 880  
 спектрофотометрия 4/784, 785  
 титриметрический, см. *Титриметрия*, *Титрование*  
 фазовый, см. *Фазовый анализ*  
 хроматографический, см. *Хроматография*  
 хромато-масс-спектральный 5/627–630; 2/1315, 1317  
 элементный, см. *Элементный анализ*  
 Коллаген 2/856, 234, 235, 241, 478, 735, 802, 835, 836, 857, 996; 1/322, 470, 472, 745, 1012; 3/199, 711, 773; 4/192, 215, 284; 5/150  
 Колларгол 4/639  
 Коллективные концентраты 3/634, 635  
 Коллекторы-флотореагенты 5/207, 208  
 Коллигативные свойства растворов 4/365, 371, 372; 5/856  
 Коллидин 2/858; 3/103  
 Коллинеарность, правило 2/127, 128  
 Коллоид 1/454  
 Коллоидная химия 2/858, 859–861; 3/1172; 5/177, 178, 509, 898, 899, 924  
 Коллоидно-дисперсные системы 2/152, 154  
 Коллоидные мельницы 2/146, 356, 357  
 Коллоидные системы 2/152–156, 860; 3/1077. См. также *Дисперсные системы*  
 броуновская диффузия 2/195  
 вязкость 1/872  
 графит 1/1194  
 дзета-потенциалы 5/849  
 золото 2/336  
 и кластерные частицы 2/796  
 и микростерогенный катализ 2/661  
 изотокрическая точка 2/408  
 как твердые растворы 4/1006  
 коагуляция 2/148, 192, 193  
 кремнезем 2/1007, 1026, 1027  
 латексные, см. *Латексы*  
 лиофильность и лиофобность 2/1182, 1183  
 микрэмulsion 3/161, 162, 163  
 минеральные индивиды 3/164  
 мицеллярные 3/1162, 1163  
 обратимые 2/449  
 пенное разделение 3/897



- пластизоли 3/1113, 1114  
пластичные смазки 3/1122, 1123, 1125, 1126  
расклинавающее давление 4/344, 345  
растворы, см. *Золи*  
реология 4/487, 492  
с индикаторами помутнения 2/449  
седа 2/846  
СОЖ, см. *Смазочно-охлаждающие жидкости*  
стабилизаторы 3/1195, 1196, 1211  
«студенные», см. *Гели*  
ультрамикроскопия 5/62, 63, 64  
ультрацентрифугирование 5/66  
физико-химическая механика 5/171, 172  
флюклянты 3/1195, 1196, 1211; 5/203  
Коллоксилин 1/453, 1208; 2/126; 5/666, 667, 1006  
Колмогорова-Аврами уравнение 5/229  
Колоксилы 2/995  
Колоночная хроматография 2/292, 293, 298; 3/817, 818; 5/425, 620–624, 628–630, 816, 817  
Колорадоит 4/547, 1024  
Колориметрический анализ 2/861, 391, 446, 450, 607, 768, 861; 3/107, 124, 133, 245, 306, 349, 470, 487, 488, 492, 527, 536, 561, 645, 758; 4/594, 633, 640, 648, 982, 1056, 1174, 1198, 1268; 5/174, 334, 652, 653, 768, 976, 979. См. также *Цветометрия*  
Колпачковые тарелки 4/987, 988  
«Колумбий» 3/493  
Колумбит 4/464  
Колумбит-таиталит 3/490, 491; 4/979, 981  
Колубрион 1/302  
Кояхамин 2/862, 863  
Колхилоидия 2/863  
Колхинон 2/862, 863; 5/21, 450  
Колхициновая кислота 2/862  
Колхициновые алкалоиды 2/861, 862, 863; 5/119, 120  
Колчедан(ы) 2/265; 3/1052, 1053; 4/645, 646, 657, 911  
никелевый 3/486  
оловянный 3/756  
серный 3/863  
Кольбе реакции 2/863, 28, 121, 645; 1/606; 3/347; 4/301, 310, 347; 5/704, 922, 923, 973, 1012  
Кольбе-Шнитца реакция 2/863, 138, 632, 648, 864; 3/693, 705; 4/569; 5/132, 142  
Кольбекит 4/710  
Кольрауша закон 2/864; 5/899, 923  
уравнение 4/484; 5/231, 867  
Кольца Лизегаганга 2/1259 \*  
Кольцевые устройства  
веса 2/1282  
манометры 2/1281, 1282  
насадки 3/338, 339, 1143  
Кольцины 5/415  
Кольчато-кольчатые перегруппировки 4/993  
Кольчато-цепная таутомерия 3/28; 4/267, 992, 993, 1144  
Комбантрин 4/225, 226, 1158  
Комбинационное рассеяние  
в адсорбционном слое 2/3  
вынужденное 2/866, 867  
гигантское 2/867  
гипер-эффект 2/866  
инверсное 2/867  
квантовые переходы 2/728, 864–867  
круговой дихроизм 2/867  
резонансное 2/865, 866  
спектроскопия 2/864, 712, 728, 865–867, 1213; 1/836; 3/220, 459; 4/882; 5/546  
– колебательная, см. *Колебательные спектры*  
Комбинированный химико-энзиматический синтез 1/552  
цис, транс-Коммуновые кислоты 4/740  
«Комета», флокулянт 5/204  
Комовая известь 2/349, 350  
Компактирование порошков 4/139–141  
Компанор 3/1268  
Компартиентализация 4/217  
Компартментирование нефтепродуктов 3/277, 443, 446, 466, 472  
Компаунды полимерные 2/867, 868, 1014; 1/1045, 1109; 3/743, 1249; 4/1, 10–16, 57  
Компенсационные эффекты  
кинетический 2/868; 4/424  
при взвешивании 1/685  
Компетентность, фактор 4/1242, 1243  
Комплами 2/1085  
Комплексные методы  
легиrowание 2/1154  
переработка сырья 1/902; 3/94, 95; 5/205, 470  
Комплексные соединения (частицы, материалы) 2/421, 449–452; 4/745. См. также *Комплексоны, Комплексы, Координационные соединения*  
внутренние 1/505, 594; 2/923, 924  
гапто-формы 1/981; 2/926, 927  
ионные 2/527, 918–920; 4/612, 613. См. также *Гетерополиосоединения, Ионофоры, Кластеры*  
клеточные, см. *Хелаты*  
пероксидные неорганические 3/971, 975  
перхлораты 3/989–991  
покрытия 2/1129–1131  
полигалогениды 3/1237, 1238  
получение, см. *Комплексообразование*  
полупроводниковые 4/108  
руды 4/559, 561  
смазки 3/1125  
удобрения 2/869, 290, 870; 3/172, 173, 519–521; 5/54, 287, 301  
Комплексометрия 4/1188  
меркуриметрия 3/64; 4/549, 1165, 1189  
фториметрия 4/1189  
хелатометрия, см. *Комплексонометрия*  
Комплексонометрия 2/269, 545, 870–872; 3/160; 5/967, 987, 988. См. также *Хелаты*  
Комплексонометрия 2/870, 213, 445, 553, 580, 871, 1090, 1224, 1294; 3/8, 290, 475, 705, 714, 1044, 1058; 4/467, 876, 975, 1189; 5/128, 441, 610, 762, 988. См. также *Комплексонометрия*  
жесткости воды 2/282  
и каталитиметрия 2/757  
и хелатогены, см. *Комплексоны*  
индикаторы 2/446, 450–452, 870, 871, 1217, 1235; 5/379  
Комплексоны 2/871, 16, 174, 449–452, 519, 522–524, 547, 579, 731, 870, 999, 1294, 1295; 1/328, 329, 459, 537, 936, 1093, 1099; 3/49, 359, 690, 787; 4/396, 397, 876; 5/151, 274, 312, 379, 441, 750, 987, 988. См. также *Комплексонометрия, Комплексонометрия*  
Комплексообразование 2/411, 716, 739, 925, 1089, 1099, 1171, 1172, 1230, 1253, 1276, 1326–1328; 3/76–80, 103, 664, 665, 1196, 1211, 1237; 4/42, 155, 612, 613, 699, 700; 5/105, 174, 176, 489, 650, 651, 863–866, 892, 926  
Комплексы. См. также *Комплексные соединения, Координационные соединения*  
активные, см. *Активированного комплекса теория*  
актомиозиновый 3/176, 177  
аммиакаты, см. *Аммины*  
ат 1/210  
ацидные, см. *Ацидокомплексы*  
Васка 2/537  
Вильсмейера 5/414  
водосодержащие, см. *Аквакомплексы*  
гидратные 2/505. См. также *Гидратация*  
гидросилодсодержащие, см. *Гидроксокомплексы*  
гидроксианидные 1/1116  
Гольджи 3/198  
Джексона-Майзенхаймера 2/132  
донорно-акцепторные 3/223–225. См. также *Интермедиаты*  
Дьюара 5/905  
ион-молекулярные 2/505; 3/18, 19  
как критерии подобия 3/1181–1185  
кислотно-основные 2/771–774, 779; 4/746  
Майзенхаймера 3/555, 557, 560, 563, 604; 4/729  
Малликея 3/224, 225  
металлов в катализе 3/76–80  
– органосодержащие, см. *Металлоорганические соединения*  
– переходных, см. *Комплексы переходных металлов*  
– с радикальными лигандами 2/872, 873; 3/546; 4/624  
– хелатные 5/440  
Михалиса 5/152–154  
молекулярные 3/223, 18–20, 33, 211, 224–226, 653, 675; 1/1193; 2/1043; 4/1107  
Морокума 3/225  
пи (π) 1/824; 2/537, 1288, 1289; 3/80–84; 5/634, 905  
полимер-полимерные 4/19, 20, 80; 2/1326; 3/202, 1196, 1211, 1229  
полиядерные, см. *Полиадерные соединения*  
проназа 4/194  
протромбиновый 4/248, 249, 250; 5/16, 1036  
с переносом заряда 3/224, 225; 5/705, 706, 745, 812  
сигма (σ) 1/365, 373, 954; 2/274–276, 314, 534, 752; 3/604; 5/905  
Симонини 1/841; 4/157, 158  
сольватные 2/505. См. также *Сольватация*  
«стокновительный», см. *Реакции в растворах*  
Уэлаида 5/905  
фермент-субстратные 3/211  
хелатные, см. *Хелаты*  
Яновского 2/132  
Комплексы переходных металлов  
алильные 1/183, 184, 186, 823, 987, 1053, 1055; 2/274–276, 646, 674, 1147, 1288, 1289; 3/82, 83, 251, 252, 476–478, 826, 874–876, 1131; 4/300, 301, 447, 467, 468, 551, 552, 565, 641, 642, 986; 5/634, 636, 763  
амидиновые 2/374  
ареновые 1/364, 365, 823; 2/274, 275, 795, 1288; 3/82, 84, 251, 252, 478, 787, 826; 4/468, 566, 986; 5/538, 633–636, 763  
ацетиленовые 1/432, 430, 433, 434; 2/338, 1054, 1147, 1203; 3/82, 251, 826, 876, 1131; 4/641; 5/634  
диеновые 2/97, 98, 100, 274, 275; 1/823; 3/82, 84, 251, 826, 875, 1131; 4/468, 566; 5/763  
изонитрильные 2/373, 338, 374, 622; 4/986; 5/633, 634  
«илидные» 2/621  
карбамольные 2/374  
карбеновые 2/621, 274, 276, 277, 338, 374, 622, 623, 626, 674, 874, 1288, 1289; 1/824; 3/103, 104, 251, 876, 1130; 4/468; 5/634. См. также *Карбонилы металлов*  
карбиновые 2/625, 621, 622, 626, 627; 1/824; 3/104; 5/634  
каталитические, см. *Циглера-Натты катализаторы*  
«многопалубные» 5/734  
олефиновые 3/735, 82, 83, 736, 737; 2/274–276, 337, 338; 4/468; 5/538, 634  
перфторалкильные 3/476  
полиеновые 1/823; 2/274, 275; 3/82, 476, 478  
с σ-связью металл-углерод 2/873, 874, 889, 1171, 1172; 1/183; 4/588, 589; 5/310, 332  
фталоданиновые 5/383–385  
хитиновые 5/547  
циклобутадиеновые 5/721  
циклогексацилильные 5/905  
циклотетраеновые 5/763  
циклопентадиенильные 5/734, 83, 634, 635, 735, 763; 1/676, 987; 2/274, 362, 830, 919, 1035; 4/468. См. также *Металлоцены, Ферроцен*  
эффекты Яна-Теллера 5/1056, 1057  
этиленовые 2/930; 3/736, 1130; 4/554  
Комплемент 2/874, 425, 427, 477, 875, 876; 1/470; 3/1098  
Комплементарность 2/876, 877, 1161, 1322–1325; 1/784, 1159; 3/211, 586–590, 1051; 4/19, 20, 276, 495–498, 522, 527, 1229, 1233, 1235, 1238–1240; 5/152  
Композиты, см. *Композиционные материалы*  
Композиционные материалы 2/877, 878–880; 3/418; 4/1; 5/137, 138, 444, 503, 965  
антифрикционные 1/344  
бумажные 1/621–624  
– декоративные слоистые 2/29, 30; 1/1209  
волокнистые 2/877–880; 3/417. См. также *Волокниты, Органопластики*  
дисперсноупрочненные 2/156, 736  
жаропрочные и жаростойкие 2/250, 625  
ионообменные 2/520, 521  
керамические, см. *Кермиты*  
кластерные частицы 2/796  
клеевые 2/229, 800, 803–809  
контроль, см. *Локальный анализ*  
кремнийорганические 2/1022  
магнитные 2/1241–1243  
мембранные катализаторы 3/46  
металлические 2/736, 737, 877–880, 949; 3/74, 87, 483, 825  
органосиликатные 3/805, 806  
«парфюмерные» 2/237  
пленкообразователи 3/1140  
полимерные 3/87, 203, 327–330, 743, 1119, 1245; 4/28, 163, 164, 285, 734  
– компаунды 2/867, 868, 1014; 1/1045, 1109; 3/743, 1249; 4/1, 10–16, 57  
– пластиковые вспененные, см. *Пенопласты*  
– графитированные, см. *Графитопластики*  
– – сотовые 4/771, 772  
– – ультрапрочные, см. *Улепластики*  
– – упрочненные, см. *Армированные пластики*  
сварка взрывом 1/703

- связующие 4/604  
 углерод-углеродные 5/49, 50, 51  
 упруговязкость 4/485  
 фрикционные 5/371  
 Композиционный анализ 5/104  
 Компоненты системы 3/187  
 для холодного крашения 1/77  
 Компосты 3/789; 4/1223; 5/297  
 Компрессорные масла 2/880  
 Компрессорные машины 2/880, 881–886; 1/1105; 3/340, 344; 4/460. См. также *Холодильные процессы*  
 Компримирование газов 1/204, 205; 2/880–886  
 Комптона эффект 1/978; 2/500, 501  
 Компьютерный синтез 2/886; 3/784, 793; 4/512  
 Комфортол 4/27  
 Конанта–Финкельштайна реакция 5/195  
 Конвейерные устройства  
 весы 1/695, 696  
 печи 3/999  
 Конвективные процессы  
 диффузия 2/195, 1298–1300; 3/39, 948; 5/497, 820, 821  
 теплоперенос 2/1254, 1256, 1257; 4/954–956, 959–964, 1043–1047  
 Конверсионные защитные покрытия 1/973–976; 2/322  
 Конверсия  
 внутренняя ядерных изомеров 2/370  
 газов 1/777, 778, 785, 786; 2/327, 663, 664, 689, 847; 3/119, 863; 4/644–647, 697, 1058, 1061  
 интеркомбинационная 2/727, 729, 1220, 1223; 5/350, 352  
 калийных солей 2/563  
 нефтяного сырья 3/449  
 орто-пара-водородная 1/776, 1194; 2/477  
 – – позитрония 3/31  
 спиновая, см. *Клетки эффект, Радикальные пары*  
 ферментативная 5/152  
 Конвертазы 2/875, 876  
 Конвертерное производство 2/256, 258; 3/6, 7, 93, 94, 474, 1069; 4/593  
 Конвольвидин 5/18  
 Конгидрин 5/1053  
 Конго красный 2/887  
 Коигрот 2/887  
 Конгруэнтное плавление 2/60; 3/1091  
 Кондакова реакция 2/887, 888; 1/941, 942  
 Конденсат(ы)  
 газовые 1/912, 913, 914, 930; 2/1175; 3/452  
 и точка росы 4/539, 540  
 как флегма 4/453. См. также *Выпаривание, Дистилляция, Испарение, Конденсация метеоритные* 2/962  
 отвод 1/851  
 продукты, см. *Конденсаторные продукты*  
 Конденсаторные продукты  
 вазелин 1/660  
 коксопексовая смола 2/841  
 масла 2/208, 363; 3/446, 1245  
 нефтеполимеризаты 3/1066  
 Конденсационные системы  
 аэрозоли 1/445, 446. См. также *Дымки, Туманы*  
 пенные 3/921. См. также *Пенопласты*  
 смог 1/446  
 структурообразование 4/884, 885–887  
 эмульсионные, см. *Эмульсии*  
 Конденсация 2/890, 478, 796, 891–894, 1299; 4/1047; 5/102. См. также *Дистилляция, Конденсат*  
 аппаратура 2/159, 160, 162, 163, 165, 167, 893–895; 3/90, 1143; 4/458, 461, 1051, 1052  
 Бозе–Эйнштейна 2/1035  
 дефлегмация 2/162, 163  
 дробная 4/713  
 и вакуумное напыление 3/334, 335  
 и горение 1/1170  
 и десублимация 4/889–891  
 и зарождение новой фазы 2/154, 316, 319, 320, 505  
 и золь-гель процесс 2/339  
 и испарение 2/540–544; 4/452, 453, 458, 461, 890  
 и коррозия металлов 2/950–952, 956  
 и осушка газов 1/896–898  
 и охлаждение 5/596–605  
 и получение суспензий 4/952  
 и разделение изотопов 2/390, 393  
 как десублимация 2/890, 892, 1045; 3/255, 420, 818; 4/263, 264, 889–893  
 капиллярная 2/607, 608, 612, 890; 1/57, 58; 3/1173; 4/131, 132, 770  
 кривая 2/61, 62  
 коэффициент 4/891  
 низкотемпературная 1/928, 933. См. также *Холодильные процессы*  
 уравнение Клапейрона–Клаузиуса 2/788  
 фракционная 2/893, 890, 894, 895; 1/904; 4/714  
 Конденсация (реакции) 2/888, 95, 115, 116, 121, 279, 411, 551, 619, 746, 800, 839, 933, 1005; 1/178, 652, 958, 959, 1074, 1075, 1204; 3/268, 279, 385, 549, 786, 1033; 4/740; 5/6, 8, 116  
 альдольная, см. *Альдольная конденсация*  
 альдольно-кетоновая 1/204, 1204; 2/1109  
 ацилоновая 1/443, 444, 445; 2/889; 3/688; 4/610; 5/744, 1011  
 бензоиновая 1/508, 197, 445, 509, 510; 2/742, 889; 3/370, 688, 708; 5/433  
 Брауна–Уокера 1/606  
 в звуковых полях 5/60  
 в пептидном синтезе 3/931, 932, 934  
 влияние давления 1/216  
 внутримолекулярная 2/785, 888; 3/181, 734; 4/779; 5/197, 1010  
 Вюрца 1/869, 392, 947; 2/110, 313, 621, 889, 1016; 3/125, 350, 727, 981; 4/512  
 гидро- и карбометаллирование 2/889  
 гидросилирование 2/1027  
 гомологизация 1/1162  
 Дарзана 1/1221, 198, 941, 956, 1148, 1149, 1222; 2/647, 745; 3/732  
 Дикмана 2/110, 111, 785, 889; 1/143  
 Дильса–Альдера, см. *Диеновый синтез*  
 димеризация, см. *Димеризация*  
 замещение 1/1074; 2/621, 888, 889  
 и обмен веществ 3/621  
 каталитическая, см. *Каталитические реакции*  
 Кеннига–Кнорра 2/731, 732, 733; 3/269  
 Клайзена 2/784, 106, 110, 621, 638, 785, 889, 936; 1/195, 440, 991, 992, 1204; 4/68, 1134; 5/792, 1010  
 Клайзена–Шмидта 2/787, 788; 5/60  
 Кнёвенагеля 2/813, 105, 621, 647, 814, 888, 1081, 1274–1276; 1/197, 497, 980; 3/515; 4/536, 804  
 Кольбе 1/606; 2/863  
 кросс-сочетание 2/889  
 кротоновая 2/1080, 8, 12, 106, 248, 421, 642, 745, 787, 888, 889, 1080; 1/197, 204, 390, 441, 1025; 4/512, 1191  
 Кэмпа 2/1108, 1109  
 межмолекулярная 2/11, 12, 888, 1013; 4/799  
 Маниха 2/1279  
 матричная 2/1327  
 Мейера–Шустера 3/33  
 Михаэля, см. *Михаэля реакция*  
 Мукайямы 3/285  
 окислительная 2/441, 889  
 окрестная 1/203; 2/784, 785  
 Перкина 3/965, 966; 2/888  
 Пикте–Шпенгера 3/1021, 1022, 1023  
 пиролитическая 2/889  
 Померанца–Фрича 2/398  
 присоединение 2/887–889  
 Пшорра 4/278, 279  
 Репле 4/500, 501  
 Родионова 4/536  
 самопроизвольная 2/784, 785, 787, 814; 3/26  
 сложнэфирная 2/784, 889, 1080; 5/1010  
 твердофазная 4/1002  
 теломеризация 3/743  
 термическая 3/1022, 1023  
 Ульмана 5/57, 58; 2/889  
 Фишера 5/197  
 Фридлидера 5/369, 370  
 фталениновая 2/1083  
 Хундиккера 5/641  
 циклическая, см. *Циклоконденсация*  
 Чичибабина 5/778  
 Штробе 5/792, 793, 1058; 2/745  
 Конденсированные соединения. См. также индивидуальные представители  
 кислоты фосфора 5/287  
 номенклатура 3/575  
 органические, см. *Ароматические соединения, Гетероциклические соединения*  
 фосфаты 5/246, 247–251, 253, 275, 281, 299, 571, 572, 719; 2/266, 267; 3/367, 368  
 циклические 5/719  
 Кондиции полезных ископаемых 3/1194  
 Кондиционирование  
 воздуха 1/903, 905; 2/322  
 и одоризация 3/653  
 экзогаза 2/327  
 Кондуктометрия 2/895, 44, 45, 210, 292, 506, 507, 519, 896; 1/885, 892, 915; 3/8; 4/627, 666, 880, 1186; 5/68, 91, 172, 901  
 Кодекс 4/1082–1084  
 Коен 5/421  
 Конечная точка титрования 2/446–448, 450–452, 499; 3/796; 4/396, 1185, 1187, 1189; 5/1002  
 Конидии 2/698  
 Конинин 3/1047, 1048; 5/1053  
 Конифероловый спирт 1/511; 2/1173, 1174  
 Конканавалин А 1/1126; 2/1164  
 Конкор 5/49  
 Конкрет 5/1005  
 Конкурентные ингибиторы 2/434  
 Конкурирующие реакции, метод 2/897, 754, 898, 1295  
 Конноды 2/58, 61, 63  
 Коновалова законы 2/899; 1/66; 5/176  
 Коновалова реакция 2/899, 314, 900; 3/346, 530, 557  
 Конопляное масло 3/302, 749; 4/377–381  
 Конотоксин 5/1040, 1046  
 Конара–Лимпах синтез 5/526  
 Конрей 4/478  
 Конротаторные реакции 1/841–843; 3/324; 4/417, 420; 5/442, 927, 928  
 Консерванты. См. также *Консервационные материалы*  
 водоэмульсионных красок 1/789  
 древесины 2/264, 594–596; 3/368; 4/940; 5/407, 751  
 карбокси- и метилцеллюлозы 2/634; 3/126  
 пищевые 1/338; 2/305, 510, 539, 936, 1263; 3/289, 357, 364, 369, 472, 505, 518, 693, 829, 1088, 1089; 4/207, 569, 657, 768  
 Консервационные материалы. См. также *Консерванты*  
 масла 2/900; 3/277, 466, 726  
 покрытия 2/1129  
 смазки 2/900, 901; 3/1125–1127. См. также *Вазелины*  
 Консистентные смазки, см. *Пластичные смазки*  
 Конский жир 2/307, 308  
 Константин 1/345; 2/1209; 3/1125  
 Константа(ы). См. также *Постоянная ассоциации ионов* 5/857  
 Гаммета 2/461, 646; 3/30, 551  
 Гюккля 1/1098  
 диссоциации 2/158, 930; 4/78; 5/856, 857  
 индикатора 2/446, 447  
 Керра 2/913; 4/125, 126  
 кислотности и основности 2/781, 783  
 Косовера 2/942  
 Михаэляса 2/690, 849; 4/150, 1268; 5/148, 154, 157  
 основности 5/422–424  
 пироэлектрическая 3/1078  
 проницаемости веществ 2/197, 198  
 равновесия 2/901, 22, 23, 158, 385, 386, 460, 461, 514, 691, 692, 771, 772, 780, 781, 868, 902, 907, 939, 941, 942, 1100, 1270, 1295; 1/380, 1098, 1216; 3/119, 644; 4/155, 187, 415, 421, 422, 755, 821, 1029, 1031, 1037, 1038; 5/422–424, 465, 500, 504, 505, 827, 840  
 распределения при экстракции 5/825, 826  
 скорости реакций 2/902, 23, 124, 125, 192, 193, 195, 386, 460, 461, 509, 689–693, 698, 754, 758, 759, 868, 897, 898, 903, 907, 939, 941, 1034; 1/126, 547, 548, 1051–1053, 1101, 1217; 3/140, 141, 258, 259, 427–430, 602, 603, 651, 1177; 4/165, 411, 413–415, 418, 419, 421–424, 871, 1029, 1265; 5/148, 154, 338, 460, 504, 906  
 – – и температура, см. *Аррениуса уравнение*  
 спин-спинового взаимодействия 5/1026  
 Тафта 2/645, 941  
 Тафта–Камле 2/942  
 Фикентчера 3/1232  
 Флори–Хатгинса 4/663  
 ядерная 5/1023  
 Константан 2/1332; 4/809, 1081  
 Конститутивные уравнения 4/1067, 1070  
 Конституционные формулы веществ 3/785  
 Конструкционные материалы 5/762  
 как сверхпроводники 4/586  
 керамика 2/903; 3/418  
 коррозия и защита от нее 1/549; 2/320–323  
 органическое стекло 4/840  
 пластики 1/369, 370; 3/1213; 4/845; 5/41, 42  
 полимербетон 3/1265  
 полистирольные 4/40, 41  
 полисульфонные 4/44  
 полиформальдегид 4/64  
 порошковые 4/141  
 шлаки 2/260, 957, 1333; 4/808  
 стекловолокно 4/847

- уплерод-углеродные 5/51  
упругопластичные 4/486
- Контакт**  
дискретно-гидродинамический 4/989, 990
- Петрова 1/862; 2/304; 4/928; 5/134
- Контактные процессы (явления) взаимодействия Ферми 4/798**  
катализ 1/1050–1059  
конформера 3/226  
коррозия 2/436, 951, 952, 955, 956; 3/273, 274  
кристаллизация 2/1040, 1041  
очистка нефтепродуктов 2/903, 904; 1/52, 1090; 3/443, 884; 4/612; 5/29  
сушка 4/954, 955, 964, 965  
термометрические 4/1077  
химическое осаждение 5/503  
электризация полезных ископаемых 3/634
- Контактные соединения**  
инсектициды 2/468, 470–473  
ионные пары 2/511, 698, 1203, 1236; 3/349; 5/857  
серная кислота 4/644–647
- Континуальные модели растворов 4/408, 409**
- Контролируемая атмосфера 1/798; 2/326, 327**
- Контролируемые реакции**  
гидролиз 3/1077  
диффузионные 2/192, 193, 755, 868; 4/297, 307, 406, 832, 872  
окисление 5/263  
синтез пептидов 3/931  
– ферментативный 3/929, 934  
стереоселективные 4/855, 856
- Контроль**  
аналитический автоматизированный 2/855; 3/431  
дыхательный, эффект 3/668  
за качеством окружающей среды 3/850, 851, 854, 855, 865  
композиционных материалов 2/1212, 1213  
конформационный реакций 2/740, 913, 914  
неразрушающий 2/289; 4/325, 326  
радиографический 4/325, 326  
«Контур», синтетическая бумага 1/623
- Конусные устройства**  
бункеры 3/637  
дробилки 2/352; 4/180  
классификаторы 2/790  
сепараторы 3/632  
форсунки 4/347, 348
- Конфедерационная клейкость 4/444**
- Конфигурационного взаимодействия метод 2/904, 722, 905, 1263; 1/856; 3/237, 468, 1263; 4/120, 576, 691; 5/640, 869, 876, 890, 891**
- Конфигурация**  
атомных ядер 3/206–210, 223, 232, 233; 4/688–692; 5/868, 880, 881  
молекул 2/1263; 3/263–268; 4/688–692  
– возбужденных 2/1221, 1222  
– геометрическая 3/235–237, 390–395, 467, 468, 1175–1178  
– и заместители 3/579  
– и квазирацематы 4/389  
– и оптическая активность 3/773  
– и поверхность потенциальной энергии 3/1175–1178  
– обращение, см. *Вальденовское обращение*  
– пирамидальная 3/1036, 1037  
– правила Альдера 1/199  
– стереохимическая 2/905, 127–129, 366–368, 739, 906, 907; 3/263–267, 569–572, 597, 598, 786; 4/857, 858; 5/538, 542–545, 607. См. также *Рацематы*  
– теория Гиллеспи 1/1117  
– эффекты Яна–Теллера 5/1056, 1057  
системы и координаты реакции 2/916–918  
электронная 2/904, 905; 3/288, 959–962. См. также *Конфигурационно-го взаимодействия метод*
- Конформации молекул 1/758–761; 2/143, 144, 368, 906–915; 3/175**  
аксиальные и экваториальные 2/129, 909–913; 5/542–545  
анализ, см. *Конформационный анализ*  
белков 1/472–482, 559; 2/914; 4/537  
«биологически активные» 3/400  
в растворах, см. *Полиэлектролиты*  
диастереотипия 4/1219  
заслоненные 2/907, 908, 912; 3/266, 331, 571, 572  
заторможенные 3/91, 333  
и внутреннее вращение 2/907, 908  
и гибкость 2/1264, 1265  
и давление 1/1216  
и деформация 2/55  
и изоэлектрическая точка 2/408  
и контроль реакции 2/740  
и напряжение 3/330–334  
и оптическая активность 3/773  
и поверхность потенциальной энергии 3/1177, 1178  
и полимераналогичные превращения 3/1263  
и политопные перегруппировки 2/907  
и псевдообращение 4/256, 257  
и реакционная способность 2/913, 914  
и сольватация 2/912, 913  
и стереохимическая конфигурация 2/907  
и эффект Керра 2/739  
изображение, см. *Ньюмена формулы*, *Фишера формулы*  
изомерия, см. *Конформационная изомерия*  
интерконверсия 2/907, 909, 913  
колебательные переходы, частоты 2/855  
номенклатура 3/571, 572  
нуклеозидов и нуклеотидов 3/175, 597, 598, 600, 601  
отклонения от свойств, см. *Конформационные эффекты*  
плоские 2/908, 909  
поворотные 2/369  
полимеров 2/914, 915, 1263; 3/773; 4/369–371, 848–852  
полиморфизм 4/23  
предельно свернутые, см. *Глобулы*  
принцип Кёртина–Гаммета 2/739, 740  
равновесие 1/1216; 2/369, 739, 740; 5/544  
синперипланарные 5/939  
складчатые 2/1061  
скошенные 3/266, 571, 572, 773  
спиральные 2/367; 3/50, 773  
структурно-нежесткие 3/392  
формы, *анти* 1/760, 761; 2/907, 908; 3/572, 598  
– ванны 2/95, 909; 3/299, 367, 580, 581; 4/257, 1120; 5/249, 411, 720, 724  
– *гош* 1/760, 761; 2/907, 908, 911–913; 3/333, 571  
– конверта 2/910; 5/720  
– кресла 2/26, 134, 144, 173, 909; 3/266, 299, 367; 4/257, 865; 5/249, 411, 543, 662, 720, 722, 724  
– полуванны 3/1177, 1178  
– полукресла 3/1177, 1178  
– *син* 3/598  
– твист 2/909, 910; 4/257; 5/720  
– *транс* 1/760, 761; 2/99; 3/572  
– *цис* 2/99; 3/571  
– *эндо* 3/597  
хиральных соединений 5/542–545  
циклических систем 2/909, 910  
шахматные 2/907; 3/571, 572  
шпильные 4/210
- Конформационная изомерия 1/760, 761; 2/369, 906, 929**
- Конформационные эффекты 2/908, 910–912; 3/1263**
- Конформационный анализ 2/906, 127, 855, 907–915; 1/119, 142, 552; 3/786; 4/857, 859; 5/538, 719**  
и Брюстера метод 1/619  
и изомерия 1/760, 761; 2/369, 906, 929  
и колебательные спектры 2/855  
и контроль реакции 2/740  
и молекулярная механика 3/219  
отклонений от свойств, см. *Конформационные эффекты*  
полимеров 2/914, 915; 3/52  
форм молекул, см. *Конформации молекул*  
хиральных соединений 5/542–545
- Конформация контактная 3/226**
- Конформеры, см. Конформации молекул**
- Конформных растворов теория 4/367**
- Концевые группы, определение 3/218**
- Концентраты 3/629–638; 5/210**  
безбалластные 2/869, 870  
белково-витаминные 1/483; 2/232, 233; 3/157, 212, 281, 862, 864, 884  
гранулирование 1/1188  
деасфальтитов 2/6  
древесно-сульфитные 3/894  
компоненты, степень извлечения 2/916  
мастик 2/1318  
металлов, обработка 3/93  
пигментов 2/1001, 1002; 3/1013  
пирометаллургия 3/1068  
полимерорастворимых красителей 2/994  
рудные и нерудные, см. *Полезные ископаемые*, *Руды*, индивидуальные минералы и химические элементы  
сульфитно-спиртовых бард 2/1174  
суспензий пестицидов 3/993  
эмульгирующиеся 3/992, 1041
- Концентрация(и) 2/915**  
аномальные полезных ископаемых 1/1016  
в аппаратах идеального вытеснения и смешения 3/421–423  
– –, кпд 3/422  
вблизи критического состояния 2/1074  
газов, см. *Газоанализаторы*, *Газовый анализ*  
градиенты 1/560, 561; 2/1299–1307; 3/38, 42, 43, 947–949; 4/1065, 1067  
действительная 3/136–138  
диапазон 3/136, 137  
дисперсионные фазы 2/148, 154  
и аналитические сигналы, уравнения связи 5/173  
и градуировочная характеристика 3/136  
и кинетика 2/753–755, 757, 759  
и коагуляция 2/817  
и правило фаз 5/98–101  
и поляризация частиц 3/38, 39; 4/123  
и порядок реакции 4/149, 150  
и поток вещества 4/1067  
и пределы воспламенения 1/703, 831, 832; 3/1187–1189; 4/666  
– – горения 1/1168  
и химические сенсоры 4/627, 628  
и электродные потенциалы 3/431  
индикаторного вещества 2/756, 757  
как парциальные молярные величины 3/217, 883, 885–887; 4/187, 362–366  
как растворимость 4/356  
квазистационарные 2/715; 5/686  
колебания, см. *Колебательные реакции*  
лимитируемых примесей 3/835  
мера, оптическая плотность 1/408  
мицеллообразования 3/182–184, 1163, 1166; 4/580; 5/394  
молярная 2/915; 3/216; 4/362, 365  
молярная 2/915; 4/362, 365; 5/803  
нижняя и верхняя границы 3/136, 139; 5/148  
нормальная 2/915; 5/803  
определение 2/521, 522, 866; 5/173, 885. См. также *Жидкостей анализаторы*  
остаточные, метод 5/175  
паспортные 3/136, 138  
пороговая 2/238  
предельная, см. *Качественный анализ*  
предельно допустимые 3/154, 850, 854, 855; 4/1195  
растворов 2/861; 3/1147; 4/360  
расчеты 2/754, 903  
реагентов, закон действующих масс 2/22, 23  
солей в солевой массе 3/188  
субстрат-ферментных комплексов 2/849, 850  
счетная, см. *Аэрозоли*  
точно известные, см. *Фиксаналы*  
фиксированные, метод 2/757  
электронная в интерметаллидах 2/483–485  
эффекты 3/66, 1263; 5/213
- Концентрирование 2/915, 916; 1/295; 4/393; 5/933**  
биологические индикаторы 1/550  
диахромное 4/398, 399  
золей 2/339  
и выморачивание 1/847; 2/1041  
и выпаривание 1/847–855  
и жидкостная экстракция 5/833  
и избирательность анализа 2/347  
и коацервация 2/819  
и обогащение полезных ископаемых 3/630, 632, 634, 637  
и разделение изотопов 2/389–392  
и сосаждение 4/395, 762  
и электрофокусирование 5/866  
ионитами 2/504  
латексов 5/204  
металлов 3/1068, 1069. См. также индивидуальные химические элементы  
– благородных 2/818; 3/1113  
по Виноградову 3/871  
тяжелой воды 5/33  
хроматографическое, см. *Хроматография*  
электролитическое 5/639
- «Концертные» реакции 3/143, 964; 4/743, 744**
- Коньюгаза 5/216**
- Коньюгация связей 2/278; 4/451, 766, 767**
- Коньюнктивная номенклатура 3/575**
- Коопаны 3/1139**
- Координаты**  
Йенке 3/188  
реакций 2/916, 917, 918; 1/121–125; 3/258, 1175–1177; 4/409, 411, 412, 421–423, 1265; 5/351, 476, 906, 953  
цветности, см. *Цветметрия*

- Координационная связь 2/918, 798, 919, 920, 924–934, 991, 1000; 1/665; 4/674; 5/462  
 в соединениях, см. *Координационные соединения*  
 двухцентровая, см. *Донорно-акцепторная связь*, *Кратные связи* и ковалентная связь 2/832, 919 и цветность веществ 5/651  
 многоцентровая 2/918, 919  
 невалентное взаимодействие, см. *Водородная связь*  
 семиполарная 2/919  
 Координационное число 2/920, 527, 924, 925, 1063, 1172; 1/665; 3/66, 97, 165; 4/747, 748; 5/307  
 Координационная теломеризация 4/1026, 1027  
 Координационно-ионная полимеризация 2/920, 673, 921, 922; 1/308; 3/28, 743, 1265–1267; 4/28, 31, 81  
 Координационные соединения 2/925; 5/108. См. также *Комплексные соединения*, *Комплексы* в аналитической химии, см. *Комплексометрия*, *Комплексоны*  
 диссоциация 2/930, 931, 933 и лиганды, см. *Координационное число*, *Лиганды*  
 изомерия 2/369, 928–930, 943  
 кристаллические 2/1055, 1056  
 – поле, теория 2/1057, 1058, 1059  
 люминесцирующие 2/1217–1219  
 магнетохимия 2/1232  
 металлов, комплексоны 2/269, 545, 870–872; 3/160  
 – органические, см. *Металлоорганические соединения*  
 – переходных, см. *Комплексы переходных металлов*  
 мостиковые, см. *Мостиковые соединения*  
 номенклатура 2/926, 927; 3/575, 576  
 оловые 1/1096, 1097  
 полимеры 2/923, 554, 924, 1264; 1/859; 3/418; 4/96; 5/934, 935  
 – карбонсодержащие 2/648, 649, 652; 1/594  
 полиэдыры 2/924, 127, 128, 130, 480–482, 905, 920, 925, 927–929, 1063; 4/46–49, 858; 5/391, 719, 966  
 полиядерные 4/96, 97, 98; 2/933  
 получение, см. *Комплексообразование*, *Матричный синтез*  
 природа связи, см. *Координационная связь*  
 реакции 2/314, 931–934  
 стабильность 2/930, 931  
 степень окисления 4/848  
 транс-влияние 3/413; 5/460  
 хелатные, см. *Хелаты*  
 химически связанная влага 4/954  
 Копаны 4/659, 660  
 Копайский бальзам 1/454  
 Копалы 1/563; 2/1296, 1297; 3/568; 4/739; 5/134  
 Копан 4/660  
 Копель 4/809, 1081  
 Коперфлекс 1/631  
 Копианин 4/227  
 Копигментация 5/202  
 Копировальные бумаги 3/131, 132, 160  
 Копланарность, правило 2/127, 129  
 Копперс–Готцек газогенераторы 1/879  
 Коплингера радикал 1/977, 978  
 Копропорфирины 4/145, 146  
 Коптильные препараты 2/227  
 Коразол 1/291, 292, 1100  
 Кораллы 2/222, 223; 4/209  
 Корамин 3/487  
 Корвалол 1/667  
 Корватон 3/29  
 Корвик 1/725; 3/1232–1235  
 Корд, см. *Шинный корд*  
 Кордларон 1/273  
 Кордиамин 1/291, 292; 3/487  
 Кордиариты 2/733; 4/680, 706, 707  
 Кордиты 2/934; 4/135  
 Кордицины 3/595  
 Коренные руды 4/560  
 Коржиского правило 5/99  
 Кори–Полинг–Колтуна модели 3/228  
 Кори–Уинтера реакция 2/934, 935; 4/1152  
 Кориандровое масло 1/198; 2/1180; 4/377–380, 383, 1093; 5/746, 773, 1003–1006  
 Кориандрол 2/1180  
 Корибан 4/225, 226  
 Кориантан 2/457  
 Кориантан 2/457, 458  
 Кориаллины 2/398, 399  
 Коричная кислота 2/935, 288, 773, 972; 1/453, 487, 496, 528, 617, 618; 3/613, 965, 966; 4/428, 504, 868, 1217, 1218; 5/17, 201, 202, 526, 527, 586  
 α-замещенные 1/299  
 циннаматы 1/511; 2/936  
 эфиры 1/496; 2/936; 3/1227; 4/868; 5/130  
 Коричневые красители для меха 3/693, 694  
 для пластмасс 2/302  
 железокислые пигменты 2/274  
 Коричное масло 2/936  
 Коричный альдегид 2/936, 237, 937; 1/487, 710, 711; 3/965, 1089; 4/652; 5/126, 1004  
 Коричный спирт 2/936, 237, 937; 4/801, 802  
 Кормовые составы белково-витаминные 1/483; 2/232, 233; 3/157, 212, 281, 862, 864, 884  
 ветеринарные 2/306, 309; 4/232  
 дрожжи 2/232, 233, 1164; 1/1006, 1101–1103; 3/155, 157; 4/920; 5/995  
 и микотоксины 3/154, 155  
 карбодокс 4/232, 233  
 кобальтсодержащие 2/823, 824  
 концентрированные, гранулированные 1/1185  
 лизинсодержащие 2/1176  
 мука 1/1189; 2/1165  
 осаждаемые 2/1165  
 природные пигменты, см. *Каротиноиды*  
 противомикробные добавки 2/1263  
 радиоактивация 4/339  
 соевое масло 4/744  
 фосфаты 2/937, 938. См. также *Аммоний, фосфаты; Диммофос; Кальций, фосфаты; Натрий, фосфаты; Преципитат*  
 Кориблума реакция 2/938, 939  
 Коровье масло 2/305, 306; 3/395  
 Корольки, сплавы 4/184  
 Коронарасширяющие средства 4/774  
 Корион 1/372; 5/647  
 Кориозолектретты 5/836  
 Короткоживущие частицы радиоуклады 4/317, 331, 332, 337  
 реионы 5/930  
 свободные радикалы 4/297, 300, 301, 304, 795; 5/893  
 сольватированные электроны 4/750  
 Корпускулярное ионизирующее излучение 2/499, 502, 503, 1220; 3/298  
 Корректоры крови 2/1078  
 Корреляционные соотношения 2/939; 5/869  
 Брэнстеда 2/939; 4/421, 422  
 в биохимии 2/942  
 в полярографии 4/128  
 в статической термодинамике 4/829  
 Гаммента 1/604, 605; 2/435, 939  
 диаграммы 1/842, 843; 2/917; 3/235, 236, 781, 782; 4/692  
 для определения расхода реагентов 4/383, 385–387  
 – физических свойств веществ 2/942  
 и индуктивный эффект 2/461, 940, 941  
 и полупирические методы 4/120  
 и равновесие, константа 2/902  
 – конформационное 2/913  
 и реакции в растворах 2/941, 942; 4/360  
 – замещения 2/940, 941  
 – количественное описание 2/941  
 – координаты 2/917  
 – тепловые эффекты 4/1038  
 и реакционная способность 2/939, 941, 942; 3/964; 4/418–424  
 и симметрия молекул 4/692  
 и стереохимическая конфигурация 2/130, 906  
 и структурные вариации субстрата 2/940–942  
 – формулы соединений 3/205  
 и  $\pi$ -электронное приближение 5/876  
 Ли–Кесслера 5/71  
 линейности свободных энергий 2/435, 913, 939, 941, 942  
 Тафта 2/645, 941  
 экстратермодинамические 2/939  
 электронные, см. *Электронная корреляция*  
 Корриониды 2/943, 944–946; 5/957.  
 См. также *Корины*  
 Корриин 1/742, 743; 2/943–946, 1172, 1326, 1327; 3/619, 620, 623; 5/743  
 Коррозийная усталость 2/946, 947, 951, 952; 5/366  
 Коррозийное растрескивание 2/320, 946–949, 956, 957, 1333; 3/273, 274  
 Коррозионностойкие материалы 2/947, 948, 952; 3/418, 890; 4/875  
 автопрепараты 1/18, 19  
 армированные пластики 1/370; 2/322  
 биметаллические 1/343; 2/48, 949; 4/1078  
 грунтовок 1/1208  
 композиционные 2/736, 738, 877–880, 949; 3/74, 87, 483, 825  
 мастики 2/1320  
 оксидные рутениево-титановые аноды 5/842  
 органисиликатные 3/806  
 пигменты 1/1207; 3/1011, 1012  
 1/973–976; 2/322, 323, 949, 950; 3/1179, 1180, 1224; 5/750  
 – лакокрасочные 3/1011, 1012, 1140; 4/144  
 – полимерные 3/1224  
 ситаллы 4/706, 707  
 сплавы 2/261, 262, 320, 321, 485, 947–949, 1332, 1333; 3/482, 498; 4/806, 808, 985  
 химически прочные 2/949  
 Коррозионные испытания 2/950, 951, 952; 3/273  
 Коррозия металлов 2/952, 4; 5/177, 924  
 атмосферная 1/400, 401, 402, 973, 974; 2/271, 321, 322, 436, 767, 951, 952, 956, 1332, 1333; 4/173  
 блуждающими токами 2/956; 3/1179, 1180  
 в зонах обрызгивания и смачивания 2/956  
 в нейтральных средах 2/436  
 в растворах электролитов 2/946  
 ванадиевая 4/399  
 водородом, см. *Водородное охрупчивание*  
 газовая 1/907, 973, 974, 1050; 2/348, 946, 950–953; 3/76, 888–890  
 диоксидом углерода 1/771  
 защита, см. *Защита от коррозии*  
 и дефекты в кристаллах 2/51  
 и пассивация 3/889, 890  
 и теплообмен 2/956  
 ингибиторы, см. *Ингибиторы коррозии*  
 кавитационная 2/956  
 кислотная 2/84, 435, 436, 694  
 конденсационная 2/956  
 контактная 2/436, 951, 952, 955, 956; 3/273, 274  
 локальная 2/954, 955; 5/907  
 межкристаллитная 3/15, 16; 2/320, 947, 948, 955, 957; 5/912  
 механизм 2/953–956  
 микроорганизмами, см. *Биокоррозия*  
 морская 3/273, 274; 2/956, 1333; 5/908  
 нефтепродуктами 3/447  
 иожевая 2/947  
 питтинговая 3/1086, 273, 889, 1087, 1088; 2/320, 435, 947, 955; 4/173  
 по ватерлинии 2/956  
 под напряжением 2/956, 951, 952, 955, 957, 1333; 3/146, 1086; 5/367  
 – и прочность 4/250  
 – растрескивание, см. *Коррозионное растрескивание*  
 – усталостная, см. *Коррозионная усталость*  
 под пленкой растворов солей 3/274  
 подземная 3/1179, 1180; 2/322, 956  
 потенциальная 2/953–956; 5/907–909  
 почвенная 2/322, 951–953, 1333; 3/1179, 1180  
 при трении 2/947, 951, 952  
 радиационная 2/956  
 расслаивающая 3/274  
 селективная 2/273, 1332, 1333  
 струевая 2/948; 3/273  
 структурно-избирательная 2/947  
 ускорение, см. *Коррозионные испытания*  
 фреттинговая 5/366, 367; 2/947, 951, 952, 956; 4/1257  
 щелевая 2/320, 947, 949, 951, 952, 955, 956; 3/273, 274  
 щелочная 2/436  
 электрохимическая 2/953–955; 3/1179  
 эрозийная 2/956  
 язвенная 2/947–949; 3/273, 274  
 Кортексон 2/958, 959  
 Кортизол 1/484, 1173; 2/958, 959; 4/219  
 Кортизон 1/183, 952; 2/747, 958; 4/219, 864  
 Кортикоиды 2/957, 958–960; 4/219, 236, 578, 862, 864; 5/589, 1036, 1038.  
 См. также *Кортикостероиды*  
 Кортиколиберин 1/51  
 Кортикостероиды 1/50, 1000, 1171–1173; 2/30, 278, 957–960; 3/878; 4/865  
 Кортикостерон 1/484, 1173; 2/958–960  
 Кортикотропин 1/50  
 Кортин 2/958  
 Корунд 1/19, 212–214; 2/222, 223, 667, 733, 1043, 1072; 3/167; 4/33, 1106; 5/143, 614, 777, 835  
 Коршун–Климовой метод 2/960  
 Кобы, см. *Гликопротеины*  
 Косвенные измерения 3/137, 640  
 Косвенные удобрения 5/54  
 Космические смазки 2/961; 3/1125, 1126

- Космохимия 2/961, 962, 963; 3/457; 5/511  
 Косное вещество 1/553  
 Косовера константы 2/942  
 Коста теория 3/457  
 Коста—Сагитуллина перегруппировка 2/963, 964; 5/197  
 Костные (костяные) материалы  
 жир 2/307, 308; 3/302  
 зола 2/589; 5/112, 113  
 клей 2/802  
 масло 3/1046; 4/167  
 мука 5/305  
 уголь 2/589  
 фарфор 5/113  
 Котаринилорид 1/505  
 Котельные топлива 2/964, 594, 1005, 1106, 1107, 1164, 1174; 1/727, 728, 920; 3/278, 442—444, 446, 610; 4/175, 1058—1061; 5/41. См. также *Мазут*  
 Котленны 4/428  
 Котонт 1/587  
 Которан 1/1030; 2/202  
 Котофор 1/1033  
 Котрансляционная модификация белков 3/197, 199  
 Коттона эффект 1/393; 3/773; 5/540—545  
 Коттона—Мутона эффект 2/292, 859; 4/125  
 Коттреля уравнение 5/637, 638  
 Котунит 4/597  
 Коулсона — Лонге-Хитгинса закон 4/420  
 Коупа  
 гидроксн-перегруппировка 2/965, 966  
 модификация 2/813  
 перегруппировка 2/965, 786, 966, 1253; 1/143, 185, 243, 620; 4/664, 993, 1215, 1216; 5/197  
 реакция 3/740  
 Кофакторы, см. *Коферменты*  
 Кофени 2/966, 449, 967, 1084, 1085; 1/144, 291, 292; 3/107, 572; 4/268, 269, 274; 5/707, 708  
 Кофейная кислота 5/202  
 Кофермент(ы) 2/967, 968—970, 972; 3/1051; 4/249, 250, 430, 1119, 1241, 1242, 1261; 5/148, 149, 151, 152, 159, 270, 767  
 А 1/138, 434; 2/654, 655, 968, 969, 1169, 1193; 3/199, 877—880; 4/634, 1136, 1156, 1259, 1261; 5/768. См. также *Пантотеновая кислота*  
 — ацильная форма, см. *Ацетилкофермент А*  
 аденозинные, см. *Аденозинфосфорные кислоты*  
 бнотин 1/555, 40, 451, 556, 609, 751, 1155; 2/970, 1170; 3/1083; 4/634  
 глутатон 1/1152, 484, 745, 1150, 1151, 1154; 2/968; 3/470, 920, 927, 934; 4/524, 1236, 1242  
 как витаминные формы 1/742, 743, 749—752; 2/967; 3/156  
 кобамидные 1/742, 743; 2/365, 943, 946, 968, 970  
 липовая кислота 2/1192, 171, 968, 969, 1193, 1194; 1/750; 4/634, 1122  
 металлы 3/624  
 метаболизм 3/612, 617, 618, 624  
 никотинамидные 2/967, 968; 3/469—471, 487, 503, 624, 697; 4/524, 1228; 5/159  
 нуклеотиды 3/595  
 одноэлектронный перенос 3/652  
 пиродоксальевый, см. *Пиридоксальфосфат*  
 тиаминдифосфат, см. *Тиамин*  
 убихиноновые 2/972  
 флавоновые 1/525, 1129; 2/968, 970; 4/270. См. также *Рибофлавин*  
 фолевые 2/960; 5/244  
 Кофлера метод 4/514  
 Коформинци 3/594, 595  
 Коффинит 5/73  
 Коха  
 кислоты 3/382, 386  
 процесс 1/864  
 Коха—Хаафа реакция 2/970, 633, 640, 646, 971; 3/289  
 Кочеткова—Дмитриева реакция 1/1162  
 Кочешкова реакция 3/760  
 Кошениль 3/689  
 Коэнзимы, см. *Коферменты*  
 Коэрцитивная сила 2/485, 1240—1243  
 Коэзит 2/1025, 1026  
 Коэффициент(ы)  
 адсорбционный 2/691  
 активности 1/126, 127, 1065; 2/7, 8; 3/47, 829; 4/365, 366; 5/856  
 брэнстедовский 4/422; 5/964  
 броуновской коагуляции 1/448  
 весовые 2/749  
 виральные 1/727; 5/69, 70  
 влагопроницаемости 1/757  
 газопроницаемости 3/42  
 Генри, см. *Генри закон*  
 деполаризации и отражения света 3/167; 4/125  
 диффузии 1/60, 447; 2/193, 195—200, 514, 868, 1074, 1300, 1304; 3/1183, 1185; 4/261, 423, 795, 832; 5/29—31, 64  
 дыхательный 3/612  
 защиты от излучения 1/336  
 звукопоглощения 2/327  
 извлечения нефти из пласта 3/163  
 ингибирования 2/432, 435  
 качества и ослабления излучений 2/216, 217, 500, 501  
 кинетические 1/8, 9; 4/829—832, 1067, 1068  
 конденсации 4/891  
 контрастности фотоматериалов 5/316, 321, 322, 329  
 концентрирования 2/916  
 креатининовый 2/1004  
 летучести 2/159, 160, 1167, 1168; 5/101  
 массооблачи 1/7, 8; 2/1300—1304; 3/1142, 1183—1185  
 массопередачи 1/9; 2/1304—1307; 4/456, 459  
 массопроводности 2/1304; 3/1184, 1185  
 мутности среды 3/440  
 Онсагера 4/830, 831, 1067, 1068  
 осмотические 3/829; 4/373  
 переноса 2/692, 693; 4/830—832  
 плотности улаковки 3/1145  
 поглощения излучений 1/3; 4/785  
 подобия 3/1180  
 полезного действия аппаратов 2/1307; 5/806  
 — — Мерфри 4/455  
 — — ракетного двигателя 4/942  
 — — тепловой машины 4/1028  
 продольного перемешивания 3/1184, 1185  
 разделения изотопов 2/389—392; 5/3  
 — мембранного 3/38, 42  
 — при концентрировании 2/347, 916  
 — — кристаллизации 2/1039, 1040  
 — — экстракции 5/825, 826  
 разупрочнения 1/788  
 распределения биохимический 2/942  
 — новов 2/504; 3/47  
 — при пенной сепарации 3/898  
 — — экстракции 5/101, 825  
 рекомбинации новов 2/530, 531  
 рефракции 2/292, 304, 421; 4/513—516  
 сжимаемости 4/663; 5/69  
 температурные плотности 3/97  
 — расширения 2/299, 304, 828; 3/98, 1093, 1146, 1183, 1185; 4/997, 1038  
 — электропроводности 3/96  
 температуропроводности 3/1183—1185  
 теплооблачи 3/1183—1185; 4/262, 1045—1047, 1049, 1051  
 теплопередачи 4/1048, 1049, 1053  
 теплопроводности 3/97, 98, 1183—1185  
 термический давления 5/69  
 — расширения 5/69  
 термодинамические 5/595—604  
 трансмиссионный 2/754  
 трения 2/1, 1303; 4/1246, 1247; 5/370, 371  
 турбулентного переноса 5/30, 31  
 феноменологические 4/1067, 1068  
 Фуры 4/883  
 холодильные 5/595—603  
 чувствительности анализа 2/512; 3/136  
 Эйнштейна 2/727  
 энергетические 5/806, 809, 810  
 экстинкции 5/885  
 электронной селективности 2/522  
 эманирования 5/946  
 Крабтри эффект 1/1136  
 Красевые дислокации 2/51, 52  
 Красевые углы смачивания 1/36; 2/317, 761, 1182; 3/1170, 1173, 1174; 4/167, 729, 730; 5/845  
 Крайнак 1/629  
 Крайовак 3/1139  
 Крама правила 1/390, 391  
 Крамерса теория 4/410, 423—425  
 Крамерса—Кроннга соотношения 5/918  
 Крадалит 5/251  
 Краплак 2/971  
 «Красивые» частицы 5/931, 932  
 Красильный раствор, см. *Куб*  
 Красители. См. также *Индвариальные представители*, в том числе различных цветов  
 азметиновые 3/129—132; 5/124, 782  
 азные, см. *Азиновые красители*  
 азо, см. *Азокрасители*  
 азонные, см. *Азогены*  
 азометиновые 1/86, 87; 2/980; 3/1017, 1035, 1036; 4/18  
 акридиновые 1/112, 113, 114, 366, 367; 2/972  
 активные, см. *Активные красители*  
 алифатические 2/972  
 алициклические 2/972  
 аминоксантиновые 1/573; 4/668  
 аминоксантовые 2/1082, 1083; 4/530  
 анноновые 2/995, 996; 3/128; 4/247, 248, 255, 256  
 антипирные 1/336; 3/1036  
 антрапиридиновые 2/981  
 антрахиноназолы 2/980  
 антрахиноновые, см. *Антрахиноновые красители*  
 антроновые 2/982  
 арилметановые, см. *Арилметановые красители*, *Трифенилметановые красители*  
 ароматические 2/972, 973  
 ацетонорастворимые 1/438, 82; 2/993, 997, 1000  
 бензантироновые 1/490  
 бензопиримидиновые 2/981  
 винилсульфонные 1/128, 129; 3/998  
 водорастворимые, см. *Водорастворимые соединения*  
 Вюрстера 5/339  
 гетероциклические 2/1253, 973—975, 1254  
 гидразоновые 3/129, 130  
 десенсибилизирующие 2/37  
 дисперсные, см. *Дисперсные красители*  
 для цветной фотографии 5/324—326  
 енольные формы 2/1093  
 жирорастворимые, см. *Жирорастворимые соединения*  
 и пигменты 3/1009  
 индантеновые 3/390  
 индигоидные 2/441, 347, 442, 976, 980, 1093, 1156; 1/419; 3/786; 4/1130  
 индоанилиновые 5/124  
 катнонные 2/699, 700, 701, 976, 977, 979, 982, 991, 992, 995, 996; 1/83, 494; 3/128—132, 523, 536, 675, 676, 690, 694, 833, 834, 997, 1199, 1200; 4/50, 91  
 кислотнo-протравные 4/248  
 кислотные, см. *Кислотные красители*  
 ксантеновые, см. *Ксантеновые красители*  
 ксантогеновые 5/128  
 ксиленоловые, см. *Ксиленоловые красители*  
 кубовые, см. *Кубовые красители*  
 ледяные 1/77  
 макрогетероциклические 2/1253, 981, 1254  
 маслаорастворимые 2/995  
 металлосодержащие 1/83, 86; 2/151, 152, 774—776, 991, 992, 994—997, 1253; 4/18, 247, 248; 5/221  
 метиновые 3/128, 129—132; 2/976, 982, 1125; 1/527; 4/23, 625, 799, 1120  
 нафтакриноновые 2/980, 981  
 нафтохиноксалиновые 2/981  
 нейтральные 3/128, 129, 131  
 нерастворимые 2/978  
 номенклатура 2/976, 977  
 оксаниновые 3/675, 536, 676, 677, 697, 1017; 2/438, 460, 980, 1116, 1125; 5/132, 530, 531  
 оксидантные 3/694, 695  
 основные, см. *Основные красители*  
 периноновые 3/953, 954, 1016; 2/981; 4/18, 76  
 пиразолантроновые 2/981  
 пшеничные 2/539, 658; 3/1089  
 полимерные 3/1269, 1270  
 полимерастворимые 2/993, 994; 3/953, 954  
 полнметиленовые 2/1228  
 полнметиленовые 4/23; 3/128  
 примененные 2/729, 221, 982, 1000, 1119, 1125, 1128; 3/132, 797, 1125; 4/624—626. См. также *Красящие*  
 природные 2/971, 972—975  
 просветляющие 5/383  
 противоореальные 3/692  
 протравные 4/247, 248; 1/139; 2/977, 982, 991, 992, 995, 996, 1000; 3/537, 538; 4/1117  
 прядильнорастворимые 2/993  
 прямые 4/255, 256; 2/81, 976—978, 982, 990—992, 994—995, 999; 3/3, 382; 4/1199  
 сажевые 2/701  
 светопрочные 3/1035, 1036, 1079; 4/256; 5/382, 383  
 сенсибилизирующие 2/398; 5/317  
 сернистые 4/648, 43, 649; 2/455, 460, 976, 978, 990, 992, 993, 1156; 3/519, 547, 563, 566; 4/921, 1116, 1117  
 синтетические 2/975, 971, 976—982  
 спирторастворимые 4/800; 2/462, 977, 994, 1000—1002  
 сродство к материалам 2/989, 991  
 стирливые 2/114, 149, 150; 3/130—132

- субстантивные 4/255, 256  
сушка 4/959  
тиазоловые 4/1116, 668, 1117, 1118;  
2/438, 460, 980; 3/113; 5/531  
тиазоловые 4/1118  
тиондиангоновые 4/1129, 1130;  
1/528; 2/441; 3/1017; 4/1146  
триазеновые 3/129, 130  
устойчивость к миграции 2/1001,  
1002  
флуоресцентные 5/213, 212, 214;  
2/1082, 1216–1219; 3/132, 704,  
834  
формазановые 2/980  
формы восстановленные, см. *Лейко-  
соединения*  
– выпускные 2/981, 982  
фотохромные 3/132  
фталановые 1/368; 2/1082  
фталоцианиновые, см. *Фталоциани-  
новые красители*  
хинониминные 5/529, 530–532,  
535; 2/437, 438, 449, 460, 980, 995,  
1156; 3/471, 472, 536; 4/1116,  
1117  
хинофталоновые 5/535, 536; 2/149,  
150  
холодные 1/77  
хромовые, см. *Хромовые материалы*  
цвет, см. *Цветность органических  
соединений*  
цианиновые 1/238, 492, 527; 2/179,  
180; 2/1228; 3/62, 128–131, 785,  
817; 4/1117, 1118; 5/527
- Краски 2/982, 983; 3/412, 1129  
акрилатные 1/788, 790  
антисептики 1/337  
белые 1/462  
воднодисперсионные 1/788–790;  
2/982, 1133  
водостойкие 2/603  
водоэмульсионные 1/788, 789, 790;  
2/982, 1133, 1151; 3/1140, 1223;  
5/989  
вязкопластичность 4/486  
дорожно-маскировочные 5/563  
и пигменты 2/982; 3/1009  
клеевые 2/799, 559, 802, 982; 1/337  
красные 1/80, 81, 953; 2/302, 398,  
438, 997  
лаковые, см. *Эмали*  
латексные 1/788–790  
малярные 2/1278; 3/1011; 5/703  
масляные 2/1296, 821, 982, 1129;  
1/1065; 3/750; 4/383; 5/67  
нанесение 2/1130, 1131  
необрастающие 1/337; 2/1331;  
3/252, 763, 991; 4/546; 5/749, 934  
пленкообразователи 3/1139, 1140  
полиграфические 1/114; 2/462, 776,  
997, 1096, 1128; 3/113, 378, 834,  
1009, 1011, 1012, 1016; 4/1115;  
5/703, 957  
полимерные 1/788, 790; 3/917, 1197  
получение 2/354–356, 1296  
порошковые 4/142, 143, 144; 2/982,  
1133; 3/1139  
сигнальные 2/1084  
сиднкатные 4/673, 674, 834; 2/982;  
5/67  
темперные 2/799; 4/383  
термостойкие 2/603  
термочувствительные 3/479  
токопроводящие 3/991  
фасадные 5/67  
флуоресцентные 2/1228  
художественные 2/799, 821, 1278;  
3/1011, 1012; 4/383; 5/62, 67  
штетельные 3/131, 834  
эмалевые 2/978, 1296, 1297; 5/945
- Красные соединения  
гексацаноферрат калия, см. *Кровя-  
ные соли*  
железяки 2/269, 270, 606
- железоокисные пигменты 2/274  
красители 1/78, 80, 81, 953; 2/221,  
302, 398, 438, 447, 997, 1090;  
5/412, 413, 957, 1002  
шлам 1/1087  
эритрозин 2/1082
- Красочное правило 2/983; 3/733  
Кратные связи 2/983, 16, 26, 75, 99–  
102, 108, 128, 129, 245, 372–374,  
403, 404, 416, 623, 889, 908, 925, 975,  
984, 1171, 1172; 3/81, 82, 406, 407,  
604, 785, 1265; 4/176, 177; 5/461,  
736, 738, 742, 743, 779, 783, 961  
активированные 2/642; 5/258, 259  
в молекулярных перегруппировках  
3/938–940  
и ион-радикалы 2/526  
и карбаноны 2/621  
и металлизирование 3/72  
и правило Марковникова 2/1294  
миграция 1/752; 2/621  
рефракции 4/516  
с позитроном 3/31
- Кратных отношений закон 2/984;  
3/413; 4/866
- Краун-соединения 2/984  
Краун-эфир 2/984, 522, 525, 646,  
798, 965, 985–987, 1036, 1172, 1204,  
1327; 1/392, 1061; 3/21, 24, 33, 511,  
787, 973, 1256, 1258; 5/441, 744
- Крафта точка 3/182, 302  
Крафт-бумага 2/29, 30
- Крахмал 2/987, 31, 40, 109, 232, 464,  
539, 988, 989, 1153, 1182, 1295;  
1/1098, 1126, 1127, 1132, 1135,  
1154, 1155; 3/271, 324, 749, 864, 993,  
997, 1075, 1088, 1269; 4/35, 381, 392,  
399, 661, 1013; 5/38, 40, 149, 152,  
158, 204, 208, 554, 710, 865, 950, 995  
ацетилованный 2/989  
гидроксиметилованный 2/989;  
4/39  
гидролизированный 2/989  
дilatансия 2/111  
как индикатор 1/615; 2/496, 499  
как компонент клева 2/802  
– – красок 2/799  
– – молока 2/989  
метаболизм 3/611, 614–616  
модифицированный 1/621  
обугленный 2/1032  
окисленный 2/989  
«осахаривание» 1/232, 437  
фосфатный 2/989  
фотосинтез 2/633  
цветная реакция 3/1238
- Крашение 2/975, 976; 3/505  
адсорбционные 2/1000, 1001  
аэрографное 2/998  
барананное 2/995, 996  
бихроматное 2/1097  
бумаги 2/989, 121, 990; 3/834, 1009;  
5/412, 530  
в геле 2/700, 701; 3/1199  
в массе 2/440, 992, 993, 1001; 3/192,  
677, 1009, 1204, 1230; 4/17  
волокон 2/990, 698–700, 991, 992;  
3/1230, 1236, 1269; 4/64, 72, 247,  
248, 255, 256, 648, 649  
– и оптическое отбеливание 3/837  
– природные 2/253, 775, 776, 992,  
1093, 1228; 3/244, 472, 537, 543,  
676, 677, 690, 691, 833; 4/919;  
5/221, 382, 383  
– химических 1/732, 1095, 1097;  
2/992–994, 1228, 1254; 3/3, 131,  
543, 676, 677, 833; 1199, 1200;  
5/221, 535, 536  
волос 3/694  
выравниватели 2/694; 4/1012  
древесины 2/994, 995; 3/471, 694;  
5/412  
и инсектициды 2/474
- и сублимация красителей 2/151,  
152; 5/535  
кожи 2/995, 701, 836, 996–999;  
3/131, 472, 543, 693, 834, 1009,  
1270; 4/1129; 5/412  
кубовые 2/1094, 1095; 4/45  
латексов 2/1003  
ледяное 1/77  
лейкокислотное 2/1093, 1094  
межа 2/998, 977, 999, 1093; 3/244,  
519, 523, 694, 695, 1057; 4/1130,  
1199; 5/124  
нитритное 2/1097  
окислительное 2/998, 999  
оксидированного алюминия 2/999,  
1000; 5/913  
пластических масс 2/1001, 1002,  
1228, 1254, 1278; 3/131, 471, 537,  
677, 1009, 1013, 1138, 1269, 1270;  
5/213  
плосово-запарное 2/1094, 1097  
покрывное 2/996, 997  
протравное 2/977, 1097, 1329, 1334;  
3/691, 700; 4/247, 248, 943, 947;  
5/610, 612, 613, 619, 631  
растворители 4/359  
резно-технических изделий  
2/1002, 440, 1003; 3/537, 1009;  
5/62  
смесовое 2/700  
суспензионное 2/1093  
термозольное 2/1095, 1097  
тканей 2/441, 613. См. также *Печа-  
тание тканей*  
урзольное 3/694  
холодное 1/77, 78  
эмалей 2/1278
- К-регент Вудворда 1/840  
Креатин 2/1003, 1004; 5/1057  
Креатинин 2/1004  
Креатинкиназа 1/1000, 1003  
Креатинфосфат 1/558; 3/624, 876  
Креатинфосфкиназа 5/151  
Креатинфосфорная кислота 2/1003,  
1004
- Кребса цикл, см. *Трикарбовонных кис-  
лот цикл*  
Кребса-Хензелейта цикл 3/809–812  
Кредазин 1/1032  
Крезидины 2/1005  
м-Крезилцетат 5/372  
Крезоловый красный 2/447, 1090;  
4/936; 5/1002
- Крезоло-формальдегидные смолы  
5/134  
Крезолфталеины 4/936; 5/380  
Крезолфталеоксоны 5/379  
Крезолы 2/1004, 1, 15, 18, 88, 91, 406,  
591, 593, 846, 1005, 1044, 1092;  
1/311, 373, 452, 494, 573, 615, 670,  
697, 717, 903; 3/291, 293, 691, 1021,  
1055, 1218, 1219, 1221, 1246, 1247;  
4/71, 86, 570, 612, 1101, 1126, 1198,  
1205; 5/133, 135, 142, 208, 380, 817,  
942, 1004. См. также *Гидроксиметил-  
олям, Метилфенолы*  
Крекинг 2/1005, 169, 844; 1/31, 140;  
3/257, 1061; 4/1061  
каталитический, см. *Каталитиче-  
ский крекинг*  
термический 4/1058, 526, 1059–  
1061; 1/926, 927; 2/843, 1005,  
1251; 3/122, 346, 441, 442, 444,  
448, 726–728, 1000, 1058. См. так-  
же *Висбрекинг*  
электрохимический, см. *Электро-  
крекинг*  
термоконтактный 2/844; 4/1059–  
1061
- Юрека 4/1059, 1060  
Кремарт 1/1033  
Кремневодороды 4/670, 671. См. так-  
же *Силаны*  
Кремневольфрамовая кислота 5/366
- Кремнегалогеноводородные кислоты  
3/126  
Кремнезем 1/634, 646, 922, 1182;  
2/209, 263, 294, 297, 332, 677, 1024–  
1028, 1032; 3/698; 4/680, 681, 834–  
838; 5/371. См. также *Кремния ди-  
оксид*  
активный 2/377  
аморфный, см. *Силикагель*  
водные растворы, см. *Кремниевые  
кислоты*  
волокна 1/2; 4/845  
гидратированный 2/1026, 1028  
гидрозоли 2/1007  
как адсорбент 1/884  
как матрица для ферментов 2/422  
как минерал, см. *Кварц*  
как отбеливающая земля 3/837, 838  
керамика 2/733  
коллоидный 2/817, 1007, 1027. См.  
также *Аэрозоль*  
модуль 4/834, 841, 842  
прогенный 2/1027  
стеклообразный 2/1025. См. также  
*Кварцевое стекло*  
Кремнемолибденовая кислота 2/1009,  
1010  
Кремнефтористоводородная кислота  
2/1005, 590, 783, 984, 985, 1006,  
1009, 1010, 1027, 1031; 1/281, 902;  
3/576, 1056; 5/383, 393
- Кремний 2/1027  
Кремниевые кислоты 2/1006, 1007,  
1019; 1/442, 770, 773, 1001, 1044;  
3/170, 327, 360; 4/673, 698; 5/616,  
680  
– – соли, см. *Силикаты*  
Кремниестерия 4/875  
Кремний 2/1007, 578, 789; 3/170, 575,  
871; 5/54, 936, 937  
азид 5/503  
амид 2/1024  
аморфный 3/577, 775, 776  
арсениды 1/384; 2/1008; 4/683  
борнды 2/1008, 1241; 4/683  
бромиды 1/612; 4/685  
гидриды 1/1079, 1080; 2/1008–1010,  
1205, 1234; 3/126; 4/110, 118,  
573; 5/688. См. также *Силаны*  
гидроксид 1/871; 2/1079  
интерметаллиды 2/478, 479, 481  
нодды 2/1028, 495, 1008, 1029;  
4/671  
карбид 2/1029, 222, 223, 623–625,  
734, 840, 878–880, 903, 949, 1008,  
1009, 1016, 1056; 3/255, 417, 500,  
768, 774, 1153; 4/24, 33, 46, 109,  
112, 118, 333, 683, 685, 782, 785,  
1041; 5/43, 371  
клатраты 2/798  
метеоритный 2/963  
нитрид 2/1029, 209, 734, 879, 903,  
962, 1008; 3/76, 508–510, 1105;  
4/1006  
оксид(ы) 1/1182; 2/710; 3/698;  
4/584, 839, 885  
– аморфные, см. *Силикагель*  
– водные растворы, см. *Кремниевые  
кислоты*  
– диоксид 2/1025, 209, 222, 263,  
300, 332, 377, 588, 672, 675, 677,  
733, 737, 774, 798, 800, 801, 832,  
833, 1006–1008, 1013, 1026–1030,  
1205, 1234; 1/19, 62, 136, 137, 634,  
646, 820, 922, 1044, 1110; 3/24,  
89, 135, 146, 147, 165, 244, 280,  
288, 325, 334, 335, 390, 417, 439,  
646, 649, 650, 660, 695, 696, 698,  
699, 774, 775, 777, 996, 1011,  
1013, 1056, 1103–1106; 4/33, 91,  
141, 202, 333, 592, 674, 685, 706–  
708, 724, 746, 834–838, 843, 846,  
944, 1126, 1173, 1174, 1223;



- 5/133, 397, 503, 553, 1006. См. также *Кремнезем*  
 — как минералы, см. *Кварц*  
 — монооксид 2/1030, 1031  
 определение 1/121, 745; 2/84, 710, 1009, 1010, 1024, 1108, 1318; 3/169, 1036; 5/637  
 очистка 5/497  
 перхлорат 3/986  
 полимеры 3/419. См. также *Силикаты*  
 полупроводники 4/102–118  
 получение 1/951, 1029; 2/560, 1008, 1009, 1032, 1043, 1064, 1071, 1072; 3/89, 90, 255, 256, 335, 413, 499, 774, 1069, 1100; 5/407, 503  
 применение 2/800, 1000, 1010; 3/93, 335, 484; 4/102, 103, 105, 106, 111–118, 291, 345, 671, 782; 5/787, 879, 925, 941. См. также *Силицирование*  
 свойства 1/388, 833, 1015, 1060; 2/77, 209, 282, 300, 367, 669, 832, 920, 924, 1007, 1008, 1029, 1235; 3/88, 89, 96, 126, 147, 246, 801, 955, 957, 958, 1093; 4/574, 584, 788, 808, 813, 1006, 1079, 1173, 1224; 5/283, 895, 958, 1024  
 селениды 4/683  
 соединения межгалогенные 2/1029  
 — органические, см. *Кремнийорганические соединения*  
 сплавы 1/214–218, 617, 1039; 2/250, 257, 262, 263, 561, 948–950, 1153, 1241, 1243, 1250, 1331–1333; 3/15, 334, 421, 482, 801, 835, 1069; 4/685, 809, 1057, 1180, 1181; 5/80, 81, 198, 503, 908  
 сульфид 2/1008; 4/637, 1134  
 теллуриды 4/1019, 1023  
 феррит 5/163  
 фосфид 2/1008; 5/257  
 фториды 2/1031, 1005, 1006, 1008, 1027, 1031; 1/281, 902, 950, 977; 3/90, 1056; 4/152, 671; 5/388  
 хлориды 2/1031, 239, 1008, 1009, 1023, 1024, 1027, 1030–1032; 1/582, 813, 950; 3/285, 558, 575, 576, 777, 801, 1056, 1069, 1105; 4/33, 671–673, 685, 834, 925, 1111, 1138; 5/16, 503  
 Кремнийорганические соединения 2/1019; 4/1138; 5/934, 998  
 алкоксисиланы и ароксисиланы 1/170, 171, 172; 2/804, 1013, 1019–1027; 3/800, 807; 4/671, 1111, 1162  
 биологическая активность 3/1023  
 волокна 4/26  
 герметики 1/1044, 1045, 1109  
 гетероциклические 2/1019, 1020, 1022, 1023  
 жидкости 2/1010, 363, 880, 1011, 1012, 1016, 1018; 1/789; 3/744, 807, 1116, 1144; 4/51, 1050, 1079; 5/962  
 изоцианат 2/401  
 каучуки 2/1012, 705–708, 868, 1013, 1014, 1016–1018; 1/647, 845, 921, 1043; 3/273; 4/130, 442, 443, 445; 5/398  
 клен 2/801, 806  
 композиты 2/880  
 лаки 2/1014, 1015, 1018; 3/743, 1140  
 номенклатура 2/1019  
 определение 2/1024  
 органоалогенсиланы 3/799, 800, 801; 2/1019–1023  
 органоалогенсиланы 3/803, 804, 805; 2/1019, 1022  
 органоалогенсиланы 3/806, 807, 808; 2/1019, 1022, 1023  
 пениогасители 1/789; 3/922  
 пероксидные 3/975, 976, 978  
 поверхностно-активные 3/1163, 1166  
 полимеры 2/1015, 806, 868, 1016–1018, 1024; 1/2, 386, 387, 807, 871, 1109; 3/87, 800, 805, 859, 1140, 1259; 4/165, 723, 1111; 5/998  
 получение 1/949; 2/1023, 1024  
 применение 2/1024  
 свойства 1/172; 2/1019–1023, 1027; 3/285, 671; 4/682  
 силатраны 4/671, 672; 2/1019  
 эластомеры 4/291  
 элементсодержащие 2/1025, 1016, 1017, 1019, 1021  
 Кренайт 1/1033  
 Крёнке реакция 2/1032, 1033; 3/814  
 Крёнке—Книга реакция 3/814  
 Креннерт 2/334  
 Креозот 1/337  
 как канцероген 2/606  
 масло 2/226, 1165  
 Креолин 2/18, 226, 594, 595; 4/977  
 Креспелта древесные  
 лаковые 3/894  
 смоляные 2/227  
 Креузингенон 5/120  
 Креузингин 5/119, 120  
 Кривизна пути реакции 2/917, 918  
 Кривца—Принса реакция 4/169–171  
 Крыные(ая)  
 азобонни 1/58, 59, 61  
 всорбция 1/924; 2/57  
 градуировочные, метод 4/483  
 дериватографические 2/35, 36  
 дисперсионные 3/404  
 испарения 1/923, 924; 2/57  
 калибровочные 2/1317  
 кинетические 1/60, 61; 2/753, 755, 757, 759; 4/150  
 кипения 2/57, 61, 62; 3/458  
 кислородно-диссоционная 1/1007, 1008  
 конденсации 2/61, 62  
 нагревания и охлаждения 4/1057  
 намагничивания 2/1240  
 отклика, см. *Трассера метод*  
 парообразования 1/923, 924; 2/57  
 плавления 2/57–60  
 потенциальные 1/45  
 превращений 2/57  
 путей реакций 3/1176–1178  
 распределения частиц по крупности 4/710  
 сублиминации 1/924; 2/57  
 сушки 4/957, 958  
 термогравиметрическая 4/1061, 1062  
 течения полная реологическая 4/487  
 тирания 4/1185, 1187, 1188  
 характеристики насосов 3/340  
 электрокапиллярные 5/844–846  
 Кризанол 4/220  
 Кризисы кипения 2/761, 762  
 Крилен 1/635  
 Кримидин 2/342  
 Кринин 1/223, 224  
 Криностерин 4/859  
 Криогенные процессы 1/794–797; 3/344; 5/593–604  
 Криогидраты 1/1078  
 Криолит 1/208, 219, 902, 951; 2/474; 4/668; 5/214, 386, 391, 800, 854  
 Криомикроскопия 5/871  
 Криорепликация 5/871  
 Криоскопия 2/1033; 1/127; 3/216  
 Криоультратомия 5/871  
 Криохимия 2/1033, 756, 1034, 1035; 3/416, 421; 4/892, 1031; 5/28, 509  
 Крипиды 2/1035, 522–524, 798, 1036, 1037, 1172; 3/24, 787; 5/441  
 Криптоклатраты 2/798  
 Крипиды 2/1036  
 Криптаустолни 2/398, 399  
 Криптоксантин 2/656–658, 972  
 Криптон 2/1037, 1038; 1/568, 569; 5/937. См. также *Благородные газы*  
 клатраты 1/569; 2/1043  
 определение 2/1038  
 получение 1/796, 797; 2/392, 1037, 1038  
 применение 2/148, 1034, 1038, 1124  
 свойства 1/6–8, 1015; 2/767, 769, 1077; 3/956–958, 1093; 4/152, 320, 328, 337, 813, 1039  
 фторид(ы) 2/1038, 333, 1037, 1039, 1124; 1/569, 570, 970; 3/414; 5/391, 812  
 хлорид 1/570  
 эксимеры 2/1037  
 Криптогаты 1/569  
 Криптолуриды 5/117, 118  
 Криптолеуриды 5/117, 118  
 Криптофенолы 1/163  
 Кристаллолет 2/1057  
 Кристаллизационная влага 1/1182; 2/12; 4/954  
 Кристаллизационные методы разделения смесей 2/1039, 1040–1046; 4/461, 891, 892  
 Кристаллизация 2/1046, 121, 299, 860, 1047–1053, 1299, 1300; 3/99, 1143; 4/807, 1051, 1063. См. также *Монокристаллов выращивание*  
 аддуктивная 2/1043  
 аморфной твердой фазы 2/1053  
 в звуковых полях 5/62  
 в многокомпонентных системах 3/188  
 в неорганическом синтезе 3/420  
 в присутствии вспомогательных веществ 2/1040, 1043, 1044  
 вторичная 2/1046, 1047  
 вымораживанием 1/847; 2/1041  
 высаливанием 2/1053  
 зарождение новой фазы 2/316–320; 3/818, 819; 4/391  
 захват примесей 2/1071  
 зональная 2/1042. См. также *Зональная плавка*  
 и жидкостная экстракция 5/834  
 и охлаждение 5/605  
 и пористость 4/132  
 и псевдооживление 4/265  
 и растворение 4/350, 356  
 и стеклообразное состояние 4/842  
 и степень кристалличности полимеров 2/1060  
 и формирование волокон 5/227, 229, 233  
 из паровой фазы 2/1039, 1046, 1053  
 из расплавов 2/223, 316, 319, 1039, 1040, 1042–1044, 1047–1050, 1061, 1070; 4/633, 680; 5/473  
 из растворов 2/223, 316, 318, 1039–1053, 1060  
 изогидрическая 2/1050  
 изотермическая 2/1040, 1052  
 контактная 2/1040, 1041  
 локальная в студиях 4/887–889  
 массовая 2/1040, 1041, 1048, 1049  
 металлических пленок 2/320  
 мыла 3/301  
 на охлаждаемых поверхностях 2/1041  
 направленная 2/916, 1009, 1041, 1044; 3/483, 500, 808, 1070; 4/111, 706, 709, 1021; 5/755, 756  
 натурального каучука 2/704  
 нефтяного кокса 2/840  
 ориентированная 5/958  
 пленочная 2/1041  
 поверхностная стекло 4/836  
 проточная 2/1046; 4/461, 633  
 равновесная 2/58–63  
 разделение смесей, см. *Кристаллизационные методы разделения смесей*  
 с непрерывным массообменом 2/1046; 4/461  
 с теплопередачей через стенку 2/1040  
 фотоэмульсионная 5/323  
 фракционная 2/752, 1040–1043, 1045; 3/93, 117, 1094; 4/556, 762; 5/655  
 химическая 3/255, 256  
 чугунов 2/256  
 эвтектическая 2/58, 59, 62, 63  
 экстрактивная 2/1043, 1044  
 электрохимическая, см. *Электрокристаллизация*  
 Кристаллин 1/306  
 Кристаллиты 2/840, 1060, 1061, 1064; 3/808, 1093; 4/663, 806; 5/516, 663  
 Кристаллическая решетка 2/189, 1054, 1064–1071; 3/96, 97  
 Кристаллическая сода 3/362, 439  
 Кристаллическая структура 2/1053, 832, 833, 1054–1057, 1063, 1064, 1068–1070; 4/994. См. также *Кристаллы*  
 зерна, см. *Кристаллиты*  
 и электронное строение, см. *Кристаллического поля теория*  
 нарушения, см. *Дефекты в кристаллах*  
 плотная упаковка 3/1144, 1145  
 полуметаллов 4/101  
 трехмерная периодичность, см. *Кристаллическое состояние*  
 химия, см. *Кристаллохимия*  
 Кристаллический флюоритовый 2/1057, 114, 221, 302, 448, 449; 1/155; 3/181, 834; 4/230, 396, 397, 945; 5/961  
 Кристаллического поля теория 2/1057, 722, 920, 1058, 1059, 1232; 1/856, 1055; 3/236; 4/120–122; 5/463, 790, 888  
 Кристаллическое состояние 2/1059, 714; 1/286, 287; 4/994. См. также *Кристаллография*, *Кристаллы*  
 и структура вещества, см. *Кристаллическая структура*  
 полимеров 2/1060, 1061, 1064; 1/859; 3/1119–1121; 4/849–852  
 Кристалличность, степень 4/849–852  
 Кристаллоидраты 1/1076, 1078, 1079; 4/745, 920, 921, 985; 5/98, 894. См. также индивидуальные представители  
 двойных сульфатов, см. *Квасцы*  
 дегидратация 2/12  
 как гетеромолекулярные кристаллы 3/226  
 как купоросы 4/904  
 механическое разложение 3/146  
 фосфатов 5/250–252  
 хладонов 5/548  
 Кристаллография 2/189–191, 1065; 4/473–477  
 Кристаллоза 4/581  
 Кристаллоинженерия 4/114  
 Кристаллосольваты 1/166, 168; 2/1234; 4/745, 747  
 Кристаллофосфоры 2/1061, 51, 703, 1062, 1120, 1219; 1/672; 3/435; 4/1022  
 Кристаллохимия 2/1063, 920, 1054, 1064; 4/674–679, 687. См. также *Кристаллическая структура*, *Кристаллы*  
 Кристаллы 2/1064, 1065–1072; 4/994, 995; 5/893–895  
 анизотропия 1/305; 2/1071  
 атомные радиусы 1/411, 412  
 бездислокационные 2/1064, 1071, 1072  
 ван-дер-Ваальсовы 2/1056; 3/226  
 гидратированные, см. *Кристаллоидраты*  
 дефекты, см. *Дефекты в кристаллах*  
 деформация 2/55

- дифракция рентгеновских лучей 4/473–475  
допирование 2/51, 53  
други 1/1123  
жидкие 2/286, 153, 191, 287–289, 299, 453, 1060, 1069, 1072, 1186; 1/393, 411; 3/182, 185, 784, 1120, 1209, 1213, 1216; 4/23, 24, 65, 868; 5/100, 538, 884  
зарождение и рост 2/316–320. См. также *Кристаллизация*  
и закон кратких отношений 2/984 и квазикристаллы 2/714, 715  
идеальные 2/105  
изоморфизм 2/370, 371  
инженерия 4/114. См. также *Монокристаллография*  
ионные 2/510, 51, 480, 485, 506, 511, 527, 1056, 1063, 1072, 1238; 3/1162; 4/290, 291, 745; 5/462, 856, 861, 894. См. также *Ионофоры*  
как люминофоры, см. *Кристаллофосфоры*  
квадрупольные моменты 2/712, 713  
квантовые состояния 2/720, 721, 725–730  
ковалентные 2/832, 510, 833, 1056, 1063, 1069; 3/224, 225; 4/745  
критические параметры 2/1075–1077  
лазерные 2/1118–1120, 1123, 1124; 1/1185  
металлические 3/74, 73, 75, 96, 97, 629; 2/480–485, 1056, 1063, 1069, 1238  
минеральные виды 3/164, 166  
молекулярные 3/225, 226, 227, 427; 2/1056, 1057, 1063, 1069, 1239; 4/411–414; 5/1057  
моно- и полисистемные 3/226  
морфотропия 3/276  
нематические 2/1072; 5/104  
нестехиометрические 3/433–435  
нитридные 3/499, 74, 87, 255, 415, 417, 500, 501; 2/52, 877, 879, 1070; 4/103, 251  
оптические, см. *Оптические материалы*  
освальдово созревание 2/1048, 1049  
пирозлектрические 3/1078  
плавление 3/1091–1094  
поверхность, травление 2/452–454  
– энергия 3/1162  
полиморфизм 4/23, 24  
политипизм 4/45, 46  
поляризуемость 4/576  
преплавление 3/1091, 1092  
прочность 3/1173  
пьезоэлектрические 4/284  
равновесная граница 3/1172, 1173  
радиационная стойкость 4/290, 291  
реакции 4/411–414. См. также *Кристаллохимия*  
релаксация 4/463  
с многоцентровыми координационными связями 2/919  
сниметрия 2/1063–1070; 3/68, 74, 226  
сингония 2/1067–1069, 1071  
сметические 2/1072  
смешанные 2/370, 371  
сольваты, см. *Кристаллосольваты*  
структура, анализ 2/189–191; 4/473–475, 780  
– атомная 2/1068–1070. См. также *Кристаллическая структура*  
– геометрия 2/1065  
– дальний и ближний порядок, см. *Кристаллическое состояние*  
– простые формы 2/1067  
– укладка молекул, см. *Плотная упаковка*  
текстуры 2/1061, 1068
- «усы» 2/877, 879; 3/255  
фотоэмульсион 5/322–324  
центры окраски 5/678  
энантиоморфизм 5/952, 538; 1/392; 3/772; 4/858  
эпитаксия 5/958  
ян-теллеровские 5/1057  
Кристаллалты 1/540, 1042; 2/1025–1027; 5/112, 113
- Критерий(и)  
адекватности модели объекту 2/749  
Грнфиттса 4/489  
Дамкелера 2/1256, 1259–1261  
замещения, см. *Тонкие отношения*  
Мнэса 4/486  
оптимизации 3/769–772  
подобия 2/543, 1301; 3/193, 1181–1185  
связности частиц в порошках 4/137  
Семенова 1/829  
стабилизации полимеров 4/815, 816  
статистические 3/137, 1108, 1110  
Стокса 4/282; 5/727  
Стьюдента 3/138, 638–640, 644, 1108  
Треска – Сен-Венана 4/486  
универсальные эволюции систем 4/1070  
Фишера 2/749; 3/638, 1108  
Франк-Каменецкого 1/829
- Критическая фаза 2/1072–1077  
Критические параметры 2/1074–1077  
концентрация мицеллообразования 3/182, 183, 301, 302, 1163, 1166; 4/580  
сжимаемость 4/664  
температура 1/923; 2/61  
точки 1/66–68; 2/57, 61, 1072–1077; 3/1161; 4/362, 366, 763; 5/104, 465. См. также *Кюри точка*, *Неелы точки*  
Критическое явление 2/1072, 300, 761, 1073, 1074; 1/727; 5/72, 99  
в двухфазных системах, см. *Критическое состояние*  
в микроэмульсиях и эмульсиях 3/163; 5/948  
и мицеллы, см. *Мицеллообразование*  
в растворах неэлектролитов 4/362, 366  
в цепных реакциях 5/686  
и макрокинетика 2/1258  
и теплоемкость 4/1040  
изоморфность 2/1072  
опалесценция 2/1072, 1073; 5/103  
параметры, см. *Критические параметры*  
пересечение пара 2/890  
решеточные модели 4/829  
фазовые превращения, см. *Фазовые переходы*  
Критическое состояние 2/1074, 57, 299, 300, 1060, 1075–1077, 1216; 1/924; 4/1029; 5/465. См. также *Критические явления*  
и законы Коновалова 2/899  
и поверхностная энергия 3/1161  
кривые 1/66–69; 2/1075–1077  
параметры, см. *Критические параметры*  
Крчевского–Казарновского уравнение 1/5, 1015  
Крчьево железно 2/273  
Кровельные материалы 1/563; 3/864, 895, 1200, 1245
- Кровь  
анализ, реактивы 3/834; 5/151  
антикоагулянты 2/439, 1082, 1145; 3/203; 5/126, 547, 988  
групповые вещества 1/1138, 1139  
заместители 2/1078; 3/163, 1230; 4/893; 5/392, 406, 410, 949  
красный пигмент эритроцитов, см. *Гемоглобин*  
оксигенаторы 3/56  
плазма, см. *Плазма крови*  
регуляторы pH 2/637  
свертывание 2/111, 731, 1123, 1195; 3/1098, 1196; 5/969  
содержание глюкозы 2/476, 695  
– микрокомпонентов, экспресс-тесты 4/399; 5/819  
– ренина 4/469  
сыворожка, см. *Сыворотка крови*  
фибринолитическая активность 2/812, 813
- Кровяные соли  
желтая 1/1208; 2/268, 336, 445, 565, 566, 573; 3/8, 370, 969, 1011, 1089; 4/696, 745; 5/453–455, 703  
красная 1/371, 654, 1208; 2/205, 272, 273, 525, 565, 566, 778, 1224; 3/383, 538, 542, 559; 5/6, 142, 223, 375, 432, 453–456, 703, 922
- Крокидолит-асбест 1/386  
Крокоит 5/608, 630  
Кроконовая кислота 3/723, 724  
Кроксус 2/255  
Кроля процесс 4/1174  
Кромолин-натрий 1/318  
Кромолитин 2/997  
Кронетон 2/473  
Кроннга–Крамерса соотношения 5/541, 542  
Кронфлинты 3/775  
Кроны 2/1078, 1079, 1296; 3/755, 991, 1011, 1012, 1197; 5/632, 633  
молябдатные 2/996  
свинцовые 1/1207, 1208; 2/274, 330, 996, 1078, 1079; 4/92; 5/563  
стронциевые 1/1208; 2/1079; 3/1012  
хромовые 2/997, 1015  
цинковые 1/1208; 2/330; 5/134  
Кросснговер 1/1009, 1010; 4/451  
Кросс-сочетание 2/889  
Кротамин 5/1036  
Кротильные соединения 1/185, 187; 2/1081  
Кротин I 5/1051  
Кротоксифос 2/472  
«Кротоанилиды» 5/419  
Кротонат, метаболизм 3/613, 617, 618  
Кротонил-кофермент А 4/126  
Кротонобетан 2/654  
Кротоновая кислота 2/1079, 643, 644, 1080–1082; 1/181; 3/613; 4/1248  
нитрил 2/245  
эферы 2/245, 785; 4/693  
Кротоновая конденсация 2/1080, 8, 12, 106, 204, 248, 421, 642, 745, 787, 888, 889, 1081; 1/197, 204, 390, 436, 441, 1025; 4/512, 1191  
Клайзена–Шмидта 2/787, 788, 1080; 5/60  
Кротоновый альдегид 2/1081, 1080, 1082, 1272, 1298; 1/196, 423, 424, 649, 718; 3/1032; 4/768; 5/996  
Кротопатин 5/1036  
Кротоксинны 4/1195; 5/1036  
Кротоцины 3/153, 154  
Кроциновая кислота 3/36  
Кроцины 3/1089  
Кроющая способность пигментов 3/1010–1012  
Круговой дихроизм 1/392, 393; 2/867; 4/857, 859; 5/108, 538–545  
«Крудум» 4/951  
Крукезнт 4/972  
Крупность частиц 2/350; 3/144; 4/182, 710  
Крутильные весы 1/685, 687, 688, 693, 694  
Крыснд 2/341  
Ксавин 2/1085  
Ксантин 3/619, 620  
Ксантан 4/39  
Ксантат Б–Ц 1/647
- Ксантен(ы) 2/87–89, 1082  
Ксантеновые красители 2/1082, 89, 979, 1083; 1/366; 3/786; 5/128  
жирорастворимые 2/302  
кислотные 2/776  
лазерные 2/1125  
основные 2/302, 1082  
пищевые 3/1089  
полимерные 3/1270  
протравные 4/247, 248  
роданнины 4/530; 2/1128  
эозины 5/957
- Ксантовый водород 4/1164  
Ксантилия соли 2/87–89  
Ксантин 2/1083, 966, 1084, 1085; 4/276, 1248; 5/217  
Ксантиндегидрогеназа 1/1219  
Ксантиноксидаза 1/188; 2/1084; 4/274, 524  
Ксантиол, никотинат 2/1085; 1/1118; 4/775  
Ксантрон 2/88  
Ксантобирибуниновая кислота 2/279  
Ксантогенатная группа 2/872, 1085, 1086  
Ксантогенаты 2/1085, 11, 129, 171, 177, 178, 474, 573, 1086; 1/730, 731, 846; 3/606, 733; 4/394, 654, 726, 924, 938, 1139, 1152, 1153, 1155; 5/207, 664, 779. См. также *Высокая*  
Ксантогеновая реакция 5/779  
Ксантогеновые кислоты 2/1085, 1086; 3/739  
Ксантогидролы 2/87, 88  
Ксантозины 3/598  
Ксантоиндисульфиды 2/1085  
Ксантокарбоновые кислоты 2/88  
Ксантоны 2/87–89, 974; 3/1075  
Ксантоперитиновая реакция 2/1086, 476; 1/475; 4/1170; 5/121  
Ксантоптерин 2/975; 4/270  
Ксантопурин 2/136  
Ксантосеридин 2/254  
Ксантотоксин 2/1086, 1087; 5/341, 1055  
Ксантотрицины 2/526  
Ксантофиллы 2/303, 306, 656–658, 972; 4/381  
Ксенаты 2/1088; 3/414  
Ксенобиотин 3/848; 5/1042  
Ксенон 2/1087; 5/937. См. также *Благородные газы*  
бромид 2/1088  
гексафтороплатинат 2/1089; 3/414  
гидраты 1/911  
клатраты 1/569; 2/1043, 1088  
мегалогенные соединения 2/1088  
оксиды 2/1088; 3/414  
определение 2/1088, 1089  
получение 1/399, 796, 797; 2/392, 1037, 1038, 1088  
применение 2/1089; 5/540  
свойства 1/568, 569, 1015; 2/137, 767, 769, 1034, 1077, 1088; 3/956–958, 1093; 4/152, 320, 328, 337, 813, 848; 5/446, 552  
фториды 2/1089, 137, 333, 1038, 1088, 1090; 1/970, 1193; 3/414; 4/339, 436, 912; 5/391, 393, 812  
хлораты 2/1088  
хлориды 1/569, 570; 2/1088; 3/414  
эксимеры 2/1088
- Ксеноаты 2/1088  
Ксенотим 1/875; 2/156, 243, 544, 546, 1229; 4/434, 435; 5/23, 281, 965  
Ксерогели 1/59, 62, 1001, 1002; 2/339; 4/131  
Ксерография 4/502, 615  
Ксидар 3/1213  
Ксикаин 1/319, 320; 2/1175  
Ксиланы 1/1006, 1103; 3/271, 614–616; 4/34  
Ксилема, см. *Древесина*

- Ксиленовые красители  
оранжевый 2/1090, 451, 553, 1091;  
1/736, 1039; 4/397, 435, 936;  
5/379, 750  
синий 2/447; 4/936  
п-Ксилолфталексон S 5/379  
Ксиленолы 2/15, 591, 593, 846;  
3/1055; 4/60, 936; 5/133, 135, 142,  
208  
Ксилланы 2/1091, 302, 1093  
Ксиллал 4/1266  
Ксиллиеновые соединения 3/1262  
гликоли 3/396; 4/61; 5/566  
диамины 2/1091, 1092; 5/381  
дигалогенды 2/1092; 5/566  
диизоцианаты 2/1091  
Ксиллилы 3/569; 5/566  
Ксилит 2/1092, 277, 1164; 1/1006,  
1089, 1101, 1103; 3/271, 615, 616,  
1090; 5/430  
Ксилитан 2/1092  
Ксилозы 1/1006, 1022, 1101–1103;  
2/232, 1092, 1162; 3/264, 269, 271;  
4/35, 215, 578, 920; 5/37, 957  
β-Ксилозосахариновая кислота 4/904  
Ксилол 2/1175  
Ксилокард 2/1175  
Ксилолит 1/871; 2/1248  
Ксилолсульфокислота 2/1173  
Ксилолсульфонаты 1/1110  
Ксилолы 2/1092, 120, 121, 210, 396,  
417, 462, 591, 667, 672, 685, 686, 804,  
846, 1040, 1043, 1044, 1091, 1093,  
1274, 1320; 1/19, 158, 373, 375, 528,  
529, 562, 903, 996, 1089, 1161; 3/79,  
292, 446, 449, 451, 466, 515, 665, 667,  
673, 727, 994, 1021, 1061, 1066, 1129,  
1262; 4/223, 285, 359, 421, 502, 512,  
526, 753, 926, 969, 1055, 1114, 1192,  
1200, 1201, 1266; 5/56, 196, 377–  
379, 381, 527, 567, 608, 739, 778, 833,  
1011. См. также Гексахлорксилолы,  
Хлорксилолы  
Ксилохиноны 1/533; 2/85; 3/25  
Ксилохолины 4/694  
Ксилулозофосфаты 3/615, 616, 918,  
919; 5/347  
Ксилулозы 3/264, 615, 616  
Ксифталевые смолы 2/1092  
Ксонотил 2/588; 4/677  
КУ, смола 2/95  
Кубы(ы)  
аппараты 2/1093; 4/453, 456  
красильный раствор 2/441, 442;  
4/72  
дистиллят-остаток 2/159–161;  
4/456, 457  
Куба, геттер 1/1063  
Кубан 3/332; 4/76, 858  
Кубант 3/823; 4/562  
Кубические орбитали 3/778, 779  
Кубовые красители 2/1093, 78, 86, 356,  
439, 440, 976–978, 981, 990–992,  
999, 1094–1096, 1156; 1/155, 245,  
351, 354, 355, 489, 490, 944, 1065;  
3/109, 359, 376, 377, 390, 523, 524,  
707, 950, 953, 1227; 5/11, 124  
антрахиноновые 1/352; 2/1093;  
3/524, 690, 950  
антроновые 2/86  
бесизантроновые 1/490  
индантроновые 3/1016; 4/73, 74  
индигоновые 2/441, 347, 442, 976,  
980, 1093, 1156; 1/419; 3/786;  
4/1130. См. также Индиго  
набивные 2/1095; 3/997, 998  
периленовые 3/950  
периноновые 3/953  
пигментные формы 2/990, 993  
полициклические 4/72, 73–76;  
1/489, 944; 2/78, 440, 442, 978,  
981, 1093; 3/1016; 5/535  
тиониндигоновые 4/1129, 1130;  
2/1093  
фталоцианиновые 5/383  
хинониновые 5/531  
цианоловые 5/700  
эфиролейкосоединения, см. Кубо-  
золи  
Кубогены 2/1095, 975, 978, 1096;  
3/953  
Кубозоли 2/1096, 978, 982, 992, 997,  
1000, 1097, 1156; 1/732; 4/72  
Кукерситы 1/880, 1177, 1178  
Кукурбитаины 4/579, 580  
Кукурзуное масло 1/748, 749; 4/377–  
381, 383  
Кулона  
весы, см. Крутильные весы  
закон 3/145  
корреляция 5/869  
молекулярные интегралы 1/665–  
667; 3/222  
операторы 3/233, 234  
потенциалы 3/233; 5/1020–1022  
силы, см. Межмолекулярные взаимо-  
действия  
Кулонометрия 2/1097, 293, 856, 1098–  
1100; 1/670, 753, 754, 893, 894;  
3/161, 425, 1134; 4/627, 648, 1186,  
1187; 5/77, 106, 172, 173, 196, 554,  
837, 838, 914, 933  
Купсонит 5/788  
Культера счетчики 2/148  
Кумалины 3/1073, 1074  
Кумалиновая кислота 3/1074; 5/1015  
Кумар 2/1101  
л-Кумарилкофермент А 5/202  
Кумарин(ы) 2/1100, 499, 973, 974,  
1101, 1125, 1217, 1228; 1/423, 517,  
518; 3/836, 966, 1234; 4/570, 699;  
5/66, 450, 942  
Кумаровая кислота 3/613; 5/66, 201  
Кумаровый спирт 2/1173, 1174  
Кумарон 1/531; 2/1101; 4/969; 5/608  
Кумароно-нденовые смолы 2/1101,  
377, 440, 594, 673, 808, 846, 1320;  
1/630, 636; 3/444, 1116, 1264; 4/444,  
445; 5/572  
Куматетралил 2/343  
Кумафурил 2/342  
Кумахлор 2/342  
Кумилгидропероксид 2/1101, 96, 380,  
464, 465, 806, 1102; 1/115; 3/123,  
732, 978; 4/92  
Кумилпероксид 2/1102, 464; 4/42,  
301; 5/86, 993  
л-Кумилфенол 1/156; 5/133  
Куминовый альдегид 5/713  
Кумол 1/373, 375, 436, 513, 928; 2/379,  
380; 3/123, 738; 4/197, 203; 5/132,  
133, 713, 724. См. также Изопропил-  
бензол  
Кумолсульфонаты 1/1110  
Кумулены 2/1102, 1103, 1104; 3/419,  
1242, 1250; 5/737  
Кумулированные связи 1/173, 174;  
2/630, 740, 984  
Куна сегмент 2/1018, 1265; 3/1209  
Куна-Флорн теория 1/862  
Кунжутное масло 3/302; 4/377–381  
Кунико 2/1242  
Кунифе 2/1242  
Купелрование 4/639  
Купертит 3/1128, 1132  
Куперовские пары 4/585  
Купноны 3/4  
Купанса теорема 2/1104; 3/233, 778;  
4/122, 152  
Купорос  
железный 2/264, 269; 4/904  
кобальтовый 2/829  
медный 2/1334; 3/4, 146, 252; 4/904  
никелевый 3/484, 485  
цинковый 5/756  
«Купр» 3/575  
Купраколор 3/3  
Купраль 2/176, 177  
Купраты 2/1329, 1331; 3/9  
Купреза 3/4  
Куприил 3/897  
Куприт 2/1331; 3/4  
Куприфоль 3/3  
Купроникель 2/320, 321  
Купроферон 2/1104; 1/736, 1096; 3/8,  
492; 4/394, 396, 982, 1174, 1220  
Купроферонат 2/1104  
Куралетенсин 5/23  
Курапрен 2/375–378  
Кураре 2/1105; 4/517; 5/23, 1052  
Курареподобные средства 2/1105, 172,  
1106; 4/240; 5/591, 970, 1051  
Курарин 5/23, 1051, 1052  
Курехален 3/1139  
Курехалон 5/49  
Куркумен 4/660  
Куркумин 1/575; 2/972, 973  
Курнакт 2/1290  
Курякова  
принципы 5/174  
соединения, см. Интерметаллиды  
Курплета 1/425–427  
Курроля соли 3/367, 368; 5/247  
Курскит 5/298  
Куртель 3/192, 1198–1200  
Курциуса реакция 2/1106, 83, 405,  
1107, 1213; 1/73, 74, 272, 469, 758,  
989, 1073; 3/933, 939; 4/610; 5/88,  
785  
Курчатовый 2/1107; 1/585; 3/413, 958,  
959, 961; 5/1020  
Кусагард 1/716  
Кусагард 1/1026, 1027  
Кучерова реакция 2/1107, 1108; 1/198,  
424, 429, 1077  
Кучное выщелачивание 1/868, 869;  
3/7; 5/77  
КФУ, удобрение 2/619  
Кыштымская авария 4/321  
Кьельдаля метод 2/1108; 1/273; 3/169;  
4/549  
Кэпса реакция 2/1108, 1109  
Кэпирование 3/590, 591  
Кэпы мРНК 2/1324, 1325  
Кэррола–Каймела реакция 2/1109,  
1110; 3/1243  
Кюрн  
единица радиоактивности 4/317  
закон 2/766, 1237; 3/881, 882  
постоянная 2/1237, 1238  
принцип 4/1067  
температура 2/1110, 1111  
точка 2/1110, 207, 1072, 1111, 1240;  
3/98, 629, 881; 4/608, 1039; 5/97,  
102–104, 162–164. См. также от-  
дельные химические элементы  
Кюри–Вейса закон 2/1238; 3/881  
Кюри 2/1111, 564, 1112; 1/131–133;  
3/957; 4/331; 5/160, 446, 802  
II  
(6S,13S)-Лаблв-8(20),14-ден-6,13-днol  
2/1148  
(13R)-Лабла-8(20),14-ден-13-ol  
2/1285  
14-Лабден-8,13-днol 1/226; 4/715  
Лабеталол 1/50  
«Лабильный фосфат» 1/41  
Лабораторное оборудование 4/837;  
5/491, 492, 512  
весм 1/686–694, 699–701  
мешалки 3/945  
печи 3/1008, 1009  
плотномеры 3/1146–1148  
посуда 1/191; 4/982  
сушилки 4/967  
титраторы 4/1185  
фильтры 5/194  
экстракторы 5/833  
Лабрадор 3/1192, 1193  
Лабрадорит 3/1193  
Лабурини 3/1082  
Лавали сопла 4/384  
Лавандиновое масло 2/1113  
Лавандовое масло 2/598, 1100, 1113,  
1180; 5/1003–1005  
Лавандул 2/1113; 5/1004  
Лавеса фазы 2/479, 480, 482, 484, 486;  
4/563  
Лавессона реагент 4/1133, 1135  
Лавинная ионизация 2/208  
Лавровое масло 2/1151; 4/494; 5/746  
Лавсан 3/437, 1139; 4/87–91, 93, 326,  
893, 1129  
Лавсон 2/972; 3/705, 706  
Лавуазье теория 2/771  
Лагодзоксиколовая кислота 2/278  
Ладаи 2/1113; 1/511  
Ладанное масло 2/1113  
«Ладенбурга бензол» 2/366  
Ладенбурга  
перегруппировка 2/1113  
реакция 2/1113; 3/1019, 1046; 5/526  
Лазерная химия 2/1122, 389, 394, 623,  
722, 756, 1123, 1127; 1/792; 5/177,  
476, 503, 509. См. также Лазерные  
материалы, Лазерные методы, Ла-  
зеры  
Лазерные материалы 2/1123, 5, 371,  
547, 548, 552, 571, 590, 1072, 1124,  
1125, 1227, 1230, 1245; 1/206, 214,  
463, 672, 1185; 3/241, 410, 418, 478,  
489, 776; 4/157, 619, 707, 877, 1024;  
5/24, 214, 249, 383, 751, 755  
Лазерные методы 1/915; 2/1311, 1318;  
3/161, 168  
десорбция 2/1121, 1311; 5/742  
индуцированная флуоресценция  
2/124; 3/238, 239  
калориметрия 2/577  
масс-спектрография 4/779  
сварка 2/1120, 1128  
спектроскопия 2/1120, 1121, 1219;  
3/209; 5/358, 884  
– внутррезонаторная 1/762, 763;  
2/1120, 1121; 3/141  
– комбинационного рассеяния  
1/836; 2/866, 867  
– оптико-акустическая 3/768, 769  
– пнкосекундная 3/653  
– резонансная фотононизационная  
3/190, 191  
термоядерный синтез 2/1120, 1128  
Лазеры 2/1114, 25, 125, 728, 866, 1037,  
1062; 1/762, 763; 5/446. См. также  
Лазерная химия, Лазерные методы  
газовые 2/431, 505, 1119; 3/411, 414;  
5/64  
жидкостные 2/431; 3/676; 4/752  
и микроскопы 2/867  
и многофотонные процессы 3/189–  
191  
и самоорганизация 4/572  
импульсные 2/431, 867  
инверсия населенности 2/1115–  
1118  
ионные 2/1119  
как открытые системы 4/573  
материалы, см. Лазерные матери-  
алы  
для диэлектрических кристаллах  
2/1123, 1124  
на жидких красителях 2/1117–1120,  
1125, 1228, 1311  
на парах металлов 2/1119, 1120,  
1125  
на свободных электронах 2/1119  
на стеклах 2/1117–1119, 1123, 1124  
накачка 2/1115–1118, 1125–1127  
полупроводниковые 2/1119; 4/118  
рекомбинация носителей заряда  
4/104  
рентгеновского диапазона 2/1119

- перестраиваемые 1/410; 2/1311; 3/189  
 химические 2/1125, 125, 1122, 1126–1128; 3/430; 4/1223; 5/435, 446, 476, 678, 691, 812  
 аксилепксные 2/431  
 Лазикс 5/433  
 Лазодион-А 3/924  
 Лазурит 1/1018; 2/222; 5/62  
 Лайсел 4/49, 50  
 Лайнувера-Берка метод 5/154  
 Лак(и) 2/1128, 977, 1129; 1/139; 3/378, 705; 5/73  
 азосоединения 1/83  
 акриловые 3/1196, 1197  
 алizarининовый 2/971  
 алкидные 1/152, 153; 2/1128, 1129, 1297; 3/35, 282, 445  
 ацетилаццеллозные 5/1007  
 бакелитовые 5/134  
 битумные 1/562, 563, 564; 2/1129  
 бордо СК 2/1003  
 бутаноллизированные 5/134  
 винил- и дивинилацетиленовые 1/711, 712, 714  
 водостойкие 2/603  
 водоразбавляемые 1/773  
 глифталевые 1/153  
 защитные 4/29  
 зеленый 2/1128  
 как диэлектрики 2/268  
 кальциево-алюминиевый 2/971  
 красный 4С 2/1128  
 кремнийорганические 2/1014, 1015; 3/743, 1140  
 масляные 2/1296, 1129, 1297; 4/383, 739  
 меланиновые 3/35  
 металлокверцетиновые 2/731  
 новолачные 5/134, 135  
 одно- и двухупаковочные 4/51, 52  
 озоностойкие 3/661  
 основные 2/1128, 701, 834, 978, 1083; 1/367, 1061; 3/1016; 4/1117  
 отбеливание 3/837  
 отверждение 4/51  
 пексовый 3/894, 895  
 перхлорвиниловые 3/991, 992, 1235; 2/1132, 1133  
 пигментированные 4/51  
 пленкообразователи 3/1139, 1140; 4/26, 29  
 полиакриловые 3/1196, 1197; 4/21, 22  
 поливинилбутиральный 1/1208; 3/991  
 полиуретановые 4/50, 51, 52, 57; 1/989; 2/406, 1129; 3/1140; 5/73  
 полиэфирные 4/91, 92, 93; 2/1128, 1129, 1297; 3/743  
 полуфабрикатные 2/1128  
 резольные 5/134  
 розовый 2/1128  
 рубиновый СК 2/1003  
 светостойчивые 2/139  
 синий К 2/1128  
 сополимерно-винилхлоридные 4/764, 765; 1/725  
 спиртовые 2/462, 995; 3/471; 4/739.  
 См. также *Политуры*  
 термостойкие 2/603  
 типографские 5/413  
 товарные 2/1128  
 фаналевые 1/367, 1061; 2/701, 834, 978, 1016, 1083, 1128; 3/113; 4/1117  
 феноло-формальдегидные 5/134, 135, 136  
 фиолетовые 2/1128  
 фторопластовые 5/402  
 хлорированные полиэтиленовые 5/563, 564, 565; 3/1140; 4/29  
 хлоркаучуковые 5/565; 3/1140  
 черный для обуан 2/462
- электронизоляционные 3/1222, 1223, 1232  
 эмалевые, см. *Эмали*  
 эпоксидные 5/961, 962; 1/1065; 3/743  
 эпокси-фенольные 5/134  
 этилцеллозные 5/1007  
 эфироцеллозные 5/1806, 1007; 2/1128, 1129; 3/547  
 ярко-розовый 2/1003  
 Лакказы 3/271; 5/916  
 Лакмусовая бумага 4/394, 399  
 Лакоокрасочные материалы 2/1129; 4/1  
 водоразбавляемые 1/773, 153, 774, 775; 3/1140, 1270; 4/51  
 грунтовоочные, см. *Грунтовоки*  
 краски, см. *Краски*  
 лаки, см. *Лаки*  
 на основе алкидных смол 1/151–154; 3/282  
 пигментированные 3/1140  
 пленкообразователи, см. *Олифы, Пленкообразователи*  
 – высыхание и отверждение, см. *Лакоокрасочные покрытия, Сиккативы*  
 шпаклевки, см. *Шпаклевки*  
 Лакоокрасочные покрытия 2/1129, 1015; 1/563, 790; 3/87, 445, 750, 991, 992, 1010, 1140, 1197; 4/1, 54, 91, 92; 5/962. См. также *Лакоокрасочные материалы*  
 атмосферостойкие 2/1133  
 бездефектные 2/1132; 4/51  
 градиентные 2/1131  
 декоративные 3/1011  
 долговечность 2/1133  
 дефекты 2/48  
 защитные 1/19; 2/322, 323; 3/806; 4/29, 143, 144  
 коррозионностойкие 3/1011, 1012  
 нанесенные 1/774, 775, 790; 2/1130, 1131; 3/991; 4/51  
 необрастающие, см. *Необрастающие материалы*  
 подсинивание 5/62  
 полирование и шлифование 2/1132; 4/33, 34  
 порошковые 2/1131; 4/142–144  
 старые, удаление 2/103  
 сушка 2/1131, 1132; 4/960, 965. См. также *Отверждение*  
 укрупняемые 1/1208; 2/1132  
 Лакризаторы 1/615; 2/401, 1082, 1142; 3/103, 801, 844, 846; 4/921, 938, 1167; 5/561  
 Лакрис 5/204  
 Лактаза 2/464  
 Лактальбумин 1/191  
 β-Лактамазы 2/1134–1136; 3/1097; 5/698, 699  
 Лактаматы металлов 3/1208  
 Лактамацетали 1/420; 3/721  
 Лактам-лактимная (лактим-лактимная) тауомерия 1/455; 4/992; 5/84  
 β-Лактамные антибиотики 2/1133, 1134, 1135, 1140; 1/320; 3/924; 4/634; 5/697–699. См. также *Лактамы*  
 Лактамы 2/1136, 417, 1133–1135, 1137–1140; 1/229, 989, 1077; 3/187, 1080, 1265; 4/513; 5/708, 783–785, 939, 978  
 ε-аминокапроновой кислоты 2/615, 616  
 ацетали, см. *Лактамацетали*  
 1-винил-2-пирролдон 1/721, 722  
 как мономеры 3/257  
 кетоновы 2/740, 741, 1157  
 N-метилпирролдон 3/120, 121  
 поли-N-винилпирролдон 4/1229, 1230; 2/1140  
 Лактасоль 2/1078  
 Лактат 2/1140; 3/253, 612–618; 4/1260
- L-Лактатдегидрогеназа 2/1140, 395; 1/609; 3/470, 697; 5/149–151  
 Лактиды 2/1140, 11, 1141; 1/1132; 3/699, 1263; 5/1015. См. также *Полилактид*  
 Лактимы 1/455; 2/82, 419; 3/1028; 4/992; 5/708  
 Лактоген плацентарный 3/1134, 1135; 1/1172; 4/189, 758  
 Лактогенный гормон, см. *Пролактин*  
 Лакто-N-дифукогексаоза 3/748  
 Лактоза 1/198, 484; 2/232, 423; 3/614, 626, 655, 747–749; 4/426, 427, 431; 5/38, 150, 160  
 Лактолы 2/1142; 3/687  
 Лактомеры 3/1147  
 Лактоза 3/918  
 Лактонитрил 3/253  
 Лактоны 2/1141, 11, 28, 29, 345, 629, 635, 743, 1142–1144; 1/196, 252, 450, 543, 955, 956, 1077; 3/1073; 4/201, 205, 313, 428, 903, 916, 1140; 5/545, 713  
 арилметановых красителей 2/1081, 1082  
 галогензамещенные 2/646  
 как мономеры 3/252  
 кетоновы 2/740, 741  
 кислот альдоновых 2/752; 3/267  
 – гидроксикарбоновых 3/187, 699, 700; 5/379  
 – молочной 3/253  
 – уроновых 5/93  
 – янтарной 5/793  
 макролаиды 2/1261, 1262, 1263; 3/290  
 мускусы 3/291, 292  
 пептидные 2/34, 35  
 сесквитерпенов 4/660  
 стероидные 5/1053  
 шеллака 4/739  
 Лактопероксидаза 1/481  
 Лакто-N-тетраоза 3/748  
 Лактоотропный гормон 4/189, 190  
 Лактофлавин 4/523–525  
 Лакто-N-фукопентаозы 3/748  
 Лаллеманиевое масло 4/377–380  
 Ламбертиановая кислота 2/283; 4/740, 741  
 Ламе 3/74  
 Ламели 2/1060, 1061  
 Ламинак 3/822  
 Ламинары 2/1144  
 Ламинараны 2/1144, 1145; 1/193; 4/35  
 Ламинарибиоза 2/1144  
 Ламинаридекстрины 2/1144  
 Ламинариазы 2/1144  
 Ламниарины 1/193; 2/1144, 1145; 4/35  
 Ламниарное течение 1/1105, 1169; 3/941, 942, 946, 947, 1141; 4/881, 1043, 1046, 1047  
 Ламнирование 1/624; 3/1136  
 Ламповый анализ 3/447  
 Лампы(а)  
 Байярда-Альперта 1/663  
 безэлектродные 1/408  
 вспышка 1/987  
 газоразрядные 2/1116, 1117; 3/349  
 Грима 4/777  
 для спектрофотометрии 4/785  
 ксеноновые 5/540  
 люминесцентные 4/948  
 металлогалогенные 2/444; 3/768; 5/283, 497  
 натриевые 5/540, 762  
 ртутные 5/63, 540  
 флуоресцентные 1/410  
 Ланазолы 1/129  
 Лангбейит 1/956, 957; 2/498, 562, 570, 1251  
 Лангерганса островки 1/1154; 2/475  
 Ландау диамагнетизм 2/77  
 Ландау разложение 2/1073  
 Ланде фактор 2/329, 1238, 1244; 5/888
- Ландемана уравнение 3/1092  
 Ланжесена уравнения 2/77, 125–127, 207; 3/214; 4/409, 410, 832  
 Ланжесена-Дебая уравнение 2/207; 4/125, 127  
 Ланоллин 1/825, 826; 5/590, 780  
 Ланолиновый спирт 1/826  
 Ланостерин 4/713, 860, 1092  
 Лантан 2/1145, 1146; 3/955, 957–961; 5/937. См. также *Лантанонды, Редкоземельные элементы*  
 аллюминаты 1/205, 206; 2/1146  
 борнд 1/583–585  
 бромнды 2/1227; 4/437; 5/24  
 ванадат 1/672  
 германаты 1/1035  
 гидриды 1/1081; 2/1145  
 гидроксид 1/541; 2/1146  
 земля 2/1146  
 интерметаллиды 1/1082; 2/477, 486  
 ноднды 3/356; 4/437  
 карбид 2/624  
 карбонаты 2/1145, 1146  
 кобальтат 2/672  
 никелнд 2/486, 1146  
 нитрат 2/1146  
 нитрид 2/1145  
 оксиды 2/1146; 3/89, 699; 4/438, 586, 587  
 определение 1/381, 615, 763; 2/710; 3/124; 4/436, 936  
 органические соединения 2/1146–1148; 3/713  
 перхлорат 2/1146  
 пломбнд 4/601  
 получение 2/87, 1146; 3/89, 413; 4/436, 559, 1165; 5/651  
 применение 1/331; 2/1146, 1249; 3/497; 4/436  
 свойства 1/833; 2/243, 383, 564, 1145, 1146; 3/88, 97, 949, 1093; 4/431, 432, 571, 813; 5/24, 865  
 селенд 4/584, 619  
 силинд 4/684  
 сплавы 2/537, 548  
 сульфнды 2/1061, 1146, 1227; 4/910, 911  
 феррит 5/163  
 фосфат 2/1146, 1226  
 фторнды 1/541; 2/521, 1146; 3/57, 566; 4/436, 437; 5/388, 391, 862  
 хлорнды 2/1146; 4/437  
 хромат(ы) 2/1146, 1147; 5/631, 632  
 хромнт 2/734  
 цирконато-титанат 3/774  
 Лантаниды 4/432  
 Лантанолное сжатие 1/132; 4/432  
 Лантанонды 1/131; 2/564, 1111, 1145, 1219, 1229, 1230; 3/96, 409, 566, 949, 955–961; 4/156, 157, 192, 570, 1054; 5/23, 298, 694, 703. См. также *Лантан, Редкоземельные элементы*  
 гидриды 1/1081; 2/1145  
 карбонаты 2/637, 1145, 1146  
 окснды 1/1035; 2/1146; 3/89, 699; 4/438, 586, 587  
 определение 1/381, 615, 763; 2/710, 1090; 3/124; 4/436, 936  
 органические соединения 2/1147, 1146, 1148; 3/713  
 получение 2/87, 518, 519, 1146; 3/89, 413; 4/436, 559, 1165; 5/826, 827  
 применение 1/331, 1063; 2/1146, 1249; 3/497; 4/436  
 свойства 1/833, 1015; 2/176, 243, 376, 383, 564, 920, 1145, 1146; 3/88, 97, 98, 288, 949, 1093; 4/431, 432, 513, 571, 605, 606, 813  
 сжатие 1/132; 4/432  
 цнрконаты 5/761  
 Лантанины 3/472  
 Лантознд С 1/1130  
 Лапласа уравнения 2/611, 955; 3/1171

- Лаппаконитин 2/171, 172  
Лапрол 4/31  
Ларвинды 2/468, 1148  
Лартактил 1/234  
Лариксатет 2/284  
Лариксол 2/1148, 284  
Лармора пресессия 2/77; 3/31  
Лароксил 1/274  
Лассара паста 4/569  
Лассена проба 2/1148  
Лассо, гербицид 1/1029  
Латекс(ы)  
вспенивание 3/328  
вулканизация 1/846  
высокоскоростные 2/153  
гидрофобность 1/1111; 2/817  
губка 4/129  
дилатанция 2/111  
искусственные 1/788; 2/837, 1149, 1150  
клен, см. *Клеи синтетические*  
коагуляция 1/1213; 4/886  
краски, см. *Водозмульсионные краски*  
крашение 2/1003  
натуральный 2/1148, 703, 1149; 4/129; 5/565, 949  
пленки 3/1136  
синтетические 2/1149, 99, 187, 631, 806, 837, 996, 1150, 1151, 1319; 1/621, 646, 716, 719, 720, 788–790, 865, 1001; 3/284, 326, 327, 376, 646, 1227, 1233, 1265; 4/57, 129, 1013, 1139; 5/204, 565, 571  
смешение 4/734  
Латексификация фотозображения 5/456  
Латеральная диффузия 3/52  
Латинжеровский полиацетилен 3/1216  
Латинский квадрат 3/1112  
α-Латроксин 5/1046  
Латуни 1/343; 2/480, 481, 948, 957, 1330–1333; 3/8, 73, 75, 273, 758; 4/139, 549; 5/257, 371, 750, 909  
Лауриламид 2/216  
Лаурилпероксид 4/840  
Лаурилсульфат 2/619  
Лаурилодипропионат 3/712  
Лауриновая кислота 2/1151, 215, 216, 301, 643, 644; 1/863, 864; 4/172, 230, 377, 378, 580, 769, 770; 5/26  
Лауриновый альдегид 2/215, 216  
Лауриновый спирт 2/216; 3/711  
Лаурит 3/823, 1132; 4/562  
Лауролдацин 2/304  
Лауроилпероксид 2/1151  
Лауссона реактив 3/105  
Лаутарт 1/1175; 2/494  
Лафферти вакуумметры 1/663  
Левбана метод 5/467  
Левамизол 2/1151, 427, 1152; 4/220, 225  
Леваны 1/323; 5/374  
Левоглюкозан 1/1128; 2/226, 1165; 3/1060; 5/664  
Леводопа 2/1152, 1162; 1/392; 4/237  
Левомиметин 2/1152; 1/320  
Левона 1/392; 2/1152, 1162; 4/237  
Левопинарковая кислота 2/283; 4/740, 741, 1092  
Леворин 2/1152, 1153, 1262; 1/321; 4/228  
Левулиновая кислота 2/1153, 1164; 1/195, 196, 1101; 4/582; 5/370  
Левулоза 5/375  
Лёвшина правяло 2/1222  
Лёвшина–Перрена уравнение 2/1223  
Легал реактив 1/437  
Легирование 2/1153, 256, 257, 260–263, 320, 321, 947–950, 1071, 1154, 1155; 3/97, 492, 890, 1103–1105; 4/103–105, 114–117, 806, 1006, 1009, 1010, 1270; 5/175, 283, 652, 861. См. также *Имплантация ионная*  
Легированные химические элементы 4/806; 5/651, 652  
«Легкая вода» 5/395  
Легкие вещества (продукты) газойли 1/920; 2/166, 167, 169, 170, 679, 680, 682; 3/278  
каменноугольное масло 2/592, 593  
магнезия 2/1248  
Легковоспламеняющиеся вещества 1/1175; 3/1187–1189  
Лед 1/764–766, 783, 1109; 2/576, 962; 3/145, 164, 226, 1092, 1093; 4/227, 889, 1005; 5/44, 97, 98, 598, 604  
Ледебур метод 3/306  
Ледебуригит 2/255, 256, 261  
Ледяной калориметр 2/577  
Ледяные красители 1/77  
Леджандра преобразование 5/955  
Лейкарта–Валлаха реакция 2/1155; 1/198, 201, 272; 3/289; 5/1013  
Лейко... 2/1155  
Лейкобазальт 2/1155  
Лейковердазиты 5/219  
Лейкоген 2/1155, 1156  
Лейкодиголы 2/178, 179  
Лейкозин 2/1144  
Лейкоксен 4/567  
Лейкомицин 2/1155  
Лейконовая кислота 3/723  
Лейкопластыри 2/1192  
Лейкопоза стимуляторы 2/1155, 1156  
Лейкоптерин 4/270  
Лейкосапфир 2/222, 1064  
Лейкосоединения 2/1156, 79, 114, 440–442, 978, 1057, 1083, 1093–1096, 1155, 1271; 1/133, 352–354, 367, 368; 3/676, 690, 834, 953; 4/72, 648, 649, 1116, 1129; 5/529  
Лейкотриены 2/1157, 875, 1158, 1177, 1188, 1194; 3/396; 5/801  
Лейкоцитарный интерферон 2/486  
Лейкохинолин 5/521  
Лейцин 2/1158, 232, 249, 1159, 1298; 1/415, 477, 482, 1013; 3/175, 582, 619, 620; 4/189, 216, 217, 468, 1075, 1119, 1261; 5/518, 1036  
L-Лейцинамид 1/394  
Лейцин-энкефалин 3/400, 765  
Лейциты 4/561  
Лекарственные средства 2/1159, 1160, 1161; 3/1230; 5/169. См. также индивидуальные представители и группы  
биотрансформация, см. *Фармакокинетика*  
вяжущие 4/979  
мутagenность 3/2  
получение, см. *Фармацевтическая химия*  
пролонгированные 4/66; 5/108  
разбавитель 3/328  
таблетирование 4/970  
Лекланше элемент 2/1162; 5/918  
Лексан 3/1139, 1251  
Лексотанн 4/1225  
Лектины 2/1162, 988, 1163, 1164; 1/418, 1138; 3/51  
Леллингит 1/384  
Лемонграсовое масло 1/198, 1024; 3/725; 5/773, 1003, 1004  
Ленацил 1/1032  
Ленгюра  
веса 2/859; 3/260  
метод тензиметричн 4/1032, 1033  
модель адсорбции 1/56, 57, 59, 60; 2/688, 691, 692; 3/1159  
насысы 3/344  
уравнение 5/448  
Ленгюра–Блуджет метод 3/261  
Ленгюра–Хиншелвуда механизм катализа 1/1053  
Леннард-Джонса потенциал 1/6; 2/301; 3/20, 219, 390; 4/120, 121, 763; 5/72  
Ленточные устройства (приборы) вакуум-фильтры 3/637  
веса 1/695, 696  
газоанализаторы 1/891  
кристаллизаторы 2/1050  
мешалки 3/941, 942  
пигменты 3/1084  
сепараторы 3/636  
смесители 4/737  
сушилки 4/960  
транспортёры 1/698; 5/630  
фильтры 5/188, 189, 193, 194  
экстракторы 5/822, 823  
Ленты(а)  
гофрированные 3/339  
из магнитных сплавов 2/1241  
из металлических кристаллов 3/75  
липкие 2/1192; 3/808, 1244, 1245  
Мёбууса 4/858, 1214, 1215  
пористые 3/329  
Ленцион-333 1/732  
Леон 3/1201  
Леонит 2/570  
Леонтидн 5/525  
Лепидокрокит 2/254, 270  
Лепидолит 2/1201; 4/555, 556, 838; 5/654  
Лепидомелан 4/723  
Лепиркон 2/473, 474  
Лептидин 5/225  
Лептиногарзин 5/1039  
Лептозидин 2/973  
Лептозин 2/973  
Лептокурар 2/1105  
Лептоны 5/868, 930–932  
Лесохинонский понизитель вязкости 2/227, 1165  
Лесохины 2/1164, 227, 1165, 1166; 3/826; 4/714; 5/664  
Лессинга кольца 3/338  
Лессирующие пигменты 3/1011  
Лестничные полимеры 2/1166, 360, 1014, 1016–1018, 1264; 4/1082; 5/22  
Летние масла и топлива 2/166, 167, 170; 3/277, 472  
Летучесть 2/1166, 159, 160, 436, 902, 1167, 1168; 1/127, 1170; 4/356; 5/69, 101, 499, 504  
Лецитины 2/1296; 4/379; 5/245, 591, 949  
Лечебные воды 1/769; 3/170, 171  
Ле Шателье–Брауна принцип 2/1168; 1/1215, 1216; 3/427; 5/466  
Лешательт 2/1027  
Ле Энаффа модификация 4/760  
Лн–Кесслера уравнение 5/71  
Лизы(а) 2/1168, 1169; 3/287; 5/2, 158, 159, 270, 415, 763, 953  
аленилатидиклаза 1/38; 2/1169  
внутримолекулярные 2/365  
изоцитратная 2/407  
оксалоацетатдекарбоксилаза 3/683, 684; 2/1168  
фосфоенолпируват-карбоксикназа 5/270, 271; 2/1168  
фосфоенолпируват-карбоксилаза 3/1083  
фумарат-гидратаза 5/415; 2/1169; 4/1261  
цистатионинная 5/767; 2/1169  
энолаза 5/953, 954; 2/1169  
Либексан 4/230, 231  
Либермана  
кислоты 2/935  
реакция 3/539, 542  
Либриум 4/1224, 1225; 5/520  
Лигазы 2/1169; 4/810; 5/158, 159. См. также *Синтетазы*  
аминоацил-тРНК-синтетазы 1/240, 241; 2/1169  
ацетил-СоА-синтетазы 1/434  
глутаминсинтетазы 2/1152; 2/1169  
пируваткарбоксилаза 3/1083; 2/1170  
Лигандообменная хроматография 2/1171, 295, 297, 1172; 1/418, 625; 3/460; 4/392, 424  
Лиганды 2/1172, 767, 792–797, 830, 831, 871, 872, 918–920, 924–926, 929, 932, 943, 985, 1035–1037, 1147, 1148, 1288, 1289, 1326–1328; 3/85, 86, 91, 92, 103, 104, 251, 252, 475–478, 493, 494, 599, 759–763, 765, 766, 825, 826, 873–876, 971, 1237, 1238; 4/96–98, 612; 5/440, 441. См. также *Комплексы переходных металлов*, *Координационные соединения*, *Металлоорганические соединения*  
активация 3/997  
взаимное влияние 2/1170, 931, 1171; 4/122  
замещение 4/122  
изомеризация 2/933; 4/257  
изомерия 2/928, 929  
перераспределение 2/932  
поле, теория, см. *Поля лигандов теория*  
стабилизирующие 2/873, 874  
хроматография аффинная 1/416, 417; 2/970  
– обменная, см. *Лигандообменная хроматография*  
энергии связи электронов 4/481–483  
эффекты 2/667, 796; 3/736  
Лигатоксин А 5/1051  
Лигатуры 2/1153, 1154; 3/90; 4/115, 437, 601, 1175; 5/696  
Лигамон 3/201  
Лиггин 2/1172, 223, 596, 990, 1173, 1174; 1/1005, 1006, 1111; 3/691; 4/118, 1128, 1223; 5/135, 140, 196, 470, 515, 664, 995  
активированный 1/101  
Брауна 2/1173  
Бьёркмана 2/1173  
гидролизный 1/1100–1102; 2/1164  
мелкодисперсный 1/1102  
метаболизм 3/614–616  
молодой древесины 2/1173  
средство к красителям 2/989, 990, 994  
сульфатный 3/327; 5/995, 996  
сухой 1/1100  
термодеструкция 3/1060  
щелочной 4/903  
Лигниты 1/626  
Лигносульфаты 2/1174, 1175; 1/545, 680; 3/992, 993, 1118; 4/247, 920, 927; 5/208, 672  
Лигносульфоновые кислоты 2/239; 5/204  
соли, см. *Лигносульфаты*  
Лигношерновая кислота 4/968  
Лигронн 2/1175; 4/342, 399; 5/773  
Лидарный газовый анализ 1/916  
Лидары 2/1128  
Лидит 4/1268  
Лидокаин 2/1175; 3/68  
Лидофлазин 4/773, 774  
Лизеганга кольца 2/1259  
Лизергиновая кислота 2/1176; 4/654  
диэтиламид 2/1175, 1176; 5/967, 969  
диэтиловый эфир 4/269  
Лизергол 5/967  
Лизилбрадикинин 2/759, 760  
Лизин 2/1176, 81, 232, 365, 634, 654, 857, 970, 1171, 1176, 1193; 1/144, 202, 250, 253, 254, 415, 476, 482, 555, 745; 3/156, 175, 176, 199, 619, 620, 766, 881, 923, 931, 1083; 4/190, 191, 217, 536, 832, 1010, 1260, 1261, 1270; 5/2, 16, 17, 243, 525  
Лизин–2,3-аминомутазы 2/365  
Лизин-богатые гистоны 1/1124, 1125  
Лизин-вазопрессин 1/660

- Лизол 2/118  
Лизолецитин 2/1177  
Лизоплазмалогены 3/1096  
Лизостафин 3/926, 927  
Лизофосфатидилхолин 2/1177; 5/245  
Лизофосфатидилэтанолламин 2/1177  
Лизофосфатидовая кислота 2/1176, 1190  
Лизофосфолипиды 2/1177  
Лизофосфолипиды 2/1176, 1177, 1188, 1189; 5/269, 272  
Лизоцим 2/1177, 1178; 1/339, 471, 472, 1097, 1098, 1126, 1127; 3/928; 5/158  
Лквация 3/1069; 4/593, 709, 807, 835  
Лквандуса линни 2/58-61, 255, 256; 4/842, 1002-1004; 5/99, 176  
Лккодин 1/146  
Лккоза 5/957  
Лккокотинин 2/171, 172  
Лкконогитин 1/146  
Лккопекурин 1/146  
Лккопикон 2/656-658, 972; 3/407, 1242; 5/647  
Лккоподин 1/146, 147  
Лккоренин 1/223  
Лккорин 2/1178, 1179; 1/223, 224, 505; 3/848  
Лккофлексин 1/146  
D-Лккоза 3/264, 615, 616  
Лккнон 3/1201  
Лккмациды 3/252  
Лккмитрующая стадия реакции 4/723  
Лккминт 2/254, 255  
Лккмонен(ы) 2/1179, 283, 601; 1/534; 3/58; 4/714, 1092; 5/1004, 1005  
Лккмонит 2/255, 270; 3/1053  
Лккмонная кислота 2/1179, 16, 20, 305, 371, 544, 969, 989, 1180, 1211, 1273, 1294; 1/333, 554, 558, 611, 1136, 1144; 3/57, 700, 811, 1083, 1089; 4/299, 397, 582, 699, 1109, 1212; 5/39, 160, 297, 305, 410, 453, 773, 774, 833, 1001  
соли и эфиры, см. *Цитраты*  
Лккмонное масло 2/598, 1179; 3/725; 5/1003-1006  
Лккмоннокислое брожение 1/611  
Лккмофкны 2/428  
Лккналилацетат 2/237, 1180; 5/1004  
Лккналолпроптонат 4/207  
Лккналол 2/1180, 116, 237; 1/185, 1024; 3/178, 432, 1089; 4/1093; 5/801, 1000, 1004-1006  
Лккнадан 1/337, 997  
Лккнаделофин 3/1082  
Лккндемана схема 3/257, 258  
Лккндена фактор 3/1063  
Лккндлара катализатор 3/396  
Лккнейная передача энергии 2/499, 501  
Лккнейное сочленение циклов 1/372  
Лккнейно-кристаллические полимеры 2/1266  
Лккнейные дефекты в кристаллах 2/50-53  
Лккнейные полимеры 1/857, 858, 861, 873, 1001; 2/15, 571, 572, 1016, 1017, 1236, 1265, 1266, 1327; 3/742, 1245-1248, 1255, 1262; 4/81, 663, 848-852, 856, 857; 5/385  
Лккнейные схемы органического синтеза 3/793, 794  
Лккнейные ускорители заряженных частиц 2/502, 503  
Лккнетол 3/397, 730  
Лккнин  
азеотропов 1/66-69  
Кккучи 5/894  
лкквандуса в солндуса 2/58-61, 255, 256; 4/842, 1002-1004; 5/99, 176  
рабочая и равновесная процесса 2/1305-1307; 5/465  
роторно-конвейерные 4/541, 542  
спектральные 2/328-330; 4/472; 5/887, 888, 1024, 1025, 1029
- Лккнинметы 4/383  
Лккнкмонянц 2/1180, 1181; 1/321  
Лккннеит 2/819, 820  
Лккнолевая кислота 1/64, 863-865, 1085; 2/303, 306, 307, 660, 1215; 3/303, 395-397, 659, 1186; 4/378, 382, 527, 744, 903, 977; 5/26, 55, 51  
Лккноленовая кислота 1/863-865; 2/303, 306, 1212; 3/303, 395-397, 1186; 4/378, 382, 744, 903, 977; 5/551, 951  
Лккнолеум 1/635; 2/16, 1210, 1318, 1319; 3/38, 437, 632, 906, 1234; 4/738; 5/25, 26, 62  
Лккнурон 1/1030, 1031  
Лккногели 1/1001  
Лккзолы 2/331, 332  
Лккнонн-ноны 1/1097  
Лккнотропное действие 2/1181; 3/162  
Лккнотропные рады 2/1181, 287, 289; 3/162, 1209  
Лккнофильность и лккнобность 2/1181, 153-156, 331, 332, 608, 816, 817, 859, 860, 1001, 1182-1184; 1/1110, 1111; 3/163, 184, 185, 921, 1162, 1163; 4/884, 885, 967; 5/63, 171  
Лккнобность, см. *Лккнофильность и лккнобность*  
Лккнзды 2/1184, 304, 305; 1/1097, 1098; 3/283; 4/721  
Лккнпантил 1/1118  
Лккнпидные везикулы 2/1199, 1200. См. также *Лккпосомы*  
Лккнпидные зонды 2/1184, 1185, 1190, 1228; 4/304, 968; 5/770  
Лккнпидный бислой 2/1186, 241, 1177, 1187, 1189, 1190, 1199, 1200; 1/560; 3/51, 52  
Лккнпид-обменивающие белки 2/1187, 1188  
Лккнпидолит 4/723, 724  
Лккнпидпереоисщие белки 2/1187, 1188; 1/483, 484  
Лккнпиды 2/1188, 232, 1171, 1189-1191; 1/550; 3/270; 4/1226; 5/151, 245, 246, 269, 422  
A 1/1137  
алккилфосфолипиды 1/165  
альдегидогенные 3/1095, 1096  
анулярные 3/52  
бислой, см. *Лккпидный бислой*  
везикулы, см. *Лккпосомы*  
вирусы 5/269  
ганглиозиды 1/979, 980; 2/1189  
глюкозилдиглицериды 1/1130, 1131, 1137; 2/1188, 1189  
гликолипиды 1/1137; 2/1188, 1189  
глюкоцифинголипиды 1/1139, 1140, 1191; 2/1189  
днольные 2/141, 143, 1188, 1189; 5/273  
жиры, см. *Жиры животные*  
зонды, см. *Лккпидные зонды*  
иммуногенность 1/323  
как гашены 2/188  
каучуков 2/287, 703  
коацерватов 2/819  
комплексы с белками, см. *Лккпосомы*  
-- пептидами, см. *Лккпептиды*  
лизозофосфолипиды 2/1176, 1177-1179  
масла, см. *Растительные масла*  
мембранные 1/715; 5/243, 244. См. также *Биомембраны*  
метаболизм 1/483, 484, 1097; 2/1191; 3/198, 611, 617, 618, 621-623, 845, 975. См. также *Глюколатный цикл. Трикарбонных кислот цикл*  
метки, см. *Лккпидные зонды*  
мнюрные, см. *Лккпосолисахариды*  
нейтральные 2/969, 1188, 1189, 1191  
ненасыщенные 1/751; 3/578
- плазмалогены 3/1095, 1096; 1/165; 2/1188  
простагландины 4/209, 210-213; 2/1188  
стерны 4/859, 860, 861; 2/1188  
сфинголипиды 4/967, 968; 2/1188-1191  
фосфоглицериды 5/268, 246, 269, 270, 272, 273; 2/1188-1191; 4/968  
фосфолипиды, см. *Фосфолипиды*  
керамиды 5/692, 693  
цереброзиды 5/693, 692; 1/1137; 2/1189-1191; 3/49  
эйкозаноиды 5/801; 2/1188, 1191; 4/219  
Лккпидол 4/478  
Лккпие материалы 2/799  
канфоль 2/802  
клен-пленки 2/801  
ляты 2/1192, 808, 809; 3/1244, 1245; 4/444  
Лккпмана уравнение 3/1171  
Лккпоамниокислоты 5/243, 244  
Лккпоевая кислота 2/1192, 171, 968, 969, 1193, 1194; 1/750; 4/634, 1122  
Лккпоксигназы 2/1194, 1158  
Лккпоксимы 2/1157, 1158, 1194  
Лккполыз 1/1154; 2/578, 696  
Лккпомид 2/812  
Лккпоксиды 2/305  
Лккпопептиды 2/1195, 1188, 1196; 3/930  
Лккпопептин A 2/1195  
Лккпопептиды 3/924, 926  
Лккпопероксиды 3/396. См. также *Простагландины*  
Лккпополисахариды 2/1196, 477, 1197, 1198; 1/324, 553, 1137, 1154; 4/35, 36, 38; 5/396  
Лккпопротеидилпаза 1/1119; 2/812, 1184. См. также *Лккпосомы*  
Лккпопротеиды 1/470, 474, 1117-1119; 2/812, 1198, 1199; 3/927; 5/772, 773, 949. См. также *Лккпосомы*  
Лккпопротенилпаза 2/1198, 1199. См. также *Лккпосомы*  
Лккпопротены 2/1198, 819, 1184, 1199; 3/483, 484, 555, 1132; 4/163, 927; 5/269. См. также *Лккпосомы*  
Лккпосомы 2/1199, 422, 858, 860, 1187, 1120; 1/560, 561; 5/245, 246, 269  
Лккпотейховые кислоты 1/1131; 4/1010  
Лккпотриены 2/1157, 1158  
Лккпотропин 2/1200, 1201; 3/37, 399, 765, 766  
Лккпотропный гормон, см. *Лккпосомы*  
Лккпофильность 4/901  
Лккпосундин S 2/1078  
Лккпосундин 3/578  
Лккпмана уравнения 5/845, 846  
Лккпнтин 1/1086; 2/596  
Лккпобнолиты 2/703; 4/579  
Лккпронин 1/1030  
Лккпосовые материалы  
дельта-древесная  
лубяные волокна 1/800-802  
стекло 4/835-838  
Лккптейная лихорадка 5/750, 752  
Лккптейные материалы  
кокс 2/839  
креплетел 2/227, 1165, 1174, 1215; 3/894  
сплавы 1/216-218; 2/250, 256, 257, 1249, 1250; 3/497; 4/806; 5/618, 752, 753  
шпнкеры 2/735, 737  
Лккптин 2/1201; 1/768; 3/849; 5/937. См. также *Щелочные металлы*  
азид 1/72  
аланат 2/1204, 1205; 5/380  
алкоголяты 1/166, 168, 169; 5/971
- алюминаты 1/205, 206; 2/1202, 1204, 1205  
алюминийгидрид, см. *Литийалюминийгидрид*  
алюмосиликат 3/165  
амальгамы 1/223; 2/392  
амид 1/231  
аминны 3/308, 658  
антимониды 1/331, 332  
аргентит 2/1201  
арсенаты 1/382, 383, 950; 3/307  
бораты 1/777; 3/979, 980; 5/400  
борогидриды 1/579, 591, 592; 2/1205; 3/1075  
бромид 2/411; 3/247; 4/558  
галогениды 2/1203; 3/187; 4/559  
германат 5/862  
гидрид 2/1205, 243, 342, 343, 589, 647, 722, 723, 1201-1203, 1206, 1234; 1/965, 1079, 1080  
гидроксид 2/1205, 566, 1201-1203, 1206, 1208, 1209; 1/1093; 3/971, 972, 1055; 4/556; 5/655  
гипохлорит 1/1121, 1122; 5/554  
дейтерид 2/25, 1205  
дккльцийанат 1/670  
интерметаллиды 2/481, 1201  
нолдид 4/976  
карбид 2/624, 1201, 1206  
карбонат 2/1206, 733, 1201, 1202, 1207-1209; 4/269, 556, 838; 5/655  
купрат 2/1329, 1331  
манганаты 2/1277  
меркурид 2/1201  
нептурид 3/424  
нубат 2/1206, 209, 222, 1207; 1/136-138; 3/489, 776, 777, 970; 4/608  
нитрат 1/1207, 1206; 1/918  
нитрид 2/1201, 1202, 1205; 3/509  
озониды 3/658  
оксиды 2/1207, 733, 800, 1202, 1205, 1206, 1209; 3/165, 698, 699, 973; 4/193, 333, 584, 585, 587, 706, 707, 836-838  
определение 1/763; 2/566, 710, 1202; 4/833, 1221; 5/335  
органические соединения 2/1203, 36, 110, 182, 248, 337, 376, 581, 621, 622, 632, 645, 647, 673, 746, 920, 921, 1147, 1204, 1288, 1289; 1/203, 374, 391, 430, 631, 632, 636, 752, 824, 947, 987; 3/9, 80-82, 349, 350, 700, 761, 763, 804, 825, 831, 832, 874, 876, 914, 1040, 1043, 1050, 1130; 4/197, 468, 539, 641, 729, 873, 912, 933, 946, 976, 1122, 1133, 1157, 1159, 1185, 1222, 1258; 5/131, 165, 241, 259, 265, 266, 277, 311, 312, 414, 634, 711, 712, 732, 735, 738, 785, 905, 1000  
пероксид 2/1205, 1207; 3/971-973  
пероксосольват 3/971  
перхлораты 2/1207, 1208, 1327; 1/1098; 3/360, 987, 988, 990, 1215, 1216; 5/862, 863  
пльомбит 2/481  
получение 1/1019; 2/1202; 3/90, 413, 1069, 1193; 4/681, 724; 5/205, 651, 923, 926  
препараты, см. *Психотропные средства*  
применение 1/214-216, 973; 2/961, 1153, 1202; 3/301, 303, 1124, 1125; 4/673, 1175; 5/487, 488, 802, 879, 920  
свойства 1/310, 406, 411, 531, 632, 787, 833, 869, 948, 964, 972, 973, 1015; 2/90, 182, 189, 282, 376, 385, 392, 477, 504, 505, 564, 645, 647, 673, 767, 1077, 1181, 1201, 1202, 1204, 1206; 3/26, 73, 88, 98, 99, 99, 372, 439, 955, 957, 1092, 1093; 4/152, 318, 336, 431, 435,



- 584, 813, 820, 836, 848; 5/568, 797, 798, 890, 1019, 1022  
селендн 4/617  
силнкаты 4/676, 723, 724  
силнкды 3/76; 4/684  
сплавы 2/715; 4/556, 809  
сульфаты 2/1208, 829, 1202, 1205, 1206, 1209; 1/1093; 3/361, 1078; 4/284; 5/217  
сульфид 2/1201, 1202, 1208; 4/910  
сульфит 4/921  
танталат 2/1208, 222; 1/136-138; 3/777; 4/985  
теллурид 4/1022  
тетрахлоропалладат 5/439  
тиоцианат 5/546  
титанаты 4/585, 587  
тригиды 5/4  
феноляты 2/864; 3/693  
феррит 5/163  
фосфаты 2/571; 3/732; 5/247, 249, 251, 252, 281, 408, 862  
фторнды 2/1208, 220, 255, 492, 510, 1042, 1062, 1123, 1208, 1209, 1227; 1/137, 285, 589, 833, 1114; 3/90, 392, 394, 774, 776; 4/1030; 5/393  
фторометаллаты 1/540; 2/547; 3/751; 4/436  
хлорат 2/1207; 5/560  
хлорид 2/1209, 28, 29, 199, 583, 1022, 1202, 1205-1207; 1/339, 647, 656, 754; 3/103, 108, 309, 682, 721, 1055, 1204, 1209, 1210, 1217; 4/60, 539, 558, 559, 752, 877; 5/546, 657, 858  
хлорит 5/564  
хлорометаллаты 2/1209; 4/437  
цианнд 3/187, 392  
цианкд 2/1201  
Литийалюмогидрид 2/1204, 10, 21, 26, 68, 89, 115, 135, 173, 326, 379, 506, 645, 744, 913, 986, 1009, 1022, 1102, 1138, 1142, 1148, 1205; 1/220, 230, 389, 441, 514, 529, 538, 589, 620, 833, 994, 1079, 1083, 1147; 3/112, 308, 309, 384, 502, 506, 515, 518, 527, 532, 553, 557, 665, 673, 679, 680, 739, 757, 762, 795, 804, 977, 1229; 4/43, 66, 201, 270, 539, 548, 595, 596, 671, 803, 805, 866, 898, 913, 925, 926, 933, 937, 1100, 1139, 1145, 1159, 1160, 1166, 1167, 1204, 1251; 5/10, 87, 115, 125, 130, 133, 141, 219, 263, 277, 414, 427, 433, 747  
Литические смеси 3/399  
Литография 5/67  
Литол 2/1209, 901; 1/345; 3/1125  
Литопон 2/1209, 356, 1003, 1210; 1/460, 462, 774; 3/1011, 1012; 4/911; 5/755  
Литосфера 1/399, 553, 1109; 2/789; 3/849, 851  
Литотрофы 3/624  
Литофильные химические элементы 1/1015; 3/99; 4/710  
Литохимический поиск полезных ископаемых 1/1016  
Литохоловая кислота 2/278  
Литрекс 3/1139  
Литье 3/144  
без давления 4/10  
каменное 3/418; 4/681  
под давлением 2/867; 3/94, 1120, 1213, 1249, 1254; 4/5, 6, 40, 41, 44, 165, 542; 5/87  
с наложением механических колебаний 4/6  
с предварительным сжатием 4/5, 6  
с прессованием 4/4, 5  
шликерное 2/735, 879; 4/140  
Лнувила уравнение 2/719; 3/205  
Лифт-реакторы 2/32, 678, 681-683  
ЛКАО-приближение 2/1210, 794, 1211; 3/235, 467, 780, 781, 783, 787; 4/119, 120; 5/361, 643, 648, 875  
Лобеллин 1/291, 292; 3/1030, 1047; 5/593  
Лобри де Брюйна - ван Экенстейна реакция 2/1211; 3/267  
Ловушки  
для захвата носителей заряда 2/1062; 4/1075, 1076  
для очистки стоков 3/858  
каплеуловители 2/613  
спинные, метод 4/795, 304, 796, 1123, 1139; 2/754; 3/541, 546, 549, 983  
центры светочувствительности фотоматериалов 5/328  
Логанн 1/145  
Лойрен 3/1139  
Локализация молекулярных орбиталей 3/236, 237, 781-783; 5/876  
Локальная коррозия металлов 2/954, 955; 5/907  
Локальная симметрия молекул 4/690, 691  
Локально-нежесткие молекулы 3/393  
Локальные системы автоматического регулирования 1/22-25  
Локальный анализ 2/1212, 1213; 1/292, 295; 5/497  
изотопный 2/1318  
нонный 2/511, 512; 3/431  
лазерный 2/1121, 1122, 1311, 1318  
масс-спектральный 2/1121, 1311, 1318; 3/431  
микроспектральный 4/777  
неразрушающий 3/431  
распределительный 5/104, 105  
рентгеновский 3/161  
электронно-зондовый 5/877-880  
Локанты 1/141. См. также *Номенклатура химическая*  
Лола, волокно 4/1082-1084; 5/22  
Лолндн 3/1082  
Ломоносова закон 3/412; 4/772, 773, 866; 5/106, 508  
Ломоносова-Лавуазье закон 3/412  
Ломонтит 5/681  
Ломустин 4/234  
 $\alpha$ -Лонгинин 4/660  
Лонгифолан 4/660  
Лонгифолан 4/659, 660  
Лонгидиклен 4/659, 660  
Лондона уравнение 2/147; 3/17  
Лондона-Гайтлера метод 5/461  
Лондона-Эйринга-Поляни-Сато метод 3/1178  
Лондейллит 2/832; 4/23; 5/42, 43, 413  
Лонтрел 1/1029  
Лопарит 2/243, 1145; 3/409, 490, 969; 4/156, 434, 435, 561, 570, 1184; 5/23, 965  
Лопастные устройства мешалки 3/941, 942  
носы 3/340, 341  
роторные 3/1143, 1144  
Лоразепам 4/1225  
Лорана кислота 3/382  
Лорандит 4/972  
Лоренца линии спектра 5/887, 888  
Лоренца-Лоренца уравнение 2/207; 4/514, 515  
Лоренца-Максвелла уравнение 5/868  
Лоссеиа  
расщепление 2/1213, 1214  
реакция 2/1213, 405, 1107, 1214; 1/272, 1091; 4/610  
Лоуренсий 2/1214; 1/131, 132; 3/958, 961  
Люфин 2/1218  
Лошмидта постоянная (число) 2/1214  
Л-реакнт Вудворда 1/840  
ЛУ, волокна 5/49  
Лубелл 4/49, 50  
Лубяные волокна 1/800-802; 5/662  
Луднгол 1/80; 3/528  
Луешнт 3/489  
Лужене 1/976  
Лукалос 3/774  
Луковил 3/1232-1235  
Лумиррор 3/1139  
Луо-Бенсона шкала 5/897  
Лупаннн 5/525  
Лупетидины 2/1214  
Лупниин 5/524, 525  
Лупниновая кислота 4/274, 275; 5/524, 525  
Луран, см. *АБС-пластик*  
Лурги метод 1/879; 4/697  
Лутеосоли 2/821  
Лутидиновая кислота 2/1215  
Лутидины 2/1214, 407, 591, 1215; 3/110, 884, 1019  
Луцидулин 1/146  
Лучепреломление двойное 2/292, 739, 859; 4/125; 5/539  
Лучистый колчедан 2/265  
Лучистый теплообмен 4/1043-1048  
Льдообразующие вещества 4/227  
Льезская номенклатура 3/572  
Льяное масло 2/1215, 208; 1/563, 866, 1208; 3/302, 304, 741, 749, 1210; 4/377-381, 383, 713  
Льяные волокна 1/800-802; 2/324, 992, 1093; 3/998; 4/1130  
Льюиса  
активные центры 1/1056; 2/664; 5/679, 680  
кислоты, см. *Льюиса кислоты*  
правило 2/1168  
прибор 5/833  
теория цветности 5/651  
число 2/1257  
Льюиса кислоты 1/34, 360, 442, 578, 595, 604, 639, 652, 717, 824, 938, 947, 950, 953, 960; 2/74, 214, 281, 325, 525, 638, 697, 779, 780, 782, 811, 812, 887, 888, 930, 933; 3/125, 285, 495, 528, 545, 680, 684, 685, 738, 838, 933, 936, 1024, 1090, 1246; 4/61, 169, 170, 914, 947, 982, 1108, 1122, 1167, 1205; 5/7, 136, 142, 197, 224, 367, 372, 384, 903, 964. См. также *Алюминий, хлорид; Бор, трифторид; Железо, хлориды; Протоний; Сурия, галогениды*  
н основания 1/275; 2/778-780, 782, 783, 1089; 4/746, 1107. См. также *Аммиак*  
как агенты допнрующие 3/1215  
-- сдвигающие 4/605  
-- сшивающие 4/969  
комплексы молекулярные 1/1071  
- с нитроксильными радикалами 2/873  
Льюиса-Косселя теория 5/463  
Льюиса-Рендалла правило 2/7  
Льюиса-Уитмена модель 2/1304, 1305  
Любниин 5/196  
Лювнкан 3/1226  
Люгла раствор 1/338, 340  
Лювнгит 1/587  
Людонил 1/325, 326  
Люизнт 2/1215, 1216; 1/328, 429; 3/315, 845, 846; 5/501, 502  
Люковил 1/725  
Люмазин 4/270  
Люмиколхицин 2/862  
Люминнал 2/205; 3/281; 4/742  
Люминесцентные индикаторы 2/1216, 446, 448, 449, 452, 1217, 1218, 1227, 1228; 4/530, 569; 5/957. См. также *Люминесцентные приборы, Люминесцентный анализ, Люминесценция, Люминофоры*  
Люминесцентные приборы 1/889, 890; 2/291, 292; 4/627, 948  
Люминесцентный анализ 2/1218, 50, 292, 1219, 1228; 1/42, 133; 3/272; 4/397, 530, 945, 982, 1209; 5/77, 147, 149, 150, 172, 284, 335, 610, 867. См. также *Люминесцентные индикаторы, Люминесцентные приборы, Люминесценция, Люминофоры*  
Люминесценция 2/1219, 702, 1129, 1220-1224, 1227; 3/167, 241, 823; 4/299, 329, 876, 877, 977; 5/66, 893, 966. См. также *Катодолуминесценция, Кристаллофосфоры, Рентгеновская спектроскопия, Хемиллюминесценция*  
н анализ веществ, см. *Люминесцентный анализ*  
н дефектоскопия 3/837  
н мультиплетность 2/727, 1220  
н спинные эффекты 2/1239; 4/789, 790  
н центры окраски 5/678  
индикаторы, см. *Люминесцентные индикаторы*  
квантовый выход 2/727, 1220-1224; 3/769  
кинетика 2/1223  
молекулярная 2/1220, 1221  
поляризация 2/1223, 1224  
при нагревании, см. *Термолюминесценция*  
применение, см. *Люминофоры*  
спектры 2/1218-1222; 3/230  
спонтанная 2/1220; 4/299  
тушение, см. *Тушение возбужденных состояний*  
фермативная 2/1219  
Люминол 2/1224, 1217-1219; 1/1073; 4/397; 5/148  
Люминометрическое число 2/1224, 1225  
Люминофоры 2/1225, 50, 157, 220, 1208, 1209, 1220, 1224, 1226-1228; 5/24, 444, 658, 751, 752, 754-756  
активные 4/598  
излучательная рекомбинация 2/702, 703  
нзорморфное замещение 2/371  
неорганические 1/672, 679, 875, 1036; 2/157, 545, 547, 548, 1146, 1225; 3/418; 4/192, 617, 619, 875, 877, 911, 943, 948, 1055, 1075, 1076. См. также *Кристаллофосфоры*  
органические 1/134, 524; 2/1083; 3/675, 953, 1035  
постоянного свечения 4/300  
сцинтилляторы 4/329  
Люмиродопсин 4/537  
Люмихром 4/523  
Люмогаллион 2/1218; 4/397  
Люмогены 1/87; 3/704  
Люмогазетон 2/1218  
Люрекс 3/74  
Люсайт 4/22  
Люстран, см. *АБС-пластик*  
Люстрекс 4/40, 41  
Лютеин 2/656-658  
Лютеинизирующий гормон 2/1228, 1229; 1/39, 1047, 1163, 1172, 1173; 3/401; 5/218, 605, 606  
Лютеуриин 4/653, 1169  
Лютеолин 5/200  
Лютеций 2/1229, 222, 545, 546, 1147, 1230; 3/78, 958, 961; 4/432-434, 438; 5/24, 163, 937  
Лютриген 4/28  
Лютропин 2/1228, 1229  
Люттера-Шилова теория 2/756  
Люцигенин 2/1230, 1218, 1219; 1/112; 4/397  
Люцифереза 1/42; 5/150, 151  
Люциферин 1/42; 5/150  
Ляпис 4/636  
Ляпис-лазурь 5/62  
Лященко число 3/1184

## М

Мавеловая кислота 4/713  
Магнетит 2/254  
«Магическая» кислота 2/784  
«Магические» значения атомного номера 3/962  
угла 5/1029  
числа кластерных валентных электронов 2/793  
Магнитные породы и процессы 1/1015, 1018, 1019; 3/1193; 4/560, 680  
Магнелин 1/214, 215  
Магнезиоферрит 5/788  
Магнезохромит 5/633  
Магнезит 1/773, 871, 900; 2/637, 639, 734, 1234, 1235, 1247, 1248; 3/650, 1001, 1003; 4/565, 838. См. также *Магнезия*  
Магнезия. См. также *Магнезит*  
алюмосиликатная 4/844, 846–848  
железная 2/511, 1233, 1246–1248. См. также *Магний, оксиды*  
каустическая 1/871; 2/1248  
материалы, вяжущие 1/870, 871; 2/1246, 1248  
– железистые слюды 4/723, 724  
– известь 2/349  
– керамика 2/734  
Магнезоны 2/1231, 1235  
Магнелин фазы 1/679; 4/1178  
Магнетизирующий обжиг 3/634, 1068  
Магнетит 1/359; 2/254, 268, 270, 274, 962; 3/165, 167, 631, 633, 636, 698, 823, 1000; 4/559–561; 5/788  
Магнетометры 2/1238  
Магнетон  
Бора 2/1238, 1244; 4/997; 5/868, 886  
ядерный 2/1244; 5/1032  
Магнетопломбик 5/163  
Магнетохимия 2/1231, 1232, 1237, 1238, 1244, 1245  
Магнетронное расплавление 3/324  
Магнетронная жесткость воды 1/771; 2/282, 283  
Магнетронные удобрения 2/1232, 1233, 1247  
Магнетризм 3/88, 90; 4/1174, 1220; 5/656, 765  
Магний 2/1233, 789; 1/768, 769, 1018; 3/849; 4/782; 5/54, 56, 936, 937  
аквакомплекс 2/1235  
алюминат 1/206; 2/510; 3/774  
амальгамы 1/222, 223, 436; 3/1026  
амины 2/1248  
арсенат 1/383  
бораты 1/581; 2/1233; 3/371, 979  
бориды 1/583; 2/1234  
бромат 2/1227  
ванадат 1/671  
вольфрамат 1/821, 823  
галогениды 2/1245, 37, 38, 210, 572, 674, 1112, 1226, 1233–1235, 1245, 1246; 1/339, 342, 852, 871, 950, 1078; 3/88–90, 165, 255, 608, 609, 690, 774, 776, 801, 1069; 4/358, 726, 744–746, 835, 838, 985, 1174  
германаты 1/1035, 1036, 1041  
гидриды 1/220, 591, 1081, 1082; 2/1234, 1236; 3/1075  
гидроксид 2/1246, 282, 350, 625, 1234, 1235, 1247, 1248; 1/771, 773, 853, 922, 1093; 3/108, 972; 4/42  
гранат 1/1035  
интерметаллиды 1/331, 332, 734, 735, 1037; 2/335, 477, 478, 480, 481, 483, 484, 486, 1201, 1234; 3/308, 753; 4/99, 601, 943  
карбиды 2/624, 625, 1234; 3/108

карбонат(ы) 2/1246, 240, 256, 348, 568, 637, 639, 1233, 1234, 1246–1248; 1/333, 1036, 1078; 3/276, 360, 624; 4/673  
метаболизм 1/550; 3/176–178, 241, 623, 624  
нитрат 2/1247, 1248; 1/282; 3/505; 4/746  
нитрид 2/1234; 3/509; 5/52  
озонид 3/658  
оксид(ы) 2/1248, 126, 200, 348–350, 511, 664, 674, 677, 733, 734, 736, 737, 770, 800, 1083, 1233–1235, 1245–1247, 1250, 1251; 1/453, 871, 900, 944, 1036, 1056, 1141; 3/88, 89, 165, 324, 564, 649, 650, 676, 698, 699, 708, 774, 775, 823, 972; 4/72, 82, 131, 161, 333, 444, 567, 588, 621, 668, 706–708, 724, 836–838, 846, 977, 1174, 1233; 5/44, 143, 199, 291, 552, 559, 572, 786, 986. См. также *Железная магнезия*  
определение 1/38, 39, 121, 615; 2/451, 710, 870, 1090, 1218, 1231, 1235; 3/113, 124, 272, 1058; 4/472, 833, 936; 5/19, 335  
органические соединения 2/1236, 70, 71, 235, 337, 440, 480, 483, 484, 486, 532, 533, 622, 632, 645, 746, 830, 1024, 1234, 1235, 1237, 1248, 1288, 1289; 1/149, 150, 168, 251, 389, 430, 922, 947, 987, 1094, 1152; 3/9, 48, 79–82, 91, 92, 108, 111, 285, 314, 325, 349, 350, 371, 378, 477, 514, 516, 545, 557, 680, 713, 760, 761, 786, 826, 914, 978, 1016, 1026, 1038, 1043, 1050, 1074, 1078, 1130, 1227, 1229; 4/172, 450, 468, 512, 596, 699, 712, 713, 803, 833, 853, 938, 946, 976, 986, 1135, 1159, 1185, 1191, 1258, 1270; 5/137, 222, 712, 735. См. также *Гриньяра реактив, Иванови реактивы*  
перхлорат 2/1248, 242, 1249; 1/898, 990; 4/158  
пигменты 3/1088  
полимеры 5/617  
получение 1/1021, 1109; 2/32, 1235, 1246, 1247, 1295; 3/89, 90; 4/557, 820; 5/406, 651, 855, 895, 923, 926  
применение 1/832, 1192; 2/87, 257, 615, 801, 878, 880, 1171, 1181, 1227, 1232, 1233, 1235, 1240, 1247, 1253; 3/301, 303, 911; 4/342, 875, 1246; 5/712, 908, 920. См. также *Магнетермия*  
свойства 1/567, 832, 948, 950, 965, 1015, 1202, 1203, 1215; 2/189, 210, 282, 283, 639, 642, 767, 967, 1154, 1155, 1201, 1234, 1235, 1237; 3/57, 74, 88–90, 97, 99, 112, 125, 169, 326, 439, 822, 874, 955, 957, 958, 1069, 1075, 1144; 4/316, 349, 350, 352, 435, 481, 575, 593, 594, 668, 710, 813, 875, 916, 1057, 1109, 1178; 5/16, 77, 243, 268, 270, 271, 575, 724, 740, 998, 1020  
силкаты 1/337, 801; 2/370, 587, 962, 1233; 3/165, 360, 837, 970; 4/674–678, 680; 5/407, 408, 681  
силициды 2/478, 1009, 1234; 3/76; 4/671, 683, 684  
сплавы 2/1249, 310, 548, 580, 736, 801, 878, 880, 949, 1112, 1124, 1146, 1153, 1154, 1202, 1235, 1250, 1288, 1333; 1/214–218, 936; 3/75, 82, 100, 410, 695, 696, 822, 1075; 4/114, 436, 668, 712, 876; 5/400, 451, 696, 752, 753  
сульфат(ы) 2/1250, 199, 560, 562, 563, 570, 1233, 1234, 1245, 1251; 1/871, 900, 956; 3/360, 552, 978; 4/720, 745, 746, 904, 1149, 1194; 5/552  
сульфиды 2/962, 1234; 4/106, 585, 910, 911  
сульфиты 1/900; 2/1174; 4/119, 920, 921  
титанаты 3/1012; 4/491, 1184  
уранаты 5/83  
феррит 2/734; 5/163  
фосфаты 2/1233, 1235; 3/172, 367; 4/941; 5/250–252, 305  
фосфид 5/258, 416  
хлорат 2/53, 960; 5/560  
хлорид 5/551, 854  
хроматы 5/630–633  
цианид 5/703  
Магнитные материалы 2/1239, 1290; 3/91, 418, 629, 633; 4/875, 911; 5/165  
диэлектрики 1/407; 2/1240, 1241; 4/142  
железяки 2/270  
жидкости 2/1243, 1244; 5/164  
колчедан 2/265  
ленгты 2/255, 273  
мягкие 2/261, 262, 485, 1241  
оксиды 3/699  
оптические 2/1243  
пластики 2/1242  
полупроводники 2/1240  
резины 4/442  
спиновые волны 4/789  
сплавы 2/261, 262, 827, 828; 3/483, 695; 4/157, 571, 808, 809, 1055  
твердые 2/261, 262, 1238, 1241–1243  
упорядоченные 2/1239–1243; 3/68. См. также *Антиферромагнетизм, Ферромагнетизм, Ферромагнетизм*  
характеристики, см. *Магнитные параметры, Магнитные эффекты*  
Магнитные методы  
газовый анализ 1/915  
дефектоскопия 2/48  
нейтронтография 3/404  
обогащения полезных ископаемых 3/633–635, 1001; 4/981  
приборы, см. *Магнитные приборы*  
резонансные, см. *Электронный парамагнитный резонанс, Ядерный квадрупольный резонанс, Ядерный магнитный резонанс*  
спиновые 4/790–796  
Магнитные параметры. См. также *Магнитные материалы, Магнитные эффекты*  
восприимчивость 2/1237, 328–330, 1072, 1111, 1231, 1232, 1238, 1245; 3/87, 98, 167, 881, 882, 4/583. См. также химические элементы и индивидуальные соединения  
– отрицательная, см. *Диамагнетизм*  
– положительная, см. *Парамагнетизм*  
квантовое число 2/721  
моменты 2/1244, 328–330, 1231, 1232, 1237, 1238, 1245; 5/164, 165, 1032  
– взаимодействие(я) дипольное 3/68  
– сверхтонкие 4/587, 588, 789, 797, 798  
– спин-орбитальное 4/796, 788, 789, 797  
– спин-спиновое 4/797, 788, 789, 798  
– спин-фононное 4/789  
– и симметрия молекул 4/692  
– нейтронов и атомов 3/404  
– электронов, см. *Магнетон Бора*  
– алер, см. *Ядерный магнитный резонанс*  
оптическая активность 5/546

проницаемость 2/293, 485  
Магнитные приборы  
анализаторы газов 1/886, 887  
– жидкостей 2/292, 293  
вакуумметры 1/663, 664  
весы 1/685, 696; 2/1238; 4/587  
датчики давления 2/1284  
для получения суспензий 2/146  
масс-спектрометры 2/1312, 1333  
разрядные насосы 3/344  
Магнитные эффекты  
двойной резонанс 2/1239  
изотопный 2/811, 1238, 1239  
калорийский 5/604  
кольцевой ток 1/373, 377, 378  
круговой дихроизм 5/108  
оптические 2/292  
параметры, см. *Магнитные параметры*  
релаксация 4/463  
снятие вырождения, см. *Земмани эффект*  
спиновые 2/1238, 126, 811, 1239, 4/309; 5/458, 459. См. также *Химическая поляризация ядер*  
Фарадея 5/107  
Магнеты 4/463  
Магнохромит 5/788  
Мадапар 4/237  
Мадрела (Мадрелла) соль 3/367, 368; 5/247  
Маделунга  
константа 2/510  
потенциал 4/482  
Мазеры 3/1239  
Мазут(ы) 2/1251, 32, 166–168, 682, 844, 877, 1106; 3/377, 442–444, 446, 449, 450, 458, 459, 466; 4/461; 5/40  
зольность 2/341  
и смолесто-асфальтеновые вещества, см. *Деасфальтизация*  
как связующее 2/232  
коррозионная активность 1/630  
марганцовские 2/964, 965  
нефтяные 2/964, 965, 1005  
пиротехнический 3/1075  
сланцевый 2/965  
точные 1/727; 2/964, 965; 3/1001, 1003; 4/1059, 1060  
угольный 2/965  
флотские 2/964, 965  
Майера реакция 3/1090  
Майера–Макмиллана теория 4/367.  
374–376  
Майерит 2/582  
Майсенкаймера  
комплексы 1/373; 2/132, 314; 3/555, 557, 560, 563, 604; 4/728, 729  
перегруппировка 2/1251, 1252; 1/243; 4/867  
Майкельсона интерферометр 5/435  
Майлар 3/1139  
Майодил 4/478  
Майолика 1/1125; 2/733  
Майорановое масло 4/271, 1093  
Майтазин 1/302  
Майтанзинолды 1/302  
Майтек 5/86  
Майтоксиды 5/1049  
«Маканье» латексные изделия 2/1149, 1151  
Макарова фазы 2/478; 4/563. См. также *Интерметаллиды*  
Макбал 2/473  
Мак-Бена весы 3/217  
Макки соль 5/903  
Мак-Коннелла соотношение 5/891  
Мак-Коннелла–Робертсона уравнение 4/606  
Мак-Лафферти перегруппировка 2/1252; 5/364  
Мак-Леода вакуумметры 1/662  
Маковое масло 3/302; 4/377–380  
Макровтордиография 4/326

- Макрогетероциклические соединения**  
2/1327  
авермектины 2/468; 4/227  
антибиотики 5/738  
динзотианаты 3/744; 4/49, 50  
кетоны 4/1157; 5/641, 642, 710, 711  
копнамидин 4/227  
корриноиды 2/943, 944–946  
красители 2/1253, 981, 1254  
краун-формы, см. *Краун-эфиры*  
критидамы 2/1035, 522–524, 798,  
1036, 1037, 1172; 3/24, 787  
лактонные, см. *Лактоны, Макро-  
лиды*  
мостиковые 5/742–745  
мускусные 3/290–291  
порфирины 4/144, 145–149  
сульфоны 5/745  
фановые, см. *Циклофаны*  
фталоцианины 5/383, 384, 385  
хлорофиллы 5/572, 573–579
- α-Макроглобулин** 5/17  
**Макродекс** 2/1078  
**Макро- и микрокомпоненты**  
в радионуклидах 2/1254; 3/583; 4/762  
сосаажение 4/760, 761, 762  
**Макрокниетка** 2/1254, 755, 1256;  
1/1049  
гетерогенно-каталитических реак-  
ций 2/689  
диффузионная 2/1259–1261  
и распределение частиц по состоя-  
ниям 4/832  
и релаксация 4/463  
и теория подобия 3/1181; 1183  
и эволюция иерархических систем  
4/1063  
квантомогенное приближение  
2/1257  
нелинейные эффекты 2/1258  
пространственные масштабы и вре-  
мена 2/1255  
ферментативных процессов 5/156,  
157
- Макролипиды** 2/1261, 34, 522, 1142,  
1172, 1262, 1263; 1/320, 321; 3/499;  
4/208, 238  
как антибиотики 1/264, 320, 321;  
2/1152, 1262, 1263; 3/499; 4/227–  
230, 1097, 1136
- Макролипиды** 3/1139, 1251  
**Макромолекулы** 2/1263, 1264–1266.  
См. также *Высокомолекулярные сое-  
динения, Полимераналогичные пре-  
ращения, Полимеры*  
**биология, см. Молекулярная биоло-  
гия**  
в звуковых полях 5/60, 61  
в миоэлюстах 3/260  
и мономеры, см. *Макромонамеры*  
и олигомеры 3/742  
информационные, см. *Матричные  
рибонуклеиновые кислоты*  
ионогенные, см. *Полиэлектролиты*  
как матрицы, см. *Матричный син-  
тез*  
комплексы, см. *Полимер-полимер-  
ные комплексы*  
комплементарные 3/211; 4/19, 20  
модели 3/228  
молекулярная масса 3/217–219  
мутагены 3/293–298  
полидисперсность 3/220, 221  
получение, см. *Биополимеры, Био-  
синтез, Поликонденсация, Поли-  
меризация*  
растворы иезиогенные 4/78. См.  
также *Растворы электролитов*  
– полимеров 4/369–371  
– характеристическая вязкость  
1/873  
свободивалентные фрагменты, см.  
*Макрорадикалы*  
сопряженные звенья 3/1225
- спин-меченые 4/790–792  
стереохимия, см. *Конформации мо-  
лекулы, Конформационный анализ*  
студнеобразные, см. *Студни*  
функциональность 5/425, 426  
**Макромонамеры** 2/1266, 1267; 3/742.  
См. также *Макромолекулы,Mono-  
меры*  
акриловые, см. *Олигомеры акри-  
ловые*  
анализ, см. *Функциональность поли-  
меров*  
**Макропористые ионообменные смолы**  
2/1267, 504, 520, 701, 702, 1268;  
1/289, 311  
**Макроралкалы** 2/1268, 230, 231, 432  
**Макросетчатые смолы** 2/1268  
**Макроскопическая константа скоро-  
сти реакций** 1/547  
**Макрооброения** 5/54  
**Макроэлементы** 5/54  
**Макроорганические соединения** 5/953  
**Максама–Гилберта метод** 3/588, 589,  
594  
**Максвелла**  
жидкости 4/484, 490, 1029  
закон 3/1094; 4/827, 830  
эффект 2/859; 4/125  
**Максвелла–Больцмана распределение**  
1/791; 2/125; 4/826, 827  
**Максимальная работа реакции** 2/1268,  
1269, 1270; 1/762; 4/1071, 1072;  
5/505  
**Макузани** 5/537  
**Мак-Фаддена–Стивенса реакция**  
2/1270  
**Малапрада реакция** 2/1270, 1271;  
3/269, 796  
**Малат, метаболизм** 3/613, 617, 618;  
4/1260, 1261; 5/1015  
**L-Малат-гидро-лиаза** 5/415  
**Малатдегидрогеназа** 1/474; 2/396, 469;  
4/1261  
**Малатион** 2/471  
**Малат-синтетаза** 1/1142  
**Малаты** 5/1015  
**Малахит** 2/222, 637, 1330; 3/4  
**Малахитовый зеленый** 2/1271, 302,  
447, 979, 1156, 1327, 1330; 1/133,  
155, 367, 530; 3/181; 4/230  
**Маленат, метаболизм** 3/613  
**Маленатизомераза** 2/364, 968  
**Маленинаты и фумараты** 2/1272–1275;  
3/839, 1201; 4/1097  
**Маленинзация жидких каучуков** 2/285  
**Маленинмиды** 1/1098; 3/1079, 1098,  
1248, 1249; 4/895  
**Малениновая кислота** 1/299, 432, 727,  
1081; 2/1077, 108, 364, 368, 968,  
1274; 3/613, 696, 822, 875, 917, 918,  
1201; 4/853, 856; 5/434, 733, 968,  
1058  
**N-адипиламиды** 4/894  
**ангидрид, см. Малениновый ангидрид**  
**гидразид** 1/1071; 2/1274; 4/429  
и фумаровая кислота 2/1272, 107,  
108, 364, 368, 602, 968, 1152, 1169,  
1273, 1274; 1/394, 611, 726;  
3/613, 810–812, 875, 1201, 1270;  
4/768, 894, 977; 5/60, 1015  
**миды, см. Маленинимиды**  
как метаболит 1/484  
определение 1/670  
**сополимеры** 1/725; 2/516; 4/765;  
5/204  
**эфиры, см. Маленинаты и фумараты**  
**Малениновый ангидрид** 2/1273, 100,  
138, 247, 359, 360, 375, 376, 602, 672,  
706, 809, 846, 1272, 1274, 1297; 1/69,  
151, 153, 199, 476, 512, 513, 528, 543,  
628, 633, 638, 644, 652, 858, 1115,  
1217, 1218; 3/178, 372, 445, 684, 707,  
736, 907, 950, 1043, 1079, 1201, 1227,  
1229, 1230; 4/40, 175, 507, 613, 621,  
741, 869, 892, 977, 1093, 1097; 5/116,  
117, 204, 428–430, 434, 521, 570, 722,  
725, 734, 759, 950, 964, 1015, 1058,  
1059  
**Малениновый альдегид, диацеталь**  
3/1043  
**Малеолацетоацетат** 3/613, 617, 618  
**Малеолацетоуксусная кислота** 3/613  
**Малеонимаровая кислота** 2/602;  
4/740–742  
**Малларднт** 2/1293  
**Малликена**  
заселенность 3/235; 5/361  
комплексы 3/224, 225  
метод 5/897  
**Малонат, метаболизм** 3/613, 617–620  
**Малонат** 1/197, 980; 4/536; 5/967.  
См. также *Малеоновый эфир*  
**Малонилкофермент А** 1/555, 556;  
3/617, 618; 4/1260, 1261; 5/202  
**Малонилмочевны** 1/455; 5/84  
**Малонилполуальдегид** 3/617–620  
**Малонилхлорид** 2/1274  
**Малеоная кислота** 2/1274, 107, 108,  
386, 407, 813, 850, 1080, 1294; 1/196,  
253, 455, 484, 485, 1163; 3/421, 613,  
1059; 4/768, 894; 5/202, 1058  
**моноалкиламещенные** 4/536  
**моноамид** 5/707  
**нитрилы, см. Малонитрил, Циан-  
уксусная кислота**  
**эфиры, см. Малонаты, Малеоновый  
эфир**  
**Малеоновый эфир** 2/1274, 112, 205,  
647, 777, 1081, 1273, 1275; 1/228,  
421, 455; 3/26, 109, 180, 297, 556,  
1081; 4/500; 5/121  
**Малеонитрил**, см. *Малеонитрил*  
**Малеонитрил** 2/1275, 1274, 1276;  
1/980, 981; 3/131, 376; 4/1107–  
1109; 5/561, 706, 708  
**Малеотходные производства** 1/467,  
468  
**Малосернистые нефти** 3/444, 466  
**Малеотговое рассеяние излучений**  
2/191  
**Мальвинхлорид** 1/347  
**Мальтены** 2/1276  
**Мальтин** 2/989  
**Мальтоза** 1/232; 2/31; 3/614, 655, 747;  
4/581, 582; 5/150  
**Мальтоз** 2/1276, 1277; 3/1089  
**Мальтотриоза** 2/31; 3/747  
**Мальты** 1/562, 564; 3/452  
**Мальярные краски** 2/1278; 3/1011;  
5/703  
**Маммотропин** 4/189, 190  
**Маммотропный гормон** 4/189, 190  
**«Манган»** 3/575  
**Манганаты** 2/1277, 1278, 1287; 3/972.  
См. также *Калий, перманганат*  
**Манганаты** 2/1284, 1332; 3/484; 4/809  
**Манганит** 2/1285, 1290, 1292  
**Манганозит** 2/1290  
**Манганосен** 3/91  
**Мандариновое масло** 3/577, 725  
**Манеб** 5/417  
**Манкоцеб** 5/417  
**Маннаны** 2/1278, 1279; 1/1006; 4/34,  
35  
**Маннит** 1/575, 1089, 1101, 1147;  
2/181, 277, 770, 1078, 1144, 1145,  
1164; 3/1090; 4/397; 5/37, 375, 660,  
715  
**D-Маннит-6-фосфат** 3/615, 616  
**Маннитол** 5/715  
**Маннилах**  
основания 1/312; 2/1279; 3/709,  
1081; 4/173, 528, 529; 5/962  
реакция 2/1279, 672, 85, 416, 419,  
456, 621, 838, 1280; 1/198, 236,  
238, 272, 312; 3/106, 502, 555, 706,  
709, 1022, 1079, 1080, 1195;  
4/654, 1252, 1255, 1274; 5/220,  
222, 379, 783  
**Манноза** 1/1006, 1131, 1136–1139;  
2/367, 368, 1162, 1163, 1211, 1228,  
1278; 3/197, 198, 263, 269, 656; 4/35,  
190, 215, 1010, 1169; 5/37, 218, 271,  
605, 957  
**D-Манноза-6-фосфат** 3/615, 616  
**Маннозиды** 3/198  
**D-Маннозит** 3/615, 616  
**D-Маннопираноза** 2/1278, 1279  
**Маннопротены** 2/1278  
**Маннофосфонозитиды** 5/271, 272  
**D-Маниуронат** 3/615, 616  
**D-Маниуровая кислота** 1/192;  
2/1169; 4/36; 5/93  
**Мановакумометры** 2/1280; 4/1114  
**Манолоксиды** 2/1280, 284  
**Манометры** 2/1280, 1281–1284; 3/340;  
4/1114; 5/88, 89  
**Бурдона** 4/1032, 1033  
**мембранные** 2/1283; 4/1032, 1033  
**наполнители** 2/1175  
**ртутные** 2/1281, 1282; 4/1032  
**Мансоол** 2/1285  
**Марангон эффект** 2/1305; 5/448, 473,  
829  
**Марассе модификация** 2/864  
**Марборан** 2/347  
**Марганец** 2/1285, 789, 819; 1/550, 768,  
770; 3/170, 575; 5/54, 67, 895, 937  
зид 1/72  
**амальгамы** 1/223  
**антимонат** 4/943  
**арсенит** 1/382  
**галогениды** 2/1055, 1093, 1285–  
1287, 1290; 3/89, 90, 1060; 4/757  
**гидриды** 1/1081  
**гидроксиды** 2/273, 1287, 1290–1292;  
4/188  
**интерметаллиды** 1/331, 332, 384,  
1037; 2/481–483, 1240  
**карбонат** 2/1289, 216, 637, 639,  
1285, 1287, 1290; 1/1053  
**карбонилы** 2/1289, 362, 641, 642,  
1288, 1290  
**кобальтат** 2/672  
**нитрат** 2/1290, 1287, 1291  
**нитриды** 2/1286  
**оксиды** 2/1290, 86, 106, 252, 443,  
663, 666, 672, 819, 1001, 1061,  
1162, 1234, 1277, 1285–1287,  
1289–1293; 1/299, 300, 532, 901,  
972, 973, 1044, 1053, 1055, 1057,  
1115; 3/168, 364, 368, 377, 526,  
545, 559, 690, 695, 698, 969, 972,  
975, 1000, 1075; 4/42, 209, 333,  
466, 670, 820, 839, 972, 1057, 1116,  
1137, 1143, 1145, 1174, 1253;  
5/777, 124, 552, 568, 589, 901, 902,  
922, 983  
**определение** 1/120, 505, 615, 739;  
2/569, 710, 711, 743, 870, 896,  
1090, 1217, 1219, 1224, 1230,  
1287; 3/124, 169, 290, 703, 969;  
4/397, 936, 1126; 5/335  
**перхлорат** 3/990  
**получение** 1/278, 869, 977, 1019,  
1021; 2/87, 263, 1243, 1285, 1287,  
1289; 3/89, 90, 412, 1193; 4/820,  
1057; 5/205, 207, 854, 923  
**применение** 1/458, 463, 972, 973;  
2/220, 870, 1000, 1225–1227,  
1240, 1278, 1287, 1288, 1290,  
1293; 3/160, 161, 301, 302; 4/544,  
669, 670; 5/299, 901, 920  
**свойства** 1/315, 341, 1015, 1159;  
2/334, 639, 670, 767, 967, 1099,  
1286, 1287; 3/75, 97, 98, 403, 667,  
949, 955, 958, 1069; 4/352, 710,  
813; 5/20, 49, 56, 159, 268, 271  
**силикаты** 2/1285; 4/675, 676; 5/407,  
408

- силниды 2/1285–1287; 4/107, 684, 685
- соединения диоксигенильные 2/137
- органические 2/1288, 174–176, 203, 603, 651, 923, 1055, 1289, 1290, 1296, 1297; 1/364, 563; 3/62, 83, 349, 526, 713, 749, 787, 1015, 1016; 4/51, 188, 1098, 1148, 1202; 5/384, 417, 935
- сплавы 1/214–218, 618, 1039; 2/250, 257, 260, 262, 263, 453, 589, 715, 736, 948, 950, 1153, 1241, 1249, 1288, 1331–1333; 3/15, 482–484; 4/115, 685, 809, 1057, 1174, 1180; 5/61, 164, 198, 199, 753, 902
- сульфат 2/1292, 81, 349, 1287, 1291, 1293; 1/341, 667, 922; 5/901, 902
- сульфиды 2/1285, 1286, 1290; 4/1039
- теллуриды 4/1023
- тетрафторборат 5/400
- титанат 4/1184
- ураты 5/83
- феррит 2/734; 5/163, 164
- фосфаты 2/1130; 5/249–252
- фосфиды 2/1285–1287; 5/256, 257
- фториды 5/388, 391, 393
- хромат 2/672
- цианиды 5/703
- Марганцевые гальванические элементы 1/972, 973; 2/1162; 4/544; 5/487, 488
- Марганцевые удобрения 2/1293, 870, 1288, 1290; 5/54
- Марганцевый ангидрид 1/299, 300; 2/1290, 1291
- Марганцовая кислота 2/1277, 1287, 1292
- Марганцоватистая кислота 2/1277, 1287
- Марганцовая кислота 2/784, 1277, 1286, 1287, 1292; 3/576
- соли, см. *Калий, перманганат; Манганаты*
- Марганцовые пигменты (краски)
- белый 2/1289
- зелень 1/458, 463; 2/1278
- синяя 2/1278
- Маргарин 4/380, 383, 744; 5/551, 949
- Марганиновая кислота 1/863, 864
- Марена красильная 1/139
- Маркианн 2/1175; 3/68
- Марнон 2/1027
- Марка–Куна–Хувинка уравнение 4/488; 5/813
- Марказит 2/265; 4/972
- Марковникова правило 2/1293, 100, 312, 715, 1034, 1107, 1294; 1/715, 722, 723, 954, 960, 1077, 1084; 3/72, 738, 786; 4/205, 312, 553, 868, 906, 914, 1027, 1123, 1135, 1137, 1138, 1155; 5/907, 977
- Маркуса
- зависимость 3/651
- уравнение 4/421; 5/338, 339, 642
- Маркуса–Райса схема 3/258
- Марматит 5/746
- Марс 2/274
- Марселена – Де Доиде уравнение 4/1070
- Мартеновское производство 2/258, 264, 348, 964, 965; 3/93–95, 1069
- Мартенса метод 4/1053, 1054
- Мартенсит 2/259, 260, 262, 271
- Мартина веса 3/217
- Мартина модификация 2/810
- Мартиты 2/270; 3/633
- Маринуса желтый 3/542
- Марша проба 3/308
- Маршалка реакция 1/240
- Маршаллит 4/673, 834
- Маршруты реакций 4/722, 723
- Маскирование
- в аналитической химии 2/1294, 177, 213, 347, 1295; 3/713, 715; 4/393–395, 397, 398, 935, 972; 5/128, 274, 431, 988
- в пиротехнике, см. *Дымовые составы*
- привлекающих запахов, см. *Репелленты*
- Масла. См. также индивидуальные представители
- всплывающие 2/15
- древесносмоляные 2/15, 226, 1165; 3/893, 894; 4/771
- иммерсионные, см. *Иммерсионные жидкости*
- каменноугольные 2/594, 592, 593, 595–597, 846; 3/895
- металлоплакирующие 3/84, 86
- минеральные 3/465
- моторные, см. *Моторные масла*
- нефтяные, см. *Нефтяные масла*
- полувысыхающие 3/1186; 4/377, 383, 388
- присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*
- растительные, см. *Растительные масла*
- силиконовые, см. *Кремнийорганические жидкости*
- синтетические, см. *Синтетические масла*
- сланцевые 2/606
- смазочные, см. *Смазочные масла*
- технологические 4/726, 1115, 1116
- эфирные 5/1003, 1004–1006
- Маслоемкость пигментов 3/1011
- Маслонаполненные каучуки 2/377; 3/326–328
- Маслорастворимые соединения
- красители 2/995
- нефтяные сульфаты 4/928, 929
- смолы 1/156, 157
- Маслостойкость, см. *Бензо- и маслостойкость*
- Масляная кислота 2/1295, 226, 643, 644, 646, 1080, 1296, 1298; 1/544, 610; 3/613, 1055; 4/378, 904
- Маслянокислое брожение 1/610, 616, 646; 2/1295
- Масляные материалы
- водные дисперсии 1/1210
- дистилляты 2/168, 363; 3/347, 377, 884
- клеявые грунтовки 1/1208
- краски 2/1296, 821, 982, 1065, 1129; 3/750; 5/67
- лак 2/1296, 1129, 1297; 4/739
- эмаль 2/1296, 1297
- Масляные процессы
- абсорбция 1/902, 928, 932
- алсорбция 4/194
- флотация 5/206, 207
- Масляный альдегид 2/1297, 1295, 1298; 1/140, 194, 196, 198, 648, 649, 865, 1112; 3/450, 1222, 1224; 5/134, 980
- Масса(ы) 3/12–14
- атомная 1/407, 408; 3/31, 413, 605; 5/106, 508, 935
- единичная(ы) 1/407, 408; 3/215, 401, 605; 4/243
- бумажная 2/989
- действующие, см. *Действующих масс закон*
- дефект 3/605; 5/1017, 1020, 1032
- древесные прессовочные 2/229, 230
- зола, см. *Зольность*
- и критерии подобия 3/1183, 1185
- молекулярная, см. *Молекулярная масса*
- молярная 3/216; 5/803
- определение, см. *Весы, Взвешивание, Гравиметрия, Массовые устройства*
- перенос 4/829–832, 1065, 1066. См. также *Диффузия, Массообмен, Переноса процессы*
- релакса фотона и электрона 5/868, 930
- солевая, см. *Многокомпонентные системы*
- сохранение, закон 4/772, 773, 866; 3/412; 5/106, 349, 508
- энергия 3/935
- эффективная 2/77
- Массикот 3/147; 4/599, 600
- Массовые параметры
- концентрация 2/915
- поляризационная поправка 2/721
- числа 1/403, 408; 2/394; 3/604, 605; 5/1017, 1031
- Массовые процессы
- аппаратура, см. *Массовые устройства*
- диффузия 2/392, 393
- крашение 2/440, 992, 993, 1001; 3/192, 677, 1009, 1204, 1230; 4/17
- кристаллизация 2/1040, 1041, 1048, 1049
- переноса 4/829–832, 1065, 1066. См. также *Массообмен, Переноса процессы*
- Массовые устройства
- дозировочные, см. *Дозаторы*
- визуализаторы 2/511, 1309, 1312–1314
- площадки 3/1146–1150
- пылемеры 4/279
- расходомеры 4/383–387
- Массообмен 2/1298; 5/169, 170
- аппаратура 1/708, 1183; 2/1307, 1308; 3/56, 193, 1142, 1143; 4/402, 986–990
- и абляция 1/1
- в горении 1/1164–1168
- и макрокINETИКА 2/1254–1261
- и механохимия 3/145, 147
- и плазмохимия 3/1099, 1101, 1102
- и теплообмен 4/1043
- и электрохимическая кинетика 5/910, 911
- интенсификация 3/940; 4/271
- коэффициенты 2/1300–1307; 3/1142, 1183–1185; 4/456, 459
- процессы 1/7–12, 896, 897; 2/542, 543, 1045, 1046, 1299–1308; 4/350, 351, 454–456, 459, 461, 956–959; 5/156, 227–229, 819–822, 828, 829
- подобие 3/1181, 1183–1185
- Массоотдача 2/1298, 1300–1307; 3/1142, 1183–1185
- Массопередача 2/1304–1307; 4/456, 459
- Массопроводность 2/1304; 3/1184, 1185
- Масс-рефлектор 2/1314
- Масс-спектральный анализ 2/1308–1318
- Масс-спектрография 2/1308, 1309; 4/779
- Масс-спектрометрия 2/1308, 44, 45, 347, 389, 505, 524, 628, 712, 1010, 1038, 1309–1318; 1/909; 3/161, 210, 217, 411, 459, 605, 795, 1134; 4/436, 667, 882, 1113; 5/333, 35, 180, 349, 364, 529, 1016
- ввалз газов 1/916
- жидкостей 2/293
- ионный 2/509, 511, 512, 1317; 3/431
- количественный, см. *Хромато-масс-спектрометрия*
- термический 4/1058
- высокого давления 3/21, 141
- и деградация Эдмана 5/801
- и жидкостная хроматография 3/231
- и средство к электрону 4/813
- и циклотронный резонанс 5/741, 742
- изотопная 2/382, 384, 386, 387, 1308, 1317, 1318
- локальная 2/511, 512, 1121, 1311, 1318
- таблемная 2/1252, 1317
- фотоионизационная 5/331
- электронно-зондовая 5/878
- Масс-спектроскопия 2/1308–1318
- Масс-фрагментография 5/629
- Массы функция 4/1072; 5/955
- Массы–Планка функции 5/955
- Мастики 2/1318, 1101, 1319, 1320; 1/563, 564, 657, 871; 3/445, 864, 1224; 4/1088; 5/431
- Мастика 4/739
- Масштабирование 2/1320, 1321
- Масштабная инвариантность, принцип 2/1073, 1074, 1265, 1266
- Масштабный переход 2/1320, 1256–1261, 1321; 3/193, 195, 1100; 4/1208, 1244, 1246; 5/170, 194
- Математическое моделирование 1/23–25; 2/747–759; 3/193–197
- и масштабирование 2/1320, 1321
- и надежность производства 3/322
- и оптимизация 3/771, 772
- и теория подобия 3/1186
- и эксперимент, см. *Обработка результатов эксперимента, Планирование эксперимента*
- фармакокинетика 5/110
- Материалы, см. отдельные виды
- Матрирующие вещества 4/87, 91, 833; 5/723
- Матлокит 4/597
- Маточные средства 2/1321, 459, 460, 1160, 1322; 3/156, 857; 5/968, 969
- Матовые пленки 3/1138
- Матриц 5/524, 525
- Матрица(ы)
- алгебраические 3/640–643
- биомембран, см. *Фосфолипиды*
- водно-солевые, см. *Люминесцентный анализ*
- грампластик 1/977
- Дирака 4/787, 788
- для десорбционной нонизации 2/1311
- для ИК спектроскопии 2/565
- для прессования порошков 4/140, 141
- для углерод-углеродных материалов 5/49, 50
- ДНК, см. *ДНК-матрицы*
- и квантовая механика 2/717
- нмобилизованных ферментов 2/421, 422
- нервные, см. *Криохимия, Матричная изоляция метод*
- нонатов 2/503, 504, 512, 518–520, 701, 1267
- как макрокомпонент концентрата 2/915, 916
- кластерные 2/797
- ковариационная 3/643
- комплементарные, см. *Матричный синтез*
- металлические 2/797, 877–880, 949
- Паули 4/788
- плотности 2/719
- полномерные 2/521, 522; 3/327, 417, 662, 663, 805, 901–903, 907, 909, 1119, 1140; 5/41, 446. См. также *Армированные пластики, Композиционные материалы*
- РНК, см. *Матричные рибонуклеиновые кислоты*
- формовочные 4/10, 11
- цеолитные катализаторы 5/679, 680
- эффект, см. *Матричный эффект Шюльцского* 5/884, 885
- Матричная механика 2/717

- Матричная изоляция метод 2/493, 623, 1034, 1035; 3/507, 658; 4/554  
 Матричные ДНК, см. *ДНК-матрицы*  
 Матричные полиреакции 2/1325, 1326  
 Матричные рибонуклеиновые кислоты 2/1322, 877, 1323–1325; 1/482, 1009, 1012; 3/587, 588; 4/518; 5/818  
 генетическая информация 3/211, 599, 622, 1051  
 мутации 3/300  
 полисомы 4/191  
 предшественники 4/758, 759, 810, 811  
 синтез 3/626; 4/812. См. также *Транскрипция*  
 – белка, см. *Трансляция*  
 – ДНК 4/1231  
 сплайсинг 1/1010  
 Матричный синтез 2/1325, 1326–1328; 1/472; 3/211, 212, 295; 4/19, 398, 416; 5/138, 510  
 Матричный эффект 2/986, 1326; 3/136, 138, 139; 4/472, 480  
 Маха число 1/447; 3/238, 946, 1184  
 Махе, единица радиоактивности 4/317  
 Мацералы 4/579  
 Мацерация 5/1006  
 Мачете, гербицид 1/1029  
 Мебендазол 4/225  
 Мебикар 4/1225, 1226  
 Мебуна системы и ленты 1/379, 1198; 3/964; 4/858, 1214, 1215  
 Мевалолактон 2/1144; 3/154  
 Мевалонат, метаболизм 3/613, 617, 618, 622  
 Мевалоновая кислота 1/15, 1064; 2/378, 812, 1144; 3/154, 613, 700; 4/860, 862, 865, 1091; 5/769  
 Мевальдат, метаболит 3/613, 617, 618  
 Мевальдиновая кислота 3/613  
 Мевинфос 2/343  
 Мегестролацетат 1/1047, 1048  
 Медазепам 4/1225  
 Медамин 4/225  
 Мединал 4/742  
 Медистое золото 2/334  
 Медицинские материалы  
 вазелин 1/660  
 вазелиновое масло 1/487  
 жир 2/306, 308, 309  
 кислород 2/768  
 Медленные процессы 2/350, 576  
 и частицы 2/500, 507, 508; 3/401  
 Меднение 1/974, 975; 3/2, 512; 5/451  
 Медно-аммиачные материалы  
 волокна 3/3, 73, 74; 1/803, 804, 806, 1078; 2/1329; 5/235, 236, 665  
 растворы 2/768, 1173; 3/3, 281; 5/663  
 Медно-кадмиевый кек 5/749  
 Медно-никелевые сплавы 2/1284, 1332; 3/484; 4/809  
 Медно-цинковые материалы  
 гальванические элементы 1/1221  
 сплавы, см. *Латуны*  
 Медные удобрения 3/3, 4, 8  
 Медный блеск 3/1  
 Медный купорос 1/1034; 2/1334; 3/4, 146, 252; 4/904  
 Медь 3/4, 170, 575, 849, 871, 1053, 1194; 1/550, 768, 769; 2/819, 1153, 1250; 4/936; 5/54, 937  
 аквакомплексы 3/6  
 амальгамы 1/223  
 аммины 2/768, 1173, 1329–1331, 1334; 3/2, 3, 86  
 арсенаты 1/382, 383; 2/1329  
 аурат 3/1144  
 ацетаты 2/1329, 78, 105, 1101, 1232; 1/383, 498, 628, 1099; 3/351  
 бромиды 1/468; 2/315, 1331; 4/188, 694; 5/310, 454  
 гидроксиды 2/1329, 1331, 1333; 1/726, 1093; 3/2, 3, 5, 6, 687; 4/352, 668; 5/114  
 интеркалаты 1/1194; 2/477  
 интерметаллиды 1/331, 332, 384, 1037, 1081; 2/478, 480, 481, 483–486, 1331; 3/165, 754; 4/107; 5/655  
 нодиды 1/468; 2/495, 567; 3/696; 4/188, 550  
 как металл 1/483, 484  
 карбид 3/6, 8, 9  
 карбонаты 2/1329, 637, 639, 1330, 1333; 1/667; 3/5, 6, 577, 665; 4/188, 352, 668  
 нитрат 2/1330, 677, 1329; 3/6; 5/454  
 нитрид 3/5  
 нитрит 3/517  
 оксиды 2/1330, 547, 672, 711, 767, 801, 1272, 1321, 1331, 1333; 1/337, 468, 1055, 1145; 3/4, 5, 7, 86, 168, 515, 547, 698, 975, 986, 1012; 4/131, 142, 158, 159, 193, 247, 585–587, 592, 746, 809, 839, 944, 1057; 5/68, 114, 117, 119, 417, 985  
 определение 1/120, 348, 381, 508, 529, 615, 739, 1182; 2/136, 142, 177, 183, 451, 452, 499, 522, 565, 634, 709, 838, 870, 896, 1090, 1104, 1217–1219, 1224, 1230, 1231, 1318; 3/8, 62, 124, 136, 272, 290, 561, 690, 703, 969, 1044, 1058; 4/397, 399, 555, 569, 786, 1162, 1147; 5/149, 151, 431, 619, 637, 837  
 органические соединения 3/8, 9, 62, 83, 84; 1/168, 193, 337, 338, 342, 397, 430, 432–434, 438, 571, 597, 602, 651, 864, 869, 922, 1006; 2/85, 87, 174, 295, 374, 451, 452, 474, 574, 632, 642, 871, 872, 931, 1085, 1092, 1171, 1172, 1176, 1228; 3/252, 377, 713, 736, 897, 1016, 1017, 1020, 1036, 1044, 1125, 1204, 1211, 1229; 4/54, 60, 195, 247, 256, 495, 500, 504, 589, 868, 1147; 5/56, 58, 382, 397, 417, 570, 700, 935  
 перхлорат 3/990  
 полимеры 5/617  
 получение 1/735, 869, 1019, 1071, 1103, 1104; 2/32, 87, 177, 213, 273, 334, 552, 553, 1243; 3/2, 6–8, 89, 93, 95, 412, 475, 485, 630, 637, 819, 825, 1000, 1001, 1068, 1069, 1193; 4/466, 559–561, 565, 591–593, 633, 640, 820, 839; 5/205, 207, 210, 333, 506, 651, 669, 746, 747, 833, 853, 854, 895, 923  
 применение 1/114, 339, 726, 903, 977, 1221; 2/670, 800, 801, 1000, 1119, 1124, 1180, 1226, 1227, 1243, 1296, 1332, 1333; 3/3, 4, 8, 71, 85–87, 94, 160, 161, 304, 334, 624, 1105, 1126; 4/114, 115, 139, 266, 508, 594, 1079, 1081, 1098; 5/371, 451, 454, 470, 839, 901, 904, 908, 915, 918, 920, 980. См. также *Меднение*  
 самородная 3/4; 5/506  
 свойства 1/401, 459, 583, 617, 944, 1015, 1055, 1056, 1082; 2/76, 77, 142, 185, 282, 322, 334, 432, 574, 618, 664, 672, 677, 867, 920, 1128, 1238, 1253, 1331, 1332; 3/4–6, 74, 96, 97, 383, 432, 693, 801, 916, 955, 958, 1074, 1093; 4/278, 316, 553, 591, 616, 618, 693, 694, 750, 803, 813, 816, 820, 876, 916, 946, 973, 1003, 1017, 1020, 1039, 1095, 1109, 1133, 1137, 1146, 1198; 5/49, 58, 59, 85, 122, 142, 144, 332, 333, 417, 651, 683, 686, 724, 725, 740, 750, 925, 975  
 селенат 4/197  
 силикаты 1/337; 2/1171; 3/4; 4/675, 684, 685; 5/407, 408  
 сплавы 2/1331, 249, 257, 260, 261, 265, 320–322, 332, 477, 548, 579, 580, 715, 736, 737, 801, 827, 878, 946, 948, 1153, 1202, 1240–1242, 1330, 1332, 1333; 1/214–218, 820, 821, 975; 3/8, 15, 145, 249, 273, 306, 482, 483, 518, 753, 758, 759, 801, 873, 1133, 1134; 4/142, 175, 594, 601, 637, 639, 640, 809, 876, 945, 1057, 1081, 1102, 1175, 1180; 5/126, 199, 752, 753, 766. См. также *Бронзы*, *Латуны*  
 станнат 4/601  
 сульфат 2/1333, 567, 1108, 1329, 1331, 1334; 1/338, 490, 566, 974, 988, 1078, 1221; 3/3–6, 39, 113, 655; 4/86, 175, 227, 256, 393, 569, 746, 1020, 1116; 5/114, 124, 417, 429, 455, 700, 749, 918, 996, 1002  
 сульфиды 3/1, 2, 4–8, 76, 242, 304, 440, 474, 630, 1069; 1/664, 934; 2/709, 710, 819; 4/118, 188, 585, 592, 593, 630, 668, 746, 910, 911; 5/208, 371  
 тетрафторборат 5/400  
 тиоцианаты 2/833; 4/1164, 1165; 5/454  
 титанат 3/1012  
 уранаты 5/83  
 феррит 5/163  
 фосфаты 1/1077; 5/248–251, 281  
 фосфиды 4/107; 5/257, 258, 263  
 халькогениды 2/443; 3/5, 165, 243, 250; 4/619, 1020, 1024  
 хлориды 3/2, 3, 5, 109, 255, 512, 667, 698, 739, 774, 1019; 1/424, 468, 567, 681, 713, 714, 723, 983, 990, 1116; 2/15, 28, 204, 246, 315, 550, 639, 1102; 4/61, 62, 393, 425, 668, 694, 696, 713, 737, 937, 938, 1007, 1106, 1264; 5/141, 277, 382, 449, 562, 699, 862  
 хроматы 2/663, 666; 4/1097; 5/631, 632  
 цианиды 1/974; 3/6, 516, 708; 4/1201; 5/568, 700, 702–704, 993  
 Медь-копаль 4/1081  
 Медянка 2/1321  
 Мервейна  
 алкоксосолан 1/168  
 реакция 3/9, 10; 1/116, 533; 2/17, 75  
 Мервейна-Пондирфа-Верлея реакция 3/10, 11, 767, 768; 1/170, 197, 1204; 2/745; 4/804  
 Межатомные векторы рассеяния излучений 2/191  
 Межгалогенные соединения 3/11, 12; 1/612, 954, 970; 2/495, 697; 4/548, 559, 584, 585; 5/388, 553, 562  
 полнпроизводные, см. *Полигалогениды*  
 фториды, см. *Галогенфториды*  
 Междоузлия в кристаллах 2/50, 51; 5/861  
 Международная система единиц 3/12, 13, 14; 5/652, 653  
 Международная температурная шкала 4/1077  
 Международный союз теоретической и прикладной химии 3/14, 15; 5/513. См. также *ИЮПАК*  
 Межкристаллитная коррозия 3/15, 16; 2/320, 947, 955, 957; 5/912  
 Межмолекулярные взаимодействия 3/16, 17–21, 219; 4/120; 5/168, 465, 886  
 аднабатические 5/338  
 ариларизация 4/279  
 в газах 1/925, 926  
 в иерархических системах 4/1063, 1064  
 в порошках 4/137  
 в сильных внешних полях 2/126  
 валентные 3/390, 391  
 ван-дер-ваальсово 3/16, 164, 211, 224–227, 331; 4/994  
 влияющие среды 4/362, 366–368. См. также *Гидратация*, *Гидрофобность*, *взаимодействие*, *Лиофильность* и *лиофобность*, *Сольватация*  
 десгологирование 2/10  
 дегидратация 2/11, 12; 3/186, 187, 601; 5/1008  
 дипольные, см. *Диполь-дипольное взаимодействие*  
 дисперсионное 2/147, 148, 300, 834, 905; 1/781, 782, 1112; 3/16–18; 4/126, 344, 374  
 диспропорционирование 5/294, 309, 712  
 и диффузия 2/197  
 и коагуляция 2/816, 817  
 и козелья 2/834  
 и мицеллообразование 3/183  
 и поверхностная энергия 3/1161  
 и состав пара при дистилляции 2/160  
 и спектры вращательные 1/836  
 – колебательные 2/855  
 и термодинамическое подобие веществ 4/763  
 и эффект(ы) изотопные 2/386, 387, 758, 759  
 – индукционный, см. *Индуктивный эффект*  
 – Керра 2/739  
 интенсивность, см. *Поверхностное натяжение*  
 кислотный гидролиз 2/70  
 конденсация 2/11, 12, 888, 1013; 4/799  
 координационные, см. *Донорно-акцепторные взаимодействия*, *Комплексообразование*, *Молекулярные кристаллы*, *Молекулярные комплексы*  
 критические аномалии 2/1073  
 кулоновое 3/16–18, 407  
 многочастичные 3/20, 21. См. также *Ион-молекулярные комплексы*  
 невалентные 3/18, 19, 390. См. также *Водородная связь*  
 обменное, см. *Обменное взаимодействие*  
 окислительно-восстановительные 1/1025; 2/537; 3/664  
 перекленирование 3/936  
 перегруппировки 3/938  
 переэтерификация 2/304  
 поларизационное 3/16–18  
 потенциалы 1/726, 1112; 3/16–21, 390, 391, 468; 4/763. См. также *Поверхность*, *потенциальная энергия*  
 при низких температурах 2/1033–1035  
 при пластикации полимеров 3/1115  
 протонирование 4/244  
 резонансное 3/19  
 с переносом заряда 3/17, 19. См. также *Одноэлектронный перенос*  
 селективность замещения 1/604  
 сплайсинг 4/812  
 таутомеризация 4/991  
 твердофазные 4/413  
 уравнения состояния 5/71, 72  
 топохимические 4/1217  
 фотохимические 5/338, 733  
 Фриса 5/372  
 циклизация 3/72, 73, 1256; 4/70; 5/713  
 циклоприсоединение 5/733

- Межфазные процессы  
катализ 3/24, 21, 25, 33, 109, 181, 516, 765; 1/392, 720; 2/621, 623, 661, 987; 4/1166; 5/312, 710, 724  
натяжение, см. *Поверхностное натяжение*  
полноконденсация 3/21, 22, 1209, 1210, 1253, 1254, 1256, 1258, 1259; 4/95  
скачки потенциала 3/22, 23, 24, 47, 48, 431, 667, 1173; 2/521; 5/466, 850, 898, 920, 922  
энергия 3/1161
- Мезаконат, метаболизм 3/613, 617-662
- Мезаоновая кислота, см. *Цитроконовая и мезаоновая кислоты*
- Мезаконовый ангидрид 5/773
- Мезалам 4/1225
- Мезатон 1/51; 5/143
- Мездра 2/802, 835, 836
- Мезидин 3/25, 27; 4/1198
- Мезилаты 3/101, 102, 268, 603; 4/930
- Мезилгалогениды 3/102; 4/937
- Мезитила окись 3/25, 26, 114, 572, 1032; 1/436, 437, 697; 2/112, 744; 5/133
- Мезитилен 3/26, 25, 27, 108; 1/373, 436, 514; 2/846, 847; 4/257, 969; 5/403
- бис-(Мезитил)никель 3/476
- Мезитиловая кислота 3/27
- Мезитилэтилкетон 1/203
- Мезитол 3/831
- Мезоциллины 2/1135, 1136
- Мезо... 3/27
- Мезоатомы 1/787; 3/31, 32; 4/330
- Мезобезантрон 1/489
- Мезобилирубин 2/975
- Мезовианная кислота 1/726, 727; 2/1272; 5/957
- Мезогены 2/1060
- Мезоонные соединения 3/27, 28, 29, 673; 4/634, 1254; 5/653
- Мезокарб 4/267, 268, 669
- Мезокалевая кислота 1/196, 1077, 1146; 2/347, 1274
- Мезомерия 3/29, 30, 550, 570; 2/458, 459, 979, 980  
и альтернативные структуры, см. *Резонансная теория*  
и эффект сопряжения, см. *Мезомерный эффект*
- Мезомерный эффект 3/30, 31, 551, 787; 2/642, 646, 940, 941; 5/904, 905.  
См. также *Мезомерия, Резонансная теория*
- Мезомолибдаты 3/240
- Мезомолибденовая кислота 3/240
- Мезоморфные системы 1/1001; 2/286-289
- Мезонная химия 3/31, 32; 5/475, 931, 1016
- Мезоны 1/787; 2/718; 5/930-932
- Мезопорфиры 2/974; 4/145, 146
- Мезопоры 1/58; 4/130, 131
- Мезосфера 1/399, 400
- Мезотерий-один 4/323-325
- Мезофазы 1/1001; 2/286-289
- Мейера реакция 3/32, 33, 310, 316, 530, 557
- Мейера-Шустера перегруппировка 3/33; 4/562
- Мейснера эффект 4/583
- Мейстера-Мишера реакция 1/457
- Мейтнерий 5/929
- Мехамилламин 1/979
- Мехлофеноксат 3/578
- Мехония 5/380
- Мехсамин 4/327
- Мехсилетин 1/319, 320
- Мехсиндол 4/1226
- Мел 1/280, 634, 636, 646, 870; 2/330, 348, 349, 356, 377, 578, 586, 799;
- 3/284, 328, 1114, 1197, 1221; 4/34, 92, 673, 838, 941, 1116; 5/113, 114
- Меламин 3/33, 34, 35, 38, 281, 282, 646, 1118; 1/311, 1209, 1210; 2/205; 4/1249; 5/137, 430, 664, 701, 708
- Меламинно-алкидные лаки 3/35
- Меламино-формальдегидные смолы 3/34, 35, 327, 436, 712, 743, 839, 1121, 1197; 1/151-154, 261, 262, 335, 386, 650, 1209; 2/236, 806, 1002, 1228; 4/165, 444, 613, 1013, 1249; 5/213, 222
- Меланж 1/101
- Меланины 3/35, 36, 37, 271; 1/298, 535; 2/975; 5/140, 342
- Меланотропин 2/1200; 3/36, 37, 400
- Меланоцитстимулирующий гормон 3/37, 36, 400; 2/1200
- Мелантерит 2/264
- Мелантофен 5/119, 120
- Меланфлотит 2/1026
- Меласса 2/232, 409, 456, 544; 5/616, 619
- Мелатонин 1/1173
- Мелем 3/37, 34, 38
- Мелетин 2/731
- Мелесцитоа 3/748
- Мелибнюза 3/748
- Мелниекс 3/1139
- Мелинитт 4/1268
- Мелипрамин 2/417, 418
- Меллит 4/675, 676
- Меллитин 5/1039
- Меллитовая кислота 1/432, 513, 514
- Меллофановая кислота 1/513, 514
- Мелмекс 1/261
- Меловане бумаги 1/621, 622
- Мелфалан 2/605
- Мельницы 1/707, 774, 1205; 2/146, 339, 353-357; 3/146, 630, 982, 991; 4/139, 180, 765; 5/563
- Мельничоры 2/948, 1330-1333; 3/8
- Мембранные процессы разделения 3/38, 39-44, 55, 56, 420; 1/468, 772; 2/1299, 1300; 5/473, 474, 924. См. также *Мембранные аппараты 3/43-45*  
газов 1/798; 2/1300; 3/42, 45, 53, 56, 1213  
гиперфилтрация 3/39-45  
дизал 2/859, 916, 1199, 1300; 3/42, 43, 45, 53, 55; 4/952  
жидкостная экстракция 5/830  
и неравновесная термодинамика 4/1069  
испарение 2/1300; 3/42, 43, 45; 4/461  
микрофилтрация 3/39-41, 45  
обратный осмос 2/828; 3/39-45  
растворов электролитов, потенциал 3/46, 47; 1/560, 561; 2/521  
ультрафилтрация 3/39-41  
электролиз 3/41-42  
электролиз 5/553-554
- Мембранные устройства  
вакуумметры 1/662  
компрессоры 2/883  
разделительные 3/43-45  
фильтры 3/39, 41, 45
- Мембранные ферменты 2/395
- Мембранный катализ 3/45, 46; 5/179
- Мембранный потенциал 3/46, 47; 1/560, 561; 2/521
- Мембраны  
асимметричные 3/55, 56  
биологические, см. *Биомембраны*  
динамические 3/53, 56  
диффузионные 3/55, 56  
жидкие 3/53, 39, 54; 2/521, 522, 1300; 5/830  
нонитоновые 3/54, 55  
нонообменные 3/54, 39, 41, 55, 981, 983; 1/772; 2/196, 504, 520; 5/553, 554, 855
- нонопроводящие 3/54, 55  
ноноселективные 2/521, 522; 3/54, 55; 5/863
- как катализаторы 3/45, 46  
композитные 3/55, 56  
очистка 3/38, 39, 56, 57  
пленочные 2/521, 522  
полимерные 3/53-56, 1101  
полупроводящие 3/55-57, 827-829; 5/150  
пористые 3/55, 56  
потенциал 3/46, 47; 1/560, 561; 2/521  
предохранительные 1/704  
разделительные 3/55, 38-45, 56, 57, 202, 827-829, 1101, 1213; 1/798, 905; 2/521, 522, 1283; 4/627; 5/847-851. См. также *Мембранные процессы разделения*  
селективные 1/798; 3/55-57  
сплошные 3/55, 56  
электролизные 5/390  
ядерные 3/56
- Менадиол 1/749; 3/388, 390
- Менахиноны 1/749
- Менделевий 3/57; 1/131, 132; 3/413, 957, 959
- Менделеева  
весы 1/690  
замазка 2/312  
закон 3/963, 412, 413, 955; 5/508  
метод взвешивания 1/700  
система, см. *Периодическая система химических элементов*  
теория происхождения нефти 3/457  
- химическая растворов 5/923
- Мениски жидкостей 2/611, 612
- М-Ментаден-2-оны 2/652
- Ментадиены 3/57, 58; 2/1179; 4/1092; 5/114
- терпинены 4/1093, 1092, 1094; 1/393; 3/58, 1027; 5/114, 746, 1004
- л-Ментан-1,8-диол 4/1091
- 3-л-Ментанол 3/59, 60. См. также *Ментол*
- 3-л-Ментанон 3/60, 61. См. также *Ментон*
- Ментадиол 4/1139
- л-Ментадириолы 4/1094
- Ментамы 3/58, 57, 59, 60; 2/465, 1179; 4/1091, 1093
- л-Ментенолы 4/1090, 1093, 1094
- л-Ментеноны 2/600; 3/1032; 4/271
- Ментены 3/59, 57, 58, 60
- Ментилацетат 3/60; 5/1004
- Ментол 3/59, 60, 103; 2/19, 237, 283, 600; 4/271, 495, 1091, 1092, 1126; 5/774, 1004
- Ментон 3/60, 58, 61, 1032; 2/747; 4/271; 5/1004
- Ментофан 5/1005
- Меншуткина  
реакция 3/61  
хлорангидрид 3/112
- Меобал 2/473
- Мепиквагы 4/428, 429
- Меспробамат 3/61; 4/269, 1225
- Меспротан 3/61
- Мерадан 4/464
- Мераклон 4/27
- Мергель 2/348-350
- Меридил 4/267, 268
- Мерказолил 1/340
- Меркамин 3/63, 64
- Меркаптали 1/422; 3/63
- Меркаптаны 1/596, 599, 633, 668, 896, 902, 929, 930, 997, 1071; 2/119, 176, 573, 640, 1216; 3/447, 458, 653, 785, 795, 881, 914, 1035, 1165; 4/500, 515, 634, 635, 914, 947, 1135; 5/37, 207, 219, 262, 571. См. также *Тиолы, Тиофенолы*
- β-Меркаптоаланин 5/768
- Меркаптоаминокислоты 2/34; 4/1168
- 1-Меркапто-2-аминоантрахинон 1/245
- α(2)-Меркаптоанилин 3/62
- S-Меркаптоацетилтиоуксусная кислота 4/1127
- α(2)-Меркаптоацетофенон 4/1129
- α(2)-Меркаптобензальдоксим 1/492
- 2-Меркаптобензилламини 1/492, 493
- 2-Меркаптобензилмидазолы 2/82
- 2-Меркаптобензойная кислота 4/1145, 1146
- Меркаптобензол 4/1158, 1159
- 2-Меркаптобензотиазол 3/61, 62, 1115; 1/306, 337, 527, 630, 846; 2/183
- Меркаптогруппа 3/569, 573; 4/394, 1136; 5/651, 768
- Меркаптогетиметр 2/473; 3/252; 4/247, 494
- 2-Меркаптогидразолин 5/572, 986
- α-Меркаптокарбиновые кислоты 1/1005
- 2-Меркапто-N-2-нафтилацетамид 4/975
- 2-Меркаптооксазол 3/679
- 3-Меркаптопропионовая кислота 1/42
- Меркаптопуриновые кислоты 1/1154
- Меркаптоурны 1/64; 2/426; 4/220, 235, 274
- Меркаптотетразолы 4/1167; 5/323
- 2-Меркаптотиазолин 3/63; 5/975
- Меркаптоуксусная кислота 4/1126-1128, 1202
- Меркаптофос 3/1091
- 8-Меркаптохинолины 3/62
- Меркаптохинолин 3/62, 63
- Меркаптоанол 1/478; 2/487; 3/133; 4/1153; 5/149
- 2-Меркаптоэтиламин 3/63, 64
- 2-Меркаптоэтилтриметиламмонийгидроксид 4/1163, 1164
- «Меркур» 3/575
- Меркурбензол 4/554
- Меркурбегсан 4/554
- Меркуриды 1/222, 223; 4/548, 549
- Меркуриметрия 3/64; 4/549, 1165, 1189
- Меркурирование 2/651; 3/28, 91; 4/549, 553, 1189; 5/428, 635, 721
- Меркурокарбораны 2/651
- Меркурометрия 3/64
- Мерлон 3/1139
- «Мерокс»-газоочистка 1/902
- Меромиозины 3/176
- Мерохинен 5/522
- Мероциллины 3/131; 4/799; 5/354
- Мерпелан 1/1031
- Меррифила реакция 4/929, 934
- Мерсернизация 3/64; 1/730; 2/992
- Мерфрин КПД 2/1307; 4/455
- Мескалин 4/269
- Мессбауэра эффект 2/189, 191; 3/64-68; 5/1016, 1017
- Мессбауэроаская спектроскопия 3/64, 65-68, 141, 225, 229, 230; 2/293, 727; 5/1016, 1023, 1033
- Мессбауэрография 2/188, 189, 191
- Мессенджеры 1/40
- Мессин параметр 1/45
- Местноанестезирующие средства 3/68, 69
- Местные удобрения 2/348, 349; 3/863; 5/54
- Мета, см. *Орто, мета, пара*
- Метаантимонаты 4/943, 944
- Метаарсенаты 1/381, 382
- Метабензилгуарон 1/1030, 1031
- Метабисульфиты, см. *Гидросульфиты*
- Метаболизм 1/558, 559, 1097, 1098, 1154, 1210, 1211; 2/1185, 1191; 3/395, 396, 559, 610, 700, 711, 809-812; 4/863; 5/109, 158, 196, 589.



- См. также *Метаболиты*, *Обмен веществ*, *Фармакокинетика*  
 «Метаболическая карта» 1/559  
 Метаболические пути 3/612–624  
 Метаболон 4/1261  
 Метабораты 1/580–582; 3/980  
 Метаборная кислота 1/580; 3/586  
 Метавалянтаты 1/670–672  
 Метавалянтная кислота 1/670  
 Метаварьеспит 1/218  
 Метавольфраматы 1/822  
 Метавольфрамовая изополиоксидная кислота 1/822  
 Метагаллаты 1/935  
 Метагаллиевая кислота 1/935  
 Метагемияновая кислота 5/948  
 Метагерманаты 1/1034, 1035  
 Метагерманевая кислота 1/1034, 1042  
 Метазид 2/371  
 Метазолы 1/438, 1031  
 Метазон 2/426  
 Метаквалон 4/742, 743; 5/520  
 Метакеритин 3/351  
 Метакремневая кислота 1/770, 773; 2/497, 1006, 1009; 3/813  
 Метакрилат М-14 5/204  
 Метакриламид 3/69, 70; 1/439, 1218; 5/53, 204  
 Метакрилат, метаболиты 3/617, 618  
 Метакрилаты 1/234, 235, 599, 866, 1147, 1148; 3/70, 115, 708, 744, 745; 4/21; 5/341  
 бутылочные, см. *Бутилметакрилаты*  
 как модификаторы смол 1/151–153  
 метиловый, см. *Метилметакрилат*  
 полимерные, см. *Полиметакрилаты*  
 сополимеры 1/311, 640; 3/1196; 4/40, 503  
 теломеризация 1/80  
 Метакрирование 3/744  
 Метакриловая кислота 3/70, 707, 745; 1/439; 2/93, 284, 643, 644, 672, 1150; 4/20, 21, 734; 5/447  
 амид 3/69, 70; 1/439, 1218  
 ангидрид 4/70  
 нитрил, см. *Метакрилонитрил*  
 сополимеры 1/789, 790; 2/516, 631, 808; 3/54, 69, 71, 1193; 5/204  
 эфиры, см. *Метакрилаты*  
 Метакрилоламинвантранион 3/1269  
 N-Метакрилол-ε-капролактан 3/1251  
 Метакрилолнитрил 3/70, 69, 71, 108, 116, 512, 673, 708; 1/439, 599  
 Метакролеин 2/672; 3/69, 70, 673; 4/207, 208. См. также *Метилметакролеин*  
 Метаксон 5/585  
 Металасил 4/247; 5/420  
 Металепсия 1/952, 953, 1162; 2/313  
 Металлерсны 3/308  
 Металлиды, см. *Металлические соединения*  
 Металлизация  
 вакуумное напыление 2/950; 3/334  
 диффузионное насыщение 2/201, 950  
 керамики 2/735  
 полимеров 3/71, 72, 751, 1138  
 ультратонкая 5/62  
 Металлиалюминийбромид 1/186  
 Металлиамин 3/72  
 Металлиловый спирт 3/72  
 Металлилхлорид(ы) 3/72; 1/107, 187, 949; 5/416  
 Металлильная группа 1/185  
 Металлирование 3/72, 73, 82, 91, 350, 598, 804, 832, 874; 2/70, 89, 90, 338, 581, 651, 889, 943, 944, 1204; 4/621, 1026, 1117; 5/635, 732, 785, 786  
 Металлическая проводимость 2/477, 624, 625, 821, 1317; 3/73, 96, 100, 241, 248; 4/345  
 Металлическая связь 3/73, 74–76, 96, 164, 508, 509; 2/478–485; 4/994, 995; 5/462, 868  
 Металлические волокна 3/73, 74, 417; 2/250; 4/844, 845; 5/186  
 Металлические кристаллы 3/74, 73, 75, 96, 628; 2/112, 480–485, 1056, 1063, 1069, 1238. См. также *Плотная упаковка*  
 Металлические соединения 3/75, 76; 4/107. См. также индивидуальные представители и виды материалов интерформы, см. *Интерметаллиды*  
 кластеры 2/1317  
 кристаллические, см. *Металлические кристаллы*  
 проводимость, см. *Металлическая проводимость*  
 сверхпроводниковые 3/76; 4/585.  
 См. также *Шерреля фазы*  
 сплавы 4/806  
 химическая связь, см. *Металлическая связь*  
 Металлические радиусы 1/411; 3/97  
 Металлические химические элементы  
 водород 1/777  
 рудные 1/1015  
 Металлический блеск 3/96, 97  
 Металлическое «зеркало» 1/364, 1063  
 Металлоальюминиды 2/372  
 Металловедение 5/176  
 Металлогалогенные лампы 2/444  
 Металлоидные и металлогенные химические элементы 1/1015  
 Металлоиндикаторы 2/870, 871; 3/124; 5/274  
 флуоресцентные 2/452, 731, 1217; 3/272  
 хромные 2/451, 452, 822, 1090, 1231; 3/113, 272, 1044, 1058; 4/569, 936, 972, 1221  
 Металлокарбаны 2/651, 652  
 Металлокерамика 1/343, 817, 1085; 4/564, 565; 5/186. См. также *Керметы*  
 Металлокомплексный катализ 3/76, 77–80, 103, 104; 1/1160, 1161; 2/670, 673, 674, 677, 797, 919, 921; 5/179, 312, 314, 365, 711. См. также *Циглера-Натты катализаторы*  
 Металлокортикоиды 2/957–959  
 Металлоокрасители 1/83, 86; 2/151, 152, 774–776, 991, 992, 994–997, 1253; 4/18, 247, 248; 5/221  
 Металлоорганические соединения 3/80, 81–84; 5/60, 307, 308, 421, 446, 735, 935. См. также соединения соответствующих металлов  
 Гриньяра, см. *Гриньяра реактивы*  
 изолябная аналогия 2/362, 363; 3/82  
 индикаторы, см. *Металлоиндикаторы*  
 карбонильные, см. *Карбонилы металлов*  
 катализаторы 2/670, 674, 920, 921; 5/712, 713  
 кластеры 3/82  
 клатраты 2/1043  
 комплексные, см. *Комплексоны*, *Комплексы переходных металлов*  
 красители, см. *Металлоокрасители*  
 нетрадиционные, см. *Элементоорганические соединения*  
 ониевые 3/765  
 получение 1/1035; 2/32, 642; 3/72, 73, 787; 4/686  
 самовоссоцнаты 3/82  
 свойства 1/596; 2/174, 246, 403, 420, 421, 623, 632, 645, 647, 889; 3/71, 432, 603, 648, 792, 830–832; 4/113, 856, 857  
 соль Цейзе 2/930; 3/80, 1130  
 «сзидичевые», см. *Металлоцены*  
 Металлоплакирующие смазочные материалы 3/84, 85, 86, 1125–1127; 4/173, 727, 1256, 1257  
 Металлопласты 3/86, 87; 1/344; 2/48; 5/403  
 Металлоподобные соединения  
 гидриды 1/1080, 1081  
 карбиды 2/623–625  
 фосфиды 5/256  
 Металлополимеры 3/87, 86, 1119; 2/48, 877–880; 4/96–98  
 Металлопорфирины 3/100, 467; 4/146, 147. См. также *Гемоглобин*, *Хлорофилл*  
 Металлопротеазы 5/1036  
 Металлопротеиды 1/470  
 Металлотермия 3/88, 89–93, 1069, 1076; 1/833, 1171; 2/580, 625, 1154, 1235, 1287; 4/139, 157, 192, 571, 875, 991, 1055, 1057, 1174; 5/695, 764  
 Металлоферменты 1/550  
 Металлофосфаты 2/800, 801  
 Металлофталацианнин 3/100  
 Металлохелаты 5/439. См. также *Хелаты металлодержачие*  
 Металлохлоридные смеси 2/239, 240  
 Металлоцены 3/91, 78, 82, 84, 92, 787; 4/669; 5/83, 166, 463, 734. См. также *Ферроцен*  
 Металлоциклические соединения 2/871; 3/103  
 Металлургия 3/92, 93–95, 1001, 1068; 2/847; 5/506–508  
 выпечная 2/258; 3/93  
 водных растворов, см. *Выщелачивание*, *Гидрометаллургия*, *Цементация*  
 восстановительная, см. *Металлотермия*  
 высокотемпературная, см. *Обжиг*, *Пирометаллургия*  
 и бескислородные защитные газы 2/326  
 и нанесение покрытий, см. *Гальванотехника*  
 порошковая, см. *Порошковая металлургия*, *Спекание*, *Шламы*  
 расплавы оксидов, см. *Шлаки сырые*  
 – переработка, см. *Рафинирование*, *Флюсы*, *Химико-термическая обработка*, *Шихты*, *Шламы*  
 – подготовка, см. *Обогащение полезных ископаемых*, *Флотация*  
 цветная, см. *Цветные металлы*  
 черная, см. *Черная металлургия*  
 Металлы 3/95, 96–100; 4/290, 291, 997; 5/333, 508, 935, 936, 938  
 аморфные 4/346, 843  
 амфотерные 2/436  
 анализ, см. отдельные методы, индикаторы, реагенты  
 благородные, см. *Благородные металлы*  
 в звуковых полях 5/60  
 введение добавок, см. *Легирование*  
 взаимобмен, см. *Металлирование*  
 деактиваторы 2/103; 3/278; 4/174, 175, 400  
 десульфурация 2/1235  
 Дорэ 4/1020  
 жидкие 2/299, 300, 796, 1243; 4/139  
 защитные покрытия 1/1207, 1208; 3/695, 696  
 зонная теория 4/995, 996  
 измельчение 4/139  
 испарение 2/796; 3/71  
 как диамагнетика 2/77  
 как ферменты 3/624  
 как материалы, см. индивидуальные представители и их виды  
 кластерное состояние 2/796; 5/464  
 концентрирование 3/1068, 1069  
 легирующие 5/651, 652. См. также *Легирование*  
 легкие 3/96, 97  
 малые (младшие) 3/96  
 минеральные виды, см. *Минералы*.  
 Руды  
 модифицирование 1/208; 3/257, 1154  
 нанесение, см. *Гальванотехника*, *Металлизация*  
 неблагородные 5/920, 921  
 нежелезные 5/651  
 непереходные 3/81, 82, 96  
 нулевые точки 4/154  
 обезжиривание 4/204, 359, 360, 1106  
 окисление 3/76, 98, 99  
 окислителя 1/4  
 органические 3/100, 96, 101, 790, 1215, 1216, 1225; 2/179, 524; 4/1107; 5/415, 705  
 осаждение 1/775, 977; 2/851  
 пассивирование, см. *Пассивность металлов*  
 переходные, см. *Комплексы переходных металлов*, *Переходные элементы*  
 пиритинги 3/1086, 1087  
 плавка и обработка 3/93–95; 5/12. См. также *Химико-термическая обработка*, *Электрохимическая обработка металлов*  
 плакирование 2/321  
 под нагрузкой, см. *Механические свойства*  
 поверхностная энергия 3/1162  
 полимерные заменители 3/1221  
 полирование 3/527, 987  
 получение 1/1021; 3/92–95, 1100; 1194. См. также *Металлотермия*, *Металлургия*  
 проводимость, см. *Металлическая проводимость*  
 простые вещества 3/96  
 радиоактивные 3/93, 97; 4/560  
 разрушение, см. *Биокоррозия*, *Коррозия металлов*, *Растрескивание металлов*  
 раскисление 2/546, 625, 1010, 1202, 1235, 1288; 4/876  
 растворенные взаимные, см. *Твердые растворы*  
 – кислотное 3/987  
 – электродное, см. *Анодное растворение*  
 растворители 3/511, 533  
 рафинирование 2/496, 553; 3/1000, 1068, 1069, 1088, 1113; 4/563, 592, 594, 615, 892, 944  
 редкие, см. *Редкие элементы*  
 ректификация 2/552, 553  
 реология 5/171  
 самородные, см. *Самородные элементы*  
 синтетические, см. *Интеркалаты*, *Металлы органические*  
 склеивание 2/800, 801  
 соединения, см. *Амальгамы*, *Металлические соединения*, соединения отдельных элементов и их классы, металлодержачие представители  
 термическое разложение 1/1049, 1050  
 травление 4/1224  
 трансмутация 1/189  
 тушение 3/648  
 тяжелые 3/96  
 хелаты 5/547  
 цветные, см. *Цветные металлы*  
 цементация 5/669  
 частицы-искры 3/1189  
 черные, см. *Черная металлургия*

- шелочноеземельные, см. *Щелочноземельные элементы*  
 щелочные, см. *Щелочные металлы*  
 электрон-фононное взаимодействие 5/742  
 электроотрицательные 5/920  
 электроперенос 5/897, 898  
 электрохимическая защита 5/907, 908, 909  
 эффект «сильного взаимодействия с носителями» 3/325  
 Металлдегид 1/424; 3/252. См. также *Ацетальдегид*  
 Метамеризм 5/653  
 Метамидофос 2/472  
 Метамиктные минералы 3/164, 1077  
 Метамитрон 1/1033; 4/1250  
 Метам-натрий 3/115, 405  
 Метаморфические горные породы 4/680  
 Метаморфогенные руды 4/560  
 Метамышьяковистая кислота 3/311, 576  
 Метамышьяковые кислоты 1/381; 3/305  
 Метан 3/101, 170; 1/399, 773, 856. См. также *Газы природные горючие*  
 брожение 1/610, 611; 3/101  
 бромхлор 1/504  
 гомологический ряд, см. *Насыщенные углеводороды*  
 как простая жидкость 2/300  
 межзвездных облаков 2/962  
 определение 1/889, 894–896, 915–917; 3/795; 4/627, 666, 667, 786  
 получение 1/927–930, 932, 1191; 2/10, 28, 625, 667, 680, 686, 810, 811, 843–846, 898, 1005; 3/53, 101, 113, 125, 462, 726, 727, 785, 1062–1066; 4/32, 194; 5/125, 580, 776  
 применение 1/204, 205, 785, 877; 2/221, 664; 3/101  
 свойства 1/6–8, 169, 431, 436, 459, 610, 611, 650, 714, 767, 768, 777, 833, 878, 879, 904, 911, 913, 914, 948, 970, 1117, 1158, 1163; 2/46, 85, 664, 672, 777, 782, 797, 798, 905, 1056, 1077, 1310; 3/79, 101, 111, 157, 227, 228, 345–347, 392, 394, 407, 667, 672, 673, 726, 783, 784, 795, 1058, 1069; 4/194, 342, 421, 654, 686, 690, 696, 1037, 1059, 1115; 5/16, 65, 223, 459, 684, 777, 983  
 Метаналь 1/196; 5/221  
 Метанамид 5/223, 224  
 Метанаторы 1/785  
 Метандикарбоновая кислота 2/1274  
 Метандростенолон 1/290, 291  
 Метаноловая кислота 1/267; 3/527, 528  
 Метанольный желтый 2/447  
 Метанолаты 3/488, 489  
 Метаннитраты 3/546  
 Метановая кислота 2/643, 644; 3/288–290  
 Метановое брожение 1/610, 611; 3/101  
 Метановые углеводороды, см. *Насыщенные углеводороды*  
 Метанол 3/118–120. См. также *Метиловый спирт*  
 Метаноламин 1/194. См. также *Метиламин*  
 Метанолиз 2/304, 1018; 3/580, 1228  
 Метанольно-угольные смеси 1/205  
 Метансульфамид 3/102; 4/896, 897  
 Метансульфокислота 3/101, 102, 103; 1/476; 4/234, 924. См. также *Мезилаты*  
 Метансульфохлорид 3/102, 101, 103; 4/937, 1160  
 Метантенки 3/861  
 Метантиль 4/1160  
 Метантолы 3/102, 653; 4/1136, 1137, 1150  
 Метаноляновая кислота 3/757  
 Метанперодаты 2/495, 496  
 Метанпротеренол, сульфат 3/817  
 Метародосены 4/537, 538  
 Метас 5/204  
 Метасиликаты 4/674, 675  
 Метасистокс 2/471  
 Метасол 5/204  
 Метастабильное состояние 2/154, 316, 317, 761; 3/206; 4/1058, 1074; 5/100, 102, 464, 1032  
 атомных алер 2/369, 370  
 жидкостей 2/299  
 и кристаллическое состояние 2/1060  
 и механические воздействия, см. *Механохимия*  
 и релаксация 4/463  
 интерметаллидов 2/485  
 ионов 2/1316, 1317  
 квазикристаллов 2/715; 4/24  
 паров веществ 2/890  
 равновесное 2/859; 4/1074. См. также *Черные пленки силикатов* 4/680  
 тройные точки 5/15  
 туннельный эффект 5/27, 28  
 Метастигбит 4/951  
 Метасурьмяная кислота 4/948  
 Метасурьмянистая кислота 4/948  
 Метатанговая кислота 4/985  
 Метатезис 3/103, 79, 80, 84, 104, 737, 739; 2/158, 874, 1149; 4/869; 5/731–733. См. также *Дисмутация*, *Диспропорционирование*  
 Метатектические превращения 2/60  
 Металельные взрывчатые вещества 1/705, 706; 2/934. См. также *Пороха*  
 Метатитановая кислота 4/1179, 1183  
 Метасфос 1/961; 2/470  
 Метасфосфаты органические 3/104, 105, 1091; 5/248, 249, 255  
 Метасфорные кислоты 1/741, 767; 2/783, 784; 3/104, 105, 511, 714; 5/248, 287, 296, 299  
 сложные эфиры, см. *Метасфосфаты органические*  
 Металораль 5/556  
 Металолин 5/593  
 Метакромиты 5/633  
 Метацид 1/1210; 3/1239  
 Метациклин 4/1109, 1110  
 Метациклофаны 5/743, 744  
 Метацил 2/1156  
 Метацин 1/280; 4/1194; 5/591, 592  
 Метацинбарбит 4/546, 547  
 Меташтенит 2/266  
 Меттемоглобин 1/96, 155, 306, 328, 533, 650, 1094, 1096, 1116; 2/133; 3/470, 507, 518, 519, 523, 527, 561, 566, 854; 5/123, 126, 560  
 Меттемоглобин-редуктаза 4/524  
 Метенамин 1/990  
 Метеориты 1/554; 2/961–963; 4/467  
 Метил 1/154; 3/569, 572. См. также *Метильная группа*  
 активный, см. *S-Аденозилметионин*  
 2-Метилаллен 1/744  
 Метилаллидинат 1/47  
 Метилаллиновая кислота 4/271  
 Метилаллид 1/72, 73  
 N-Метилазиридин 2/698; 3/1037  
 Метилалкоксиметанол, β-D-глюкозид 3/294  
 Метилалзы 4/509  
 9-Метилалкирин 1/112  
 Метилалкрилат 3/105, 106, 1196–1199; 1/116, 118, 640, 716, 724, 725; 2/808; 4/22, 418; 5/439  
 α-Метилалкриловая кислота 3/70  
 Метилалкролен 3/178, 916; 5/713. См. также *Метакролен*  
 Метилалланн 1/255; 3/619, 620  
 Метилалканы 2/312  
 Метилалкилетоны 2/305; 4/313  
 Метилалкиловы эфиры 5/1007  
 Метилалкилсульфиты 4/922  
 Метилаллен 2/366  
 Метилаллилсульфонаты 3/1197; 5/447  
 Метилалкоказины 1/525  
 Метилаль 1/422; 5/221  
 Метилалюмоксаны 2/674; 5/713  
 N-Метиламиды 3/106  
 Метил-трет-амиловый эфир 1/205; 3/278  
 Метиламин(ы) 3/106, 107, 113, 115, 119–121, 125, 619, 620, 1016, 1021, 1036, 1050, 1057; 1/194, 269, 271, 415, 425, 488, 948, 1115; 2/171, 645, 1272; 4/205, 342, 529, 580, 750, 759, 990, 1164, 1165, 1192, 1224; 5/87, 181, 584, 1013. См. также *Диметиламин*, *Монометиламин*, *Триметиламин*  
 1-Метиламиноантрахинон 1/239  
 1-Метиламино-4-бромантрахинон 1/239, 244, 245, 353  
 Метиламиногруппа 3/569  
 γ-(N-Метиламино)масляная кислота 3/120  
 6-Метиламинопурин 3/295; 4/510  
 1-Метиламино-4-п-толуидиноантрахинон 1/244  
 Метиламинооксусная кислота 1/80, 250; 4/580  
 6-Метил-5-аминоурацил 2/221  
 2-Метиламино-2-фенил-1,3-нидандион 2/439  
 2-Метиламино-1-фенил-1-пропанол 5/1001, 1002  
 2-Метиламино-5-фенил-7-хлор-3H-1,4-бензодиазепин-4-оксид, гидроксид 4/1224  
 Метиламинофенолы 1/268, 1115  
 Метилмногостансульфокислота 1/80  
 2-Метиламино-2-этил-1,3-нидандион, гидроксид 4/240  
 2-Метилмногостансульфоновая кислота 5/274, 275  
 Метиланилин(ы) 1/153–155; 2/103; 3/1021; 4/1198; 5/125  
 Метилантралилат 1/348, 349  
 1-Метилантрапиридон 1/240  
 Метилантрахиноны 1/155, 156, 351; 2/1045  
 Метилантрацены 1/155, 156  
 3-Метиласпартат 3/619, 620  
 Метилаты 1/166–169; 3/119  
 Метилпетат 3/107, 108; 1/6–8, 642; 2/640; 3/125, 1059  
 Метилшетилен 3/108, 1065, 1066; 1/430; 2/96, 625; 4/854  
 Метилшетилениды 3/108  
 Метилшетоацетат 1/392, 440; 3/617, 618  
 2-Метилшетоуксусная кислота 2/361  
 Метилшетофенол(ы) 3/108; 1/441  
 5-Метилбарбитурат 3/619, 620  
 Метилбензальдегиды 4/1200, 1201; 5/366  
 N-Метилбензамид 1/488  
 N-Метилбензиллид 5/419  
 4-Метилбензантрон 1/155  
 Метил-2-бензимидазолкарбамат 1/337  
 Метилбензоат 1/510; 2/87; 5/459, 1004  
 Метилбензойные кислоты 4/1201  
 Метилбензол 1/948; 2/236; 4/1201, 1202. См. также *Толуол*  
 Метилбензолсульфонат 3/108, 109  
 Метилбензо-1,2,3-триазолы 4/1199  
 2-Метилбензофуран 5/133  
 3-Метил-6-бромантрапиридон 1/239, 244  
 2-Метил-2-бромобутан 2/311  
 Метилбромид 1/107; 2/342, 938, 941; 3/405, 602; 5/368, 416  
 2-Метил-1,3-бутадиев 2/99, 100, 374, 375  
 2-Метилбутан 3/345, 365, 726, 912, 913; 5/428  
 Метилбутаналь 2/359, 1159; 3/617–620  
 3-Метил-1,3-бутидиол 2/116  
 Метилбутановые кислоты 1/643, 667, 668  
 Метилбутанола 1/668; 2/359, 773; 3/617, 618; 4/801, 802. См. также *Амиловые спирты*, *Изоамиловый спирт*  
 3-Метил-2-бутанол 2/744  
 4-(3-Метил-2-бутилнитрофен) 5/968  
 O-Метил-2-бутилнитрофен 3/104, 105  
 3-Метил-1-бутен-3-ол 2/116  
 Метилбутены 1/998; 2/698; 3/726, 917, 918  
 Метилбутиламин 1/232; 3/619, 620  
 O-Метил-5-бутилдитиофосфат 4/1160  
 Метилбутилкетон 2/744  
 Метил-трет-бутиловый эфир 3/109, 278, 450, 726, 1053; 1/205, 500, 650, 928; 2/682; 4/1210  
 Метилбутират 2/617, 618, 1295  
 N-Метил-γ-бутиролактам 3/120, 121. См. также *N-Метилпирролидон*  
 2-Метилвалериановый альдегид 3/61  
 N-Метил-L-валин 1/134  
 Метилвинилдиолхлорид 3/799  
 Метилвинилкарбинол 3/110  
 Метилвинилкетон 3/109, 110, 1032; 1/714; 2/252, 456, 743; 4/418, 529, 872  
 Метилвиниловый эфир 4/507  
 2-Метил-5-винилпиридин 3/110, 54, 111, 1193, 1228, 1229; 1/625, 718–721  
 Метилвинилсилоксановые каучуки 2/1012–1014, 1018  
 Метилвиолет 3/663; 4/423  
 Метилвиологен 5/333  
 6-O-Метил-β-D-галактопираноза 1/31  
 Метилвиолетиды 1/1140; 2/71, 787; 3/119; 4/1269  
 N-Метилгалфордийхлорид 3/679  
 Метилгексаны 1/1023  
 Метилгексафторантимонат 1/959  
 2-Метилгептановая кислота 2/643  
 Метилгептанола 3/728  
 Метилгептеноны 5/773  
 N,N'-бис-(1-Метилгептил)-1,4-фенилдиамин 1/333  
 Метилгеранилхлорид 2/518  
 Метилгидразин 1/1072, 1074, 1076  
 Метилгидридан 2/26  
 3-Метилгидроксирочная кислота 3/573  
 4-Метил-3-гидрокси-2-аминобензонл-пентапентид 1/134  
 4-Метил-3-гидроксиглутарил-кофермент А 4/1261, 1262  
 Метилгидросилимины 1/1095; 3/295  
 4-Метил-4-гидроксиметил-2-оксазолон 3/683  
 4-Метил-5-гидрокси-2-метилурацил 2/427  
 (S)-(Z,E)-3-Метил-5-(1-гидрокси-4-оксо-2,6,6-триметил-2-циклогексенил)-2,4-ленданеновая кислота 1/15  
 2-Метил-3-гидрокси-пиридин 1/741  
 N-Метил-3-гидрокси-пиридина соли 3/709  
 Метилгидроксипропилцеллюлоза 3/1233; 5/667  
 2-Метил-8-гидроксихинолин 3/714  
 Метилгидросульфат 4/905  
 n-Метилгидрохиноны 1/749  
 Метилгистидин 1/304; 3/176  
 Метилглюкоаль 1/428, 1153; 2/105, 742, 743; 4/199  
 3-Метилглютаконат 3/617, 618

- α-Метилглутаровая кислота 4/499  
 N-Метилглукосамин 4/478  
 Метил-α, D-гликопиранозид 3/102  
 4-O-метил-D-глюкуроновая кислота 5/92  
 4-O-Метилглюкуроноксилан 4/35  
 N-Метилговератриламид 1/683  
 Метилгорчичное масло 3/106, 114, 115, 405  
 O<sup>6</sup>-Метилгуанин 4/492  
 O<sup>6</sup>-Метилгуанин-ДНК-метилтрансфераза 4/492  
 1-Метилгуанозин 4/1239  
 Метилдегидробомбетат 2/284  
 3-Метилдегидроаланин 3/472  
 N<sup>6</sup>-Метил-2'-дезоксадеозин 3/173, 174  
 N<sup>1</sup>-Метил-2'-дезоксигуанозин 3/173, 174  
 Метил-2'-дезоксцитидин 3/173, 174  
 Метилдизагидроксид 3/293  
 Метилдидибромфосфин 1/963  
 Метилдидибромфосфит 1/966  
 Метилдигалогенфосфонаты 3/123-124  
 3-Метил-3,5-дигидроксистерпеновая кислота 1/15  
 2-Метил-3-(3,4-дигидроксифенил)-L-аланин 3/112  
 2-Метил-5,6-дигидро-2H-пирин 4/800  
 2-Метил-1,2-дигидрофталидин 5/376  
 Метилдиоксифосфин 1/963  
 4-Метил-1,2-димеркаптобензол 4/1202  
 3-Метил-4'-диметиламиноазобензол 2/605  
 (S,Z)-1-Метил-1-(1,5-диметил-1,4-гексадиенил)циклогекс-1-ен 1/545  
 (Z)-1-Метил-4-(1,5-диметил-4-гексенилден)циклогекс-1-ен 1/545  
 N-Метил-2,4-динитроанилин 4/1111  
 2-Метил-4,6-динитрофенол 3/563  
 (-)-3-Метил-1,4-диоксан-2,5-дион 2/1141  
 4-Метил-1,3-диоксолан-2-он 4/199, 200  
 Метилдифторкарбаминные кислоты 3/106  
 Метил-1,2-дитиол-3-тионы 2/180  
 Метилдифтортиофосфат 1/961  
 Метилдифтортиофосфонат 3/124  
 Метилдифторфосфат 1/962  
 Метилдифторфосфин 1/963  
 Метилдифторфосфонат 3/123  
 Метилдихлоргидросилан 1/1109  
 Метилдихлорсилан 2/1023; 3/126  
 бис-(Метилдихлорсилил)метан 1/1019  
 Метилдихлортиофосфат 1/961  
 Метилдихлорфосфат 3/111; 1/962, 965, 1148  
 Метилдихлорфосфин 3/111, 112, 124; 1/963, 964  
 Метилдихлорфосфит 3/112, 111; 1/966  
 Метилдихлорфосфонат 3/112, 111  
 N-Метилдизетаноламид 3/106  
 Метилдизетиламин 1/901  
 Метилдофа 3/112, 113, 1119, 1120  
 α-Метилдофамин 3/113  
 Метилден, см. Метиленовая группа  
 N,N'-Метилден-бис-акриламид 1/114  
 Метилденаминометанол 1/194  
 N,N'-Метилден-бис-ацетамиды 1/230  
 5-Метилденбарбитуровая кислота 1/455  
 Метилденбромид 1/504  
 Метилденбутиандиовая кислота 2/544  
 2,2'-Метилден-бис-(6-трет-бутил-4-метилфенол) 1/334; 4/172  
 4,4'-Метилден-бис-(3-гидрокси-2-нафталинкарбоновая) кислота 3/704  
 1-Метилден-7-гидроксипирролизидин 3/1082  
 Метиленигликоль 3/281  
 л,л'-Метиленидианилин 2/80  
 4,4'-Метилден-бис-(1,2-дигидро-1,5-диметил-2-фенил-3-пиразолон) 2/84  
 Метиленидигидро-4-хромон 2/973  
 Метиленидильит 2/1203  
 3,3'-Метиленидинидол 2/456  
 2-Метилден-6,6-диметилбисцикл[3.1.1]гептан 3/1027  
 3,4-Метиленидиокси-1-аллилбензол 4/580, 581  
 3,4-Метиленидиоксибензальдегид 1/1004  
 3,4-Метиленидиоксн-1-(1-пропенил)бензол 4/581  
 N,N'-Метиленидиосукцинимид 4/895  
 Метиленидиосульфат 3/792  
 Метиленидифосфиндиоксид 5/440, 441  
 Метиленидииниевые соли 2/418  
 3-Метиленидиол 1/416  
 Метиленидиол 1/504; 2/421; 3/113  
 Метиленикетоны 3/1049  
 Метилден-бис-(нафталиясульфонат)динатрий 2/151  
 Метиленовая группа 2/325, 621, 622, 784, 787, 788, 809, 810, 813, 814; 4/67; 5/259, 707  
 Метиленовые красители  
 голубой 3/113, 834; 1/338; 2/221, 448, 450; 4/466, 945, 1116, 1117; 5/146  
 красный 2/448  
 синий (синь) 2/447; 3/113, 663; 4/633; 5/379  
 4-Метилден-2-оксетанон 2/108  
 β-Метилден-β-пропиолактон 2/108  
 Метиленисульфат 1/504  
 5,10-Метилентетрагидрофольевая кислота 4/1241  
 Метилден-бис-тиоцианат 1/337  
 Метилентрифенилфосфоран 2/409  
 Метилден-бис-(4-фенилзиоцианат) 2/184  
 4,4'-Метилден-бис-(о-хлоранилин) 4/54  
 Метиленихлорид 3/113, 101, 114, 1247, 1252, 1253; 1/426, 504, 834, 836, 948, 1202; 2/808, 809; 4/266, 134, 169, 359, 1212; 5/234, 580, 666, 668, 833, 1005.  
 См. также Дилорметан  
 Метиленицианидрил 5/976  
 Метиленицикланы 1/600  
 Метиленициклогексан 2/909  
 Метиленициклопропан 3/334  
 Метилениянтарная кислота 2/544  
 N-Метилзиоциант 4/1149  
 Метилзиобутилкарбинол 3/26, 114; 5/208  
 Метилзиобутилкетон 3/114, 26, 492; 1/437, 998; 2/1104, 1214; 4/51, 981; 5/762  
 N-Метилзионидол 2/359, 360  
 Метилзионитрил 3/106  
 Метилзиопропиленовый эфир 3/108  
 Метилзиопропилбенозы 4/1201  
 Метилзиопропилкетон 2/744  
 1-Метил-2-изопропилциклогексан 3/58  
 Метилзиотиазолы 2/381  
 S-Метилзиотиомочевина, сульфат 3/725  
 Метилзиотиоцианат 3/114, 106, 115, 405  
 Метилзиоцианат 3/115, 106, 884; 2/401; 5/181, 416  
 Метилзиоцианид 2/372  
 Метилзиимидазолы 2/411; 3/831  
 O-Метилзиинноэфир 5/775  
 N-Метилзиидонин 2/360  
 1-Метилзиидол-2-карбоновая кислота 2/636  
 Метилзиидолы 1/598; 4/712, 713  
 1-Метилзиинозин 4/1239  
 Метилзиозиты 5/714, 715  
 Метилзиодид 1/251, 488, 654, 711, 946, 966; 2/76, 120, 179, 421, 636, 778, 1204; 3/25, 62, 113, 119, 120, 124, 125, 127, 142, 239, 240, 691, 703, 705, 709, 1035, 1047, 1057, 1078; 4/37, 426, 693, 694, 1122, 1164; 5/368, 376, 429, 537, 659, 758, 779, 973, 1007  
 Метилзиононы 2/517, 518  
 Метилзиорвание 1/1074, 1140; 2/114, 115, 117, 118, 835, 862, 1191; 3/111, 199, 384, 749; 4/219, 1198, 1241; 5/307  
 восстановительное 2/123  
 исчерпывающее 1/279, 1181  
 как модификация белков 3/199  
 по Гафману 3/1031, 1032  
 по Хомерику 4/37  
 по Эшвайлеру-Кларку 5/1012, 1013  
 ферментативное 1/39; 3/133, 173-175, 595; 4/930  
 N-Метилкапролактан, диэтилацеталь 1/421  
 N-Метилкарбаматы 1/107; 3/405; 5/87  
 2,6-бис-(N-Метилкарбамоилоксиметил)пирин 3/884  
 Метилкарбамоилхлорид 3/115  
 Метилкарбинол 5/994. См. также Тимоловый спирт  
 Метилкарбитол 2/627  
 N-Метил-L-кариозин 1/303  
 Метилкетоны 1/710; 2/9, 71, 439, 740, 744, 1033; 3/813, 814, 1049, 1050; 4/737, 738; 5/370  
 Метилкобаламин 1/743; 2/945, 970  
 3-Метилкротонат 3/617, 618  
 β-Метилкротоноилкоэнзим А 2/633  
 Метилксантин 4/267, 268  
 S-Метилксантогенаты 5/779  
 N-Метиллактамы 2/244  
 Метиллактат 3/253  
 3-Метилаланин 3/472  
 Метиллгийт 1/658, 948; 2/632, 1203, 1204; 3/349, 825; 4/467, 976; 5/740  
 Метилмагнийгалогениды 1/504, 947, 948; 2/87; 3/101, 124, 181, 617-620, 795; 4/512, 1156; 5/381  
 Метилмаленовая и метилфумаровая кислоты 5/773  
 Метилмалонилкофермент А 1/609; 2/970; 3/617, 618, 621; 4/1260  
 Метилмалонилкофермент А-карбоксилтрансфераза 1/609  
 Метилмалонилкофермент А-мутаза 1/609, 743; 2/970  
 Метилмалонилполуальдегид 3/617-620  
 Метилмалоновая кислота 1/73  
 Метилмалеиновые кислоты 1/667, 668; 5/17  
 Метилмеркаптан 1/903, 948; 4/903  
 Метилмеркурцианогуанидин 4/247  
 N-Метилметакриламид 3/69  
 Метилметакрилат 3/115, 70, 116, 120, 201, 257, 359, 678, 683, 743, 744, 1196, 1198, 1268, 1269; 1/14, 235, 337, 420, 437, 439, 648, 724, 740, 1148, 1217; 2/236, 464, 806; 4/21, 40, 92, 306, 840, 841, 1087, 1127; 5/122, 204, 977, 1012  
 Метилметансульфонат 3/294; 4/922  
 Метилметадифосфат 3/104, 105  
 (R)-1-Метил-4-(1-метилден-5-метил-4-гексенил)циклогекс-1-ен 1/545  
 Метил-3-метилден-1,6-октадиены 3/178  
 1-Метил-4-(4-метилпентил)-3-циклогексен-1-карбальдегид 3/178  
 S-Метилметионийсульфонийхлорид 3/133, 134  
 2-Метил-2-метоксипропан 3/109  
 3-Метил-2-метокси-4-этил-1,3,2-оксазафосфоринан 5/313  
 3-Метил-1-морфолинметил-3-фенил-2,5-пирролидинон 4/241  
 N-Метилморфолины 4/1106; 5/237  
 Метилмочевина 1/999; 3/281, 282  
 Метилнатрий 3/349  
 Метилнафталинсульфокислоты 3/116  
 Метилнафталины 3/116, 117, 372, 373, 390; 2/591, 1041; 5/696  
 Метилнафтлкетоны 3/117, 118  
 2-Метил-1,4-нафтогидрохинон, моноацетат 1/750  
 2-Метил-1,4-нафтохинон 1/322, 532, 533, 749; 3/117, 388, 390  
 N-Метилнитогинамид 3/470  
 N-Метилнитоглиновая кислота 3/470  
 Метилнитрамин 3/502  
 Метилнитрат 1/605, 1164; 3/505; 4/342  
 Метилнитрит 2/698; 3/119, 511, 518  
 N-Метилнитроанилин 4/1111  
 2-Метил-1-нитроантрахинон 3/524  
 2-Метил-5-нитробензолсульфокислота 3/560  
 N-Метил-N-нитрозомочевина 3/532, 533; 4/234  
 2-Метил-2-нитрозопропан 3/539  
 N-Метил-N-нитрозоэтилетан 3/532  
 6-(1-Метил-4-нитроимидазол-5-меркаптопропан) 1/64  
 4-Метил-8-нитрохинолин 5/758  
 1-Метил-4-нитро-5-хлоримидазол 1/64  
 1-Метилнитроэтан 1/255  
 8-Метил-6-ноненовая кислота 2/616, 617  
 Метилниоилпепталягид 3/118; 2/237  
 Метилниоилкетон 3/118, 4/495  
 α-Метилнорадреналин 3/113; 4/695  
 Метилые красители  
 красный 1/614, 615; 2/447  
 оранжевый 1/242, 614, 615; 2/447, 448; 3/306; 5/554  
 синие 2/451; 4/397, 936  
 тимоловые 3/124; 2/451; 4/936  
 фиолетовый 1/367; 2/302, 447, 449, 1128; 4/247, 944, 975; 5/750  
 Метилые эфиры 1/311; 3/125, 268; 5/1011. См. также индивидуальные представители и соответствующие кислоты  
 Метилонилпепталягид 3/118, 4/495  
 α-Метилонилпепталягид 3/118; 4/695  
 Метилые красители  
 красный 1/614, 615; 2/447  
 оранжевый 1/242, 614, 615; 2/447, 448; 3/306; 5/554  
 синие 2/451; 4/397, 936  
 тимоловые 3/124; 2/451; 4/936  
 фиолетовый 1/367; 2/302, 447, 449, 1128; 4/247, 944, 975; 5/750  
 Метилые эфиры 1/311; 3/125, 268; 5/1011. См. также индивидуальные представители и соответствующие кислоты  
 Метилорванный электрон 4/750  
 клатраты 1/1115  
 метаболизм 3/615-618  
 месячный 3/148, 149  
 определение 4/397  
 получение 1/948, 1006, 1220; 2/118, 224, 638, 768, 885, 1165; 3/79, 101, 106, 108, 119, 120, 346, 449-451, 502, 666, 785, 916, 1060; 4/193, 439, 701, 705, 820; 5/118, 45, 222-224, 995  
 применение 1/6-8, 205, 342, 343, 897, 912, 932; 3/120, 278; 4/359, 1210  
 состав 1/69, 120, 121, 128, 140, 254, 426, 596, 649, 756, 778, 783, 880, 929, 988, 1023, 1140, 1161, 1163; 2/5, 13, 115, 118, 119, 122, 137, 216, 236, 264, 297, 449, 499, 518, 627, 640, 648, 665-668, 672, 770, 941, 1093; 3/25, 78, 105, 107, 108, 111, 112, 118, 119, 121, 125, 133, 140, 157, 289, 449, 450, 521, 522, 547, 580, 602, 603, 691, 739, 1040, 1228; 4/34, 298, 343, 396, 421, 500, 527, 535, 738, 752, 801-805, 1139-1144, 1166; 5/56, 130, 135, 195, 196, 217, 221-223, 269, 439, 451, 544, 545, 551, 574, 642, 659, 680, 681, 752, 903, 985, 995

- смесь с гидроксидом калия 1/163, стеклообразные матрицы 2/1034
- Метиловый эфир, см. *Диметиловый эфир*
- 3-Метил-1,2,4-оксадиазол 3/673
- 2-Метил-2-оксазалин 2/698; 3/681
- Метилсалоацетат 3/617-620
- 2-Метилосетан 4/426
- 3-Метилосниидол 1/416
- 2-Метилосини 3/714
- Метилосинирипиделлоза 3/127
- Метилосциан 3/730; 4/201-203
- 3-Метилосовалерат 3/617, 618
- 3-Метил-2-оксовалериановая кислота 4/1119
- 4-Метил-2-оксопентановая кислота 4/1119
- 1-Метил-2-оксопиримидин-4-сульфоновая кислота 4/908
- N-Метиллола 5/1013
- N-Метиллолакриламид 1/114
- N-Метиллоламыды 1/230, 337, 452, 453
- Метиллоламин 3/555
- Метилолеат 3/730
- N-Метилостакриламид 3/69
- трис*-(Метилор)метиламин 3/701
- Метилполнамиды 3/1207
- Метилпальмитат 3/476
- Метилпарацитон 2/470
- 4-Метил-2-пентанол 3/114
- 3-Метилпентаны 1/991
- 4-Метилпентен 5/983
- 3-Метил-3-пентенил-1-дифосфат 3/617, 618
- 4-(4-метил-3-пентенил)-3-циклогексенкарбальдегид 5/726
- 3-Метил-2-(2-пентенил)-2-циклопентен-1-он 2/251, 252
- 4-Метил-3-пентен-2-он 2/744; 3/25, 26
- Метилпентены 1/140, 998, 999; 4/22, 23, 81, 198
- 3-Метил-2-пентил-2-циклопентен-1-он 2/251, 252
- (+)-8-Метилпергидро-5-ниданол 5/544
- Метилпероксид 3/975
- Метилперхлорат 3/989
- 6-Метилпикволиновая кислота 3/1018
- 2-Метил-3-пиперидино-1-(4-толил)-1-пропанол, гидрохлорид 4/240, 241
- Метилпиразолы 2/406
- Метилпиридазины 3/1043
- N-Метилпиридиния соли 2/22; 3/549, 1046
- N-2-(6-Метил-3-пиридил)этиламинны 3/110
- N-2-(6-Метил-3-пиридил)этилиндолы 3/110
- Метилпиридинмонокарбонные кислоты 2/1214
- Метилпиридины 1/989; 2/798, 846, 1172; 3/1018-1020
- N-Метил-4-пиридон 3/709
- 3-Метилпиримидин-2,4-дион 3/1051, 1052
- N-Метилпиррол 4/1106
- N-Метилпирролидон 3/120, 106, 107, 121, 1209, 1210, 1214, 1216, 1218, 1219, 1246, 1258, 1260; 1/420, 427, 931; 2/375, 777; 4/26, 44, 48, 60, 71, 611, 1202
- 1-Метил-2-пирролидон 3/120, 121
- Метилпрединозолон 4/219
- 4-Метилпролин 3/924
- 2-Метилпропан 1/638
- 2-Метилпропаналь 2/1297
- 2-Метилпропановая кислота 2/643, 644, 1295
- Метилпропаноламы 1/640, 648-650; 4/801, 802. См. также *Бутиловые спирты*
- Метилпропантолы 4/1136
- 2-Метилпропен 1/639
- 2-(2-Метил-1-пропенил)-4-метилтетрагидропирран 4/539
- Метилпропеновые кислоты 1/1147, 1148; 2/643, 644; 3/70
- Метилпропиламин 1/270
- Метилпропикетон 2/744
- 1-Метил-2-пропилпиролидон 3/1081
- 2-Метил-2-пропилпропан-1,3-диол, дикарбонат 3/61
- Метилпропионат 4/206
- O-Метилпрохлорин 5/948
- 6-Метилптерин 5/214
- 6-Метилпурин 4/273
- Метилпрезириат-3,4,5-триметоксибензоат 4/439
- 2-O-Метилрвбозиды 3/174
- Метилпропандид 4/1160
- Метилпругь-катион 2/281, 282
- Метилсалцилат 1/495; 2/1308; 4/495
- Метилсесбианат 4/607
- Метилсеребро 4/641
- Метилсерная кислота 3/121, 1216; 1/988; 2/119; 4/525, 905. См. также *Метишсульфат*
- Метилсилан 2/1020
- Метилстерин 4/860
- Метилстиролы 3/121, 102, 122, 123, 127, 1265; 1/635, 719, 720; 2/380, 697, 705-707; 4/40, 869, 1027, 1087-1089; 5/133, 439
- Метилсульфат 2/636; 3/119, 121; 4/905; 5/1009
- Метилсульфонил 3/569, 570
- бис*-(Метилсульфонил)амин 4/897
- Метилсульфонилгидроксиламин 1/1094
- Метилсульфовилкарбанион, соли 2/120
- Метилсульфонилоксигруппа 3/569
- Метилсульфовая кислота 1/476; 3/101, 102
- Метилсульфоны 3/103
- 1-(4-Метил-2-сульфофениламино)-4-гидроксвантрахинон 1/260
- Метилтаурин 1/80; 4/990
- Метилтестостерон 4/236
- Метилтетрагидронден 5/991
- 6-Метил-1,2,3,4-тетрагидроксипиримидин-2,4-дион 2/427
- 2-Метил-5,8,9,10-тетрагидронафтохинон 1/532, 533
- 6-Метил-1,2,3,4-тетрагидропиримидин-2,4-дион 2/1156
- 5-Метилтетрагидрофолевая кислота 1/39, 743; 4/1241
- Метилтетрагидрофталевоый ангидрид 5/964
- N-Метилтетрантрансианилин 1/154; 4/1111
- Метилтетрафторфосфоран 3/123, 124
- Метилтетрахлорфосфоран 3/124
- 2-Метилтиазолины 4/1126
- 2-Метилтиазолы 4/1117, 1126
- 2-Метилтиетан 4/1122
- Метилтиран 3/733
- 13a-Метилтиохирзутиндия 5/117
- O<sup>+</sup>-Метилтиамин 4/492
- Метилтимоловый синий 3/124; 2/451; 4/936; 5/379
- 2-Метилтио-4-азидо-6-изопрониламино-1,3,5-триазин 1/1033
- Метилтиогруппа 3/569
- Метилтиодитиолия соли 2/179, 180
- Метилтиометильная группа 2/325
- 2-Метилтиопиррилийперхлорат 4/1144
- 3-Метилтиопропионовый альдегид 3/133
- 5-Метилтиорнбозо-1-фосфат 1/39
- N-Метилтиосемикарбазид 3/114
- S-Метилтиосульфат 4/1149
- 2-Метилтио-4,5,6,7-тетрагидро-1,3-бензодитиолийноид 4/1154
- Метилтиоурацил 1/340
- 5-Метилтиоуриндин 3/174
- Метилтиофенолы 4/1151, 1156, 1159
- Метилтиоцианат 3/102; 4/1167
- α-Метил-*m*-тирозины 4/694
- Метилтоликарбинолы 3/122
- Метилтрансферазы 3/596; 4/1241
- Метилтриазолы 4/1251-1253
- Метилтриацетоксисилан 2/1015, 1020; 4/445
- α-Метилтриметиленилпиколь 1/643-645
- 2-Метил-4-(1,1,2-триметилпропил)циклогексанон 2/697
- 3-Метил-5-(2,6,6-триметил-1,3-циклогексанил)-*цис*, *транс*-2,4-пентадиеновая кислота 1/15
- 3-Метил-4-(2,6,6-триметилциклогексенил)-3-бутен-2-оны 2/517
- α-Метилтриптамин, гидрохлорид 4/267, 268
- Метилтрифторвиниловый эфир 3/985
- Метилтрифторгидридофосфоран 2/716
- Метилтриформетилсульфон 4/933
- Метилтрифторпропилсилосан 1/1045
- Метилтрихлорид 3/125. См. также *Хлороформ*
- Метилтрихлорсилан 1/894; 2/1022, 1023, 1029; 3/126
- Метилтриэтиламоний-*п*-толуолсульфоноват 1/48
- Метилтриэтоксисилан 1/171; 2/1020
- Метилуксусная кислота 4/206-208
- 2-Метилудеканаль 3/118
- Метилурацил 2/427, 1156; 3/813
- Метилуретан 5/87
- 5-Метилурдин 3/174
- Метилфенилат 4/267, 268
- α-Метилфенилгидразин 1/505
- Метилфенилдиметоксисилан 1/171; 2/1013
- Метилфенилдиалхлорсилан 2/1022; 3/799
- 1-Метил-3-фенилпидан 1/350
- Метилфенилкарбонат 2/638
- Метилфенилкетон 1/441
- Метилфениловый эфир 1/304, 305; 5/1008
- Метилфенилоксидназолы 3/674
- 3-Метил-1-фенил-3-пентанол 2/238
- 3-Метил-1-фенил-5-пирозолон 3/797; 4/256
- 3-Метил-1-фенил-5-пирозолон-4-азобензол 1/87
- бис*-(*трис*-(2-Метил-2-фенилпропил)олово)оксид 1/108
- Метилфенилсульфон 1/112; 3/103; 4/933
- 4-Метил-2-фенил-2*H*-1,2,3-триазол 4/1252
- 1-Метил-5-фенил-7-хлор-2,3-дигидро-1*H*-1,4-бензодиазепин 4/1225
- 1-Метил-5-фенил-7-хлор-2,3-дигидро-1,4-бензодиазепин-2(1*H*)-он 4/1224, 1225
- Метилфенилциклоксилосаны 2/1012 (R,S)-1-Метил-2-фенилэтиламинсульфат 5/116
- N-(1-Метил-2-фенилэтил)-N-метил-2-пропиламин 3/254
- 3-(1-Метил-2-фенилэтил)сиднонимин 4/669
- Метилфенолы 1/163; 2/1004, 1005; 5/136. См. также *Гидрокситолоулы*, *Крезолы*
- 2-Метил-3-фитил-1,4-нафтохинон 1/749
- Метилформамид 1/709; 3/360; 5/224
- N-Метилформанил 1/1203; 4/1157
- Метилформант 3/119, 120, 289, 640, 1031; 5/222, 223, 416
- Метилфосфин 5/307
- Метилфосфинистая кислота 3/111
- трис*-(Метилфосфоно)амин 3/511, 512
- Метилфосфононая кислота 3/112, 123
- дифторангидрид 3/123
- дихлорангидрид 1/1147; 3/111, 124
- тетраметилдиамин 3/124, 125
- O-этилового S-2-(димзопропиламино)этилового эфира 5/981, 982
- 2-Метилфталанинийноид 5/376
- 2-Метил-1(2*H*)-фталион 5/376
- 3-Метилфталевоый ангидрид 1/156
- Метилфторид 3/125; 1/948, 959; 2/118
- Метилфторсульфат 5/409
- Метилфторфосфононая кислота, эфир изопрониловый, см. *Замин*
- Метилфторхлорсульфат 1/962
- 2-Метилфурфан 5/429, 434
- Метилхавикол 1/301; 5/1004, 1005
- транс*-5-Метилхинолидиний 5/523
- Метилхинолиний-катион 2/119; 4/267
- Метилхинолины 1/146; 5/225, 369, 535
- N-Метилхиноны 5/528, 529
- N-Метил-*п*-хинонимы 5/531
- Метилхлорамин 3/678
- 1-Метил-4-хлорантрахион 1/156
- Метилхлорбензолы 5/583
- Метилхлорид 3/125, 79, 101, 108, 111-114, 120, 124, 126, 127, 133, 372, 760, 801, 993, 1244; 1/543, 645, 834, 948, 949; 2/10, 34, 122, 461, 811, 1018, 1023; 4/134, 1079, 1212; 5/459
- Метилхлоркарбонат 2/187
- β-Метил-α-хлормасляный альдегид 3/573
- Метилхлорметилдихлорсилан 3/799
- Метилхлорформат 1/715, 948; 5/12
- 2-Метил-3-хлор-1-пропен 3/72
- Метилхлорсиланы 3/125, 126, 801, 1023
- Метилхлор-1*H*-1,2,3-триазолы 4/1253
- 2-Метил-4-хлорфеноксуксусная кислота 1/416; 5/585-587
- 4-Метил-4-хлорфенол 1/337
- Метилцеллозоль(ы) 1/1209; 2/9, 627; 3/278; 4/175; 5/196, 659, 660, 668
- Метилцеллюлоза 3/126, 125, 127, 159, 911; 1/19, 949; 4/888; 5/664, 667
- Метилциан 1/117
- Метилцианид 1/437, 438, 948; 2/28, 297, 651, 777, 925, 933; 3/673; 5/439, 449
- Метилцикланы 1/600
- Метилциклоксан 3/378, 380, 407; 4/1202; 5/122
- 4-Метил-1,2-циклогександиондиоксим 5/723
- Метилциклогексанолы 2/1004
- Метилциклогексаноны 1/392; 2/1004; 5/543, 544
- Метилциклогексен 1/709
- 3-Метилциклогексеноксид 3/731
- 4-Метил-4-циклогексил-2-пентанон 1/697
- 3-Метилциклопентадеканон 3/291
- Метилциклопентанон 5/971, 972
- Метилциклопентан 3/726; 5/722
- α-Метилциклопентаноны 1/656
- 4-Метилциклопентен 4/169
- 3-Метил-1,2-циклопентенофанентрен 4/861, 862
- Метилциклопропан 2/366
- Метилцианнат 2/936
- 4-Метилцинолин 1/521
- 1-Метилцинолинийноид 5/758
- Метилцитозины 3/619, 620, 1051
- 6-Метилцитрат 2/518
- Метил ЦТМ 1/326, 327
- Метильная группа 1/759; 2/325, 359, 362, 782, 787, 788; 5/976. См. также *Метиш*
- Метильный радикал 4/304, 418-421
- 4-Метилэнол 1/416

- N-Метилэметины 5/948  
 N-Метилэтаноламин 3/106  
 N-Метил-3-этилаллил-1-дифосфат 3/617, 618  
 Метилэтилацетилен 2/1108  
 Метилэтилбензолы 3/127, 128; 2/438  
 8-Метил-7-этил-1,2-бензофлуорен 4/861, 862  
 Метилэтилкарбинол 1/648–650; 3/573  
 Метилэтилкарбонат 2/638  
 Метилэтилкетон 3/128, 471; 1/155, 440, 640, 648, 650; 2/34, 85, 744, 997; 3/917; 4/51, 396, 445; 5/195, 642, 817, 996  
 Метилэтилмалоновая кислота 1/668  
 N,N'-бис-(3-Метил-1-этилентил)-1,4-фенилендиамин 1/333  
 7-Метил-1-этил-4-оксо-1,8-нафтирдин-3-карбоновая кислота 3/385  
 2-Метил-5-этилпиридин 2/407; 3/110, 487  
 Метилэтилсульфат 4/905  
 Метилэтилсульфид 4/911  
 (±)-Метилэтилсульфусная кислота 1/667, 668  
 Метилэтилхлортионфосфат 1/961  
 Метилэтилцеллюлоза 3/127  
 см.-Метилэтилэтилен 3/917  
 N-Метилэфедрин 1/389  
 Метилгитарная кислота 1/726  
 Метилдион 4/240  
 Метновые красители 3/128, 129–132; 2/978, 1125; 4/23, 625, 626, 799, 1120  
 Метнокарб 2/473; 3/252  
 Метнониллизилбраникнин 2/759, 760  
 Метнонил-тРНК-синтетазы 1/241  
 Метноинил 3/132, 133, 175, 199, 582, 619, 620, 926, 931; 1/39, 40, 119, 250, 254, 477, 482, 743, 1012, 1013, 1150; 2/407, 970; 4/190, 191, 219, 634, 911, 1075, 1139, 1241, 1260, 1261; 5/268, 591, 767, 768, 794  
 активный, см. S-Аденозилметноинил аденозинсульфониевая соль 4/930  
 S-метилрваный 3/134, 135  
 Метноинаденилтрансфераза 4/1242  
 Метноинилметилсульфонийхлорид 3/133, 134  
 Метноинилсульфоксид 3/133  
 L-Метноинил-S-сульфоксиды 1/1152  
 Метноинилсульфон 1/1150; 3/133  
 Метноинил-энкефалин 2/1200; 3/765  
 Метисазон 2/347; 4/218, 1149  
 Метициллин 2/1134  
 Метил дейтериевые 2/26  
 как индикаторы 2/26, 384, 385; 3/148, 149. См. также Изотопные индикаторы  
 липидные 2/1184, 1185, 1187, 1190  
 парамагнитные 4/790–792  
 радиоактивные 2/384, 385, 1184, 1185, 1187, 1190; 3/589; 4/325, 335, 517; 5/270, 343. См. также Меченые соединения  
 «репортерные» 2/1184  
 спинные 1/42; 2/1190; 3/545, 546; 4/304, 790–792; 5/270  
 температурные 4/1244  
 трассеры 4/1244, 1245  
 флуоресцентные 1/42; 2/1184, 1185, 1187, 1190, 1228; 3/589, 837; 4/968; 5/270, 770  
 фотореактивные 2/1185, 1190  
 Метноглобин 3/175, 176  
 Методы анализа и исследования. См. также Анализ, отдельные методы, включая именные, и их разделы биологические 1/549, 293  
 гибридные 1/1067, 293, 295; 5/497  
 дифракционные, см. Дифракционные методы  
 кинетические, см. Кинетические методы  
 радионидикаторные 4/327, 328  
 ферментативные 5/147, 148–152, 916  
 физико-химические 5/172, 173, 497, 498  
 физические 5/180, 497, 498  
 химические 5/489, 490  
 хроматические 5/538–545  
 хроматографические, см. Хроматография  
 электрохимические, см. Электрохимические методы  
 Метоклопрамид 4/393  
 Метоксазолон 2/605, 606  
 Метоксан 5/745  
 Метоксанилины 1/304  
 1-Метоксинафтахинон-2-карбоновая кислота 3/523  
 Метоксинафтахиноны 3/525  
 Метоксинафетон 5/1000  
 n-Метоксинафтофенол 3/134; 1/304, 441; 2/237  
 n-Метоксинафталидегид 1/311, 312; 2/787; 3/691  
 3-Метоксинафталин 2/1228; 5/213  
 n-Метоксинафталиновая группа 2/325  
 4-Метоксинафталилацетилбензофуран 2/973  
 Метоксинафталин 1/304, 305  
 β-(4-Метоксинафталилакриловая кислота) 1/298  
 3-Метоксинафталинкоричный спирт 2/1173  
 β-(2-Метоксинафталинол)стириламины 3/923  
 (m-Метоксинафталинол)ацетон 3/112  
 Метоксигруппа 1/170; 3/569  
 1-Метоксинафталин-2,4-диоксоантрон 1/742  
 Метоксидихлорфосфин 3/112  
 Метоксидирование 3/521  
 Метоксикарбинол 3/569  
 Метоксикарбинол-1H-азепины 1/69, 70  
 Метоксикарбинолникотиновые кислоты 5/527, 758  
 Метоксикарбинолдихлоркатетраен 4/206  
 Метоксидирование 5/698  
 4-Метоксинафталин-6-метоксистирил-α-пирон 3/1075  
 2-Метоксинафталин-1,4-нафтахинон 3/707  
 Метоксинитробензолы 1/304; 3/521, 522  
 4-Метоксинафталин-1-нитронафталин 3/547  
 Метоксинитрофторциклобутан 3/985  
 Метоксиниперидолы 3/1030  
 Метоксинипридины 3/709  
 4-Метоксинафталин-3-пренил-2-хинолон 5/529  
 n-Метоксипропенилбензол 1/301; 4/1091  
 2-Метоксинафталин-4-пропенилфенол 2/407, 408  
 γ-Метоксинафталин 1/354  
 Метоксипропиленцеллюлоза 5/950  
 α-Метоксинафталин 3/105  
 n-Метоксипропиофенол 1/301  
 Метоксипсоралены  
 5-изомер, см. Бергаптен  
 9-изомер, см. Ксантоксин  
 Метоксисиланы 2/1022; 3/111  
 4-Метоксинафталин-6-стирил-5,6-дигидро-α-пирон 3/1075  
 n-Метоксистерол 4/693  
 6α-Метоксистероиды 2/1135  
 2-Метоксистероиды 1/1033  
 5-Метоксистероиды, гидрохлорид 4/327  
 4'-Метоксинафталин-1,3-нидаиднон 2/439  
 1,1-бис-(n-Метоксифенил)пропан 1/301, 302  
 (n-Метоксифенил)пропаноны 1/301; 2/773  
 1-(o-Метоксифенил)-1-пропен 1/955  
 Метоксифенолы 1/235, 336, 987, 988; 4/91; 5/1008  
 Метоксифенон 1/1026  
 Метоксифуран 4/812  
 Метоксифурохрононы 1/534; 2/1086, 1087  
 6-Метоксинафталинкарбонная кислота 5/522  
 Метоксидол 2/469  
 Метоксинафталин-4-хромон 2/973  
 1-Метоксинафталин-1,3,5-циклопентатриен 3/846  
 2-Метоксинафталин 3/692  
 Метоксинафталинмеркурилат 4/247  
 Метоксинафталинцеллюлоза 3/127  
 Метоксинафталинметилная группа 2/325  
 2-(2-Метоксинафталин)этанол 2/537  
 Метоксурон 1/1030; 2/37, 38  
 Метол 1/268, 720, 833, 1116; 3/107; 4/253, 254, 695; 5/452, 456  
 Метомил 2/473  
 Метон 2/112  
 Метопрен 5/1014  
 Метопролол 1/49, 50  
 Метотростат 1/751; 2/426; 4/235, 270, 1096; 5/216  
 Метофас 3/126  
 Метофоллин 5/119  
 Метоцеф 3/126, 127  
 Метрибузин 1/1033; 4/1250  
 Метризамид 4/478  
 Метризоат 4/478  
 Метризол 4/207, 208  
 Метрифонат 4/225  
 pH-Метрия 3/134, 135, 136; 2/292; 4/155, 627  
 pH-Метрия 4/155  
 Метрология химического анализа 3/136, 137–140; 1/292, 294, 295, 917, 918; 2/291, 856; 4/182; 5/877–879. См. также Обработка результатов эксперимента  
 Метронидазол 4/233, 239  
 Метрополитана схема 3/214, 215  
 Метсульфуриметил 1/1031; 4/932  
 Метформовая кислота 1/297; 4/219  
 Мех дубление 2/234, 235, 236; 4/979; 5/143  
 искусственный 3/1244  
 крашение 2/998, 999, 1093; 3/244, 519, 523, 694, 695, 1057; 4/1130, 1199; 5/124  
 Механика квантовая, см. Квантовая механика  
 молекулярная 3/219, 220, 330; 2/910, 911  
 физико-химическая 5/171, 172  
 Механизмы иммуногенеза, см. Иммунохимия  
 катализа 2/662–664; 3/79, 80  
 коррозии металлов 2/953–956  
 люминесценция 2/1220, 1221  
 проводимости металлов 2/1317  
 разрушения твердых тел 4/252  
 реакций 3/140, 141–143, 602–604, 653, 788, 839, 933; 1/4, 1185, 1186; 2/26, 313, 759; 4/176, 177, 295–298, 414–416, 721, 722; 5/351, 352, 682–685. См. также отдельные реакции, перегруппировки и их типы  
 – галогенофильный 3/981  
 – гарлунный 3/142  
 – и планирование эксперимента 3/1112, 1113  
 – и поверхности потенциальной энергии 3/1175–1178  
 – и правила Вудворда-Хоффмана 3/235, 236  
 – и реакционные серны 4/417  
 – и сольватированный электрон 4/751  
 – и спиновые эффекты 4/790  
 – и теория активированного комплекса 1/124  
 – карбонный 4/415, 416  
 – «пниг-пониг» 2/365  
 – семирбензильный 5/96  
 – ядерных 5/1020, 1021  
 – ANRORC 2/314  
 Механическая алага 4/954  
 Механическая связь, см. Катенаны  
 Механические искры 3/1189  
 Механические процессы (методы) 3/144. См. также отдельные типы биомембранные 1/560, 561  
 газовый анализ 1/914, 915  
 деструкция полимеров 2/39, 40  
 легирование 2/1154  
 миграция химических элементов 1/1018  
 нанорное перемещение жидкостей 3/342–344  
 обработка сплавов 4/807, 808  
 очистка газов 1/898–900, 931  
 – мембран 3/39  
 – стоков 3/857–859  
 перемешивание 3/940–943, 945  
 переработка полимерных материалов 3/1114, 1115; 4/9, 16, 17  
 полирование поверхностей 4/33  
 равновесие в системе 4/1073  
 распыливание 4/347, 348  
 сплавление 3/147  
 хемосорбция 3/147  
 Механические свойства материалов 3/144; 2/706, 708; 3/1122, 1123, 1125, 1126  
 вязкостные, см. Вязкость  
 деформационные, см. Деформация, Реология  
 долговечность 2/1133; 3/144; 4/251  
 жесткость 3/144–146  
 и огнестойкость конструкций 3/647  
 и химические превращения, см. Механохимия  
 прочность 4/250, 251, 252; 2/667, 668, 702  
 твердость 4/998, 999, 999  
 фрикционные, см. Трение, Трибохимия  
 Механохимия 3/145, 146, 147; 2/146  
 активация веществ 2/478  
 в неорганическом синтезе 3/420  
 и механические свойства материалов 3/144, 145  
 и поверхностные явления 3/1173  
 и радиационно-химические превращения 4/295  
 и химическая кинетика 2/756; 3/429  
 кристаллов 2/52  
 полимеров 2/39, 40; 3/1114, 1115; 4/822  
 трибохимия 4/1256, 1257  
 Механоэлектроты 5/836  
 Мещаллинды 2/1135  
 Меченые соединения 3/148, 149, 254, 272; 1/1179; 2/388, 810, 811, 1172, 1252, 1317; 4/335, 337, 517, 968, 969, 1026; 5/213, 269, 270, 630, 1016, 1023. См. также Метки  
 индикаторы, см. Изотопные индикаторы  
 трассеры, см. Трассеры метод  
 Мешалки 2/146; 3/940–945  
 Мианбутол 5/973  
 Миансерин 1/325, 326  
 Миарсенол 3/318

- Миграция**  
атомов и их групп 2/182, 598, 599, 628, 965, 1252; 3/33, 513, 534, 606; 4/29, 30. См. также *Перегруппировки*  
генов, см. *Мигрирующие генетические элементы*  
красителей и пигментов 2/994, 997, 1001, 1002  
кратных связей 1/752; 2/621, 1080; 3/324  
радионуклидов 2/1254  
химических элементов 1/1015–1021; 2/789  
частиц в микрофотографии 4/506  
энергии возбуждения люминесценции 2/1062
- Мигрирующие генетические элементы**  
3/149, 150–152, 212, 301, 1096; 1/1012, 1014; 4/452
- Мидантан** 4/237
- Мидокалм** 1/238; 4/240, 241
- Миелин** 3/48, 49
- Миелобромил** 4/234
- Миелосан** 4/234
- Мизертоксин** 5/1054
- Мизеса критерий** 4/486
- Микаминоза** 1/264
- Микамицины** 2/34; 3/924, 925, 927
- Микетены** 2/1095
- Микогептин** 4/227, 228
- Миколевая кислота** 1/826, 1137
- Миколектины** 2/1162
- Миконзол** 4/228, 229
- Микосептин** 4/230
- Микоспор** 4/228, 229
- Микостатин** 3/499
- Микостерин** 4/859
- Микотоксины** 3/152, 153–155, 724; 2/605, 606
- Микроанализ**  
автордиография 4/326  
ионный 2/511, 512, 1212  
катоодолюминесцентный 2/702, 703, 1212, 1213  
качественный 2/711  
количественный 2/856  
локальный 2/1212, 1213; 4/777  
спектральный 4/777, 778  
химический, см. *Микрохимический анализ*
- Микробарит** 2/330
- Микробиологические процессы**  
действие бактериальных клеток, см. *Микроорганизмы*  
депарафинизация 2/34  
деструкция полимеров 2/40  
самовозгорание 4/573  
синтез 3/155, 156, 157, 212, 441, 596, 627, 1090; 1/483, 555, 1101, 1123; 2/463, 538, 657, 960, 1176; 4/525; 5/35, 111. См. также *Биотехнология*, *Инженерная энзимология*  
трансформация органических веществ 3/157
- Микроблочная полимеризация** 4/953
- Микроболюбовая спектроскопия** 3/157, 158; 4/334, 884
- Микрогетерогенные системы** 1/1049, 1158; 2/661
- Микрография** 4/501, 506, 507, 509
- Микрозонды** 2/702, 712
- Микроинтерферометрия** 5/769
- Микрокалориметрия** 2/576; 4/1086
- Микрокаоинический ансамбль Гиббса** 4/823–825
- Микрокапсулирование** 3/158, 131, 132, 159, 160, 712, 993, 1010, 1013, 1174; 2/818, 819; 5/161. См. также *Капсулирование*
- Микрокатарометры** 2/609
- Микроклин** 3/1192
- Микроклоночная хроматография** 2/45, 294
- Микрокристаллоскопия** 3/160, 819
- Микролегирование** 2/1154
- Микролиты** 2/997; 3/1077; 4/979
- Микроорганизмы**  
анаэробные 5/662  
ассимиляция азота 3/503, 504  
вакцина БЦЖ 2/427  
«взвешенные», улавливание 4/283  
гены и геномы 1/1010, 1014; 3/149–152, 1096, 1097; 4/450–452, 496  
и биосенсоры 4/628  
и биоцидные присадки 4/174, 175  
и брожение 1/608–611, 649; 5/995  
и водоподготовка 1/770, 787  
и выщелачивание 1/867–869; 3/7  
и гидрометаллургия 1/1104  
и носелективные электроды 2/522  
и коррозия металлов 1/549; 3/1179, 1189  
и β-лактамы антибиотики 2/1134–1136  
и смягчители кожи 2/836  
и очистка стоков 3/861, 1169, 1170  
и пестициды 2/468; 3/994  
и окисление ПАВ 3/1169, 1170  
и пластичные смазки 3/1124  
и полисахариды 2/30, 31; 3/749; 4/35  
и рацемизация 2/364  
и расщепление рацематов 4/391  
– сульфоноват 4/928, 929  
и самовозгорание веществ 4/573  
и синтез белков, см. *Трансляция*  
– нуклеиновых кислот, см. *Репликация*, *Транскрипция*  
– промышленных продуктов, см. *Биотехнология*, *Микробиологический синтез*  
и синтетические каучуки 2/708  
и старение полимеров 4/822  
и удобрения, см. *Бактериальные удобрения*, *Органические удобрения*  
и ферментация 1/554, 555; 5/149, 151, 152  
и флокулянты 5/204  
и фталаты 3/1117  
и фтортезиды 5/395  
и хемосинтез 1/558  
и целлолазы 5/662  
и экспрессия генов 5/818  
избирательное окрашивание 3/834  
как иммуностимуляторы 2/427  
как коагулянты 2/818  
кислотоупорные 1/826  
клетки иммобилизованные 2/463, 464  
– мембраны, см. *Биомембраны*  
– состав 1/826, 1130, 1131, 1137, 1149, 1152; 2/20, 232, 302, 303, 306, 656, 971–975, 1195–1198, 1262; 3/584; 4/426–428, 519–522, 1119  
метаболизм 1/1142, 1210, 1211. См. также *Обмен веществ*  
нейтрализация и антита 2/424  
нитратное дыхание 3/503  
нитрифицирующие 2/568; 4/621  
пантотенатпрототрофные 3/879  
плазмолит 3/829, 830  
рост, факторы 1/644; 2/1192, 1193; 3/567; 4/270  
свечение, см. *Люминесценция*, *Хемилюминесценция*  
структура, репарация 4/492, 493  
термофильные 5/153  
токсины 1/603, 604, 1194  
трансформация 4/1242–1244  
фотосинтезирующие 5/573. См. также *Фотосинтез*
- Микропоры** 1/58, 59; 4/130, 131
- Микрореология** 4/489, 490
- Микроскопическая константа скорости** 1/547; 2/125
- Микроскопия**  
коллоидов, см. *Ультрамикроскопия*  
кроженная 5/581  
лазерная 2/867  
поляризационная 3/168  
просвечивающая 5/893  
раствора 5/877  
трансмиссионная 5/869–871, 873, 874, 877, 893  
туннельная сканирующая 5/26, 28, 842, 874  
флуоресцентная 5/77  
электронная 5/869, 26, 870–874, 893; 2/190, 743, 1212, 1213; 3/168
- Микроспектрофотометрия** 5/769
- Микротактичность** макромолекул 4/849
- Микроугревание**, фактор 2/193
- Микроудобрения** 3/160, 172, 173; 2/213, 583, 584, 624, 822; 5/54, 755, 756. См. также отдельные виды, *Микроэлементы*
- Микрофильмирование** 4/506
- Микрофилтрация** 1/770; 2/196, 1300; 3/39–41, 45, 57
- Микрофотометры** 4/778
- Микрохимический анализ** 3/161, 786; 1/292, 293; 5/68, 780, 781, 873, 878–880. См. также отдельные физические, физико-химические и химические методы  
взвешивание 1/686–688, 700, 701; 4/158  
бесстружковый 3/431  
ионный 3/431  
капельный 2/606, 553, 607, 711; 1/542; 3/161, 431  
качественный, см. *Качественный анализ*  
количественный, см. *Количественный анализ*  
микрокристаллоскопия 3/160, 819  
неорганических веществ 2/711  
органических соединений 2/960, 1108; 3/795, 797; 4/158, 159  
реагенты 2/1224, 1230, 1249. См. также *Реагенты органические элементный, см. Элементный анализ*
- Микрохимия**, см. *Цитохимия*
- Микроцистостоксин** 5/1051
- Микроэлементы** 3/161, 171–173, 475, 789; 1/121, 550; 5/54. См. также *Микроудобрения* и их отдельные виды  
и канцерогены 2/606  
и обмен веществ 3/611, 624  
концентрирование 2/916  
определение 2/292, 293
- Микроэмульсии** 3/161, 162, 163, 185, 1167; 1/1049; 2/153, 859; 4/753; 5/466, 949  
мицеллярные, см. *Мицеллообразование*, *Мицеллярные системы*  
моющее действие 3/283  
реология 4/487  
самопронзвольные 3/1166, 1172
- Миксинол** 2/281
- Миксотазол** 2/242
- Микстовые поражения** 3/842, 843
- Милеран** 2/605
- Миллатаи** 5/86
- Миллера индексы** 2/189, 1065; 5/894
- Милперт** 3/472, 486
- Милллена уравнение** 1/447
- Миллцинт** 5/251
- Миллона**  
основание 4/545  
реакция (реактив) 3/163; 1/475; 4/1170
- Милорн** 2/268, 990
- Милурит** 1/188
- Милфурам** 5/420
- Мильтаун** 3/61
- Миметизит** 1/382
- Мимозин** 3/710
- Минарсон** 3/318
- «Минигастрин»** 1/982
- Миндальная кислота** 1/670; 3/708; 5/762
- Миндальное масло** 3/302; 4/377–380, 383, 721
- Минерализация**  
в химическом анализе 3/168, 169, 170; 4/179  
вод 1/768. См. также *Минеральные воды*  
«Минералогическое правило фаз»  
Минералокортикоиды 4/862, 863  
Минералы 3/163, 164–168; 2/607, 712; 4/434, 435, 545; 5/105. См. также *Горные породы*, *Кристаллохимия*, *Полезные ископаемые*, *Руды*, *Индивидуальные соединения* и их виды  
баланс CO<sub>2</sub> 2/637, 638  
иризация 3/1192  
как дисперсные системы 2/153; 3/164  
как изоморфные смеси 2/371; 4/1002–1006  
как твердые золи 2/332  
метамиктные 3/164, 1077  
полноморфизм 3/164; 4/23, 24  
правило фаз 5/99  
прорастания 3/1192
- Минеральная химия** 3/411. См. также *Неорганическая химия*
- Минеральные воды** 3/170, 171, 1193; 1/768, 769, 1115
- Минеральные материалы**  
вата 2/327; 4/1041, 1042  
волокна 2/327, 328  
вьющие 1/870, 871  
кислоты, см. *Кислоты неорганические*  
клен 2/800, 801  
красящие, см. *Пигменты*  
масла, см. *Нефтяные масла*  
туки, см. *Минеральные удобрения*  
угольные пастовые электроды 1/810
- Минеральные удобрения** 3/171, 172, 173, 863; 4/138, 648; 5/54, 55. См. также *Удобрения*  
жидкие, см. *Жидкие удобрения*  
и кислотность почв, см. *Известковые удобрения*  
микротуки, см. *Микроудобрения*  
простые, см. *Азотные удобрения*, *Калийные удобрения*, *Фосфорные удобрения*  
сложные, см. *Комплексные удобрения*
- Минимальное взрывоопасное содержание кислорода** 3/1187, 1188
- Минорные соединения**  
липиды 2/141, 1188, 1195–1198. См. также *Фосфатидилглицерин*  
нуклеозиды 3/173, 174, 175, 586, 591–593, 597, 1051; 2/1084; 4/275, 276, 522, 1238, 1239; 5/450, 451
- Миноцилин** 4/1110
- Минтакол** 5/242
- Минтезол** 4/225, 226
- Минутный объем дыхания** 2/242
- Миоплоби** 3/175, 176; 1/470–472, 474; 2/240; 5/46
- Миозин** 3/176, 177, 178, 199; 1/470, 471, 558; 4/1193
- Мионизит** 2/1189
- Миорелаксанты** 2/401, 1105, 1106; 5/115, 591
- Миотизал** 5/242
- Миотропные соединения** 1/1120; 4/1195
- Мирабилит** 1/851, 956; 3/347, 361, 362; 4/630, 904



- Мирак-альдегид 5/725  
 Мирбановое масло 3/526, 527. См. также *Нитробензол*  
 Мирекс 1/997, 998  
 Миристоловый эфир 3/876  
 Миристиновая кислота 1/863, 864; 2/303, 307, 643, 644; 3/1186; 4/377, 580, 990; 5/551  
 Миристолдидецин 2/304  
 Миртенол 4/1090  
 Миршен 3/178, 1027; 1/1024, 1180; 4/714, 1092; 5/726, 1004  
 Миршенал 3/178  
 Миршенол 2/1180  
 Мирэйфаи 3/1139  
 Мислерон 2/812  
 Миссенс-мутация 3/300  
 Мицелла 5/1005  
 Митак 1/107  
 Митины 2/474  
 Митозан 3/178  
 Митомизин 3/178, 179; 1/320; 4/236; 5/449  
 Митпуверт 5/993  
 Митчелла гипотеза 1/560, 561  
 Михаэлиса  
 комплекс 5/152–154  
 константы 2/690, 849; 4/150, 1268; 5/148, 154, 157  
 рН-функция 5/155  
 Михаэлиса-Беккера реакция 3/179, 180; 5/260, 276, 312  
 Михаэлиса-Ментен уравнение 5/154  
 Михаэлиса реакция 3/180, 181, 502, 555, 556, 604, 1079, 1229; 1/181, 391, 440; 2/105, 107, 112, 621, 642, 647, 733, 746, 889, 1081, 1275; 4/177, 529; 5/709  
 Михлера  
 гидрол 3/181; 5/648, 649  
 кетон 3/181, 572; 1/154, 238, 367, 530; 2/1057  
 Мицеллообразование 3/181, 182–184, 1163; 2/331, 1183; 5/153, 950, 973, 974  
 ассоциаты, см. *Мицеллы*  
 в системах, см. *Микромульсии*, *Мицеллярные системы*  
 и мощное действие 3/283, 284  
 и нефтеотдача пластов 3/1168  
 и ускорение реакций, см. *Мицеллярный катализ*  
 критическая концентрация 3/182, 183, 301, 302, 1163, 1166; 4/580; 5/394  
 Мицеллы 2/331, 332, 336, 395; 3/181–183, 301, 302. См. также *Мицеллообразование*, *Мицеллярные системы*  
 глобулярные 2/1266  
 обращенные 3/184–186  
 ПАВ 2/216, 331, 859, 1183; 3/162, 163, 181–186, 283, 284, 375, 1167, 1176; 4/20, 698–700  
 – и ускорение реакций, см. *Мицеллярный катализ*  
 с мембранными ферментами 2/395  
 функциональные 3/186  
 Мицеллярные системы 3/184, 185, 1162, 1163; 2/153, 155, 331, 332  
 и ПАВ, см. *Мицеллообразование*, *Мицеллы*  
 и ускорение реакций, см. *Мицеллярный катализ*  
 растворы 1/1001; 2/987, 1177; 3/185; 5/269  
 эмульсии, см. *Микромульсии*  
 Мицеллярный катализ 3/185, 163, 186; 2/661  
 «Мицубиси»-процесс 3/1070  
 Мицунобу  
 реагент 3/186, 187  
 реакция 3/186, 187; 4/1135  
 Мишера синтез 1/457  
 Мишметалл 2/1146; 3/410; 4/157, 435, 436, 571; 5/696  
 М-кислота 1/257  
 Мнелклофеноксат 1/441  
 Многоионное детектирование 5/629  
 Многоканальные формователи пучков 3/237  
 Многокомпонентные системы 3/187, 188, 189  
 водно-солевые 3/188; 4/353  
 диффузия 2/196  
 законы Коновалова 2/899  
 избирательность анализа 2/347  
 координаты Йенке 3/188; 4/358  
 разделение 2/161, 1039–1046; 4/458–461  
 расплавы 4/345, 346  
 растворы электролитов 4/375, 376  
 с азеотропизмом 1/68, 69  
 состояние, диаграммы 2/55, 56, 62–64; 4/358; 5/16, 97–99, 101  
 – критическое 2/1077  
 – параметры 3/885  
 – стандартное 4/818  
 эмульсии, см. *Микромульсии*  
 Многопараметрический вычислительный газовый анализ 1/917  
 Многоподовые печи 3/999, 1003  
 Многосторонние удобрения, см. *Комплексные удобрения*  
 Многофотонные процессы 3/189, 190, 191, 209, 239, 529; 2/5, 728, 1311; 5/331, 357  
 Многофункциональные материалы  
 присадки 1/286; 4/171, 174  
 смазки антифрикционные 1/345  
 – пластичные 3/1125, 1126  
 Многоцентровые связи 1/665; 2/919, 1172; 3/80, 82, 204; 5/463, 876  
 Многочастичные межмолекулярные взаимодействия 3/19–21  
 Многоядерные соединения 4/96–98  
 Мобилон 4/49, 50  
 Мобил-процесс 2/664  
 Мобильные гены 3/149–152  
 Мовенин 3/191, 192, 785; 1/76; 2/976  
 Мовилит 3/1223  
 Мовитали 3/1222, 1223, 1231, 1232  
 Модакриловые волокна 3/192  
 Модану 1/1027  
 Моделн(ь). См. также *Моделирование*  
 адаптивные 3/197  
 адсорбции 1/56–60; 2/688, 691, 692; 3/1159  
 атомных ядер 5/1033  
 биографически неоднородных поверхностей 2/691  
 Борна 4/374  
 векторная ЯМР 5/1026, 1027  
 вытеснения и перемешивания 1/1105, 1106, 1165  
 гармонического осциллятора 2/852, 853  
 Дебая 3/66  
 детерминированные 3/195–197, 1112  
 диффузионные 1/1106  
 Дрейлинга 3/227  
 заряженных твердых сфер 4/375  
 Каргина-Слонимского-Рауза 4/490  
 каркасные 3/227  
 квазикимические жидкостей 2/301  
 Кекуле-Вант-Гоффа 3/227  
 континуальные 4/408, 409  
 «Курто» 3/228  
 Лейтнера 1/56, 57, 59, 60; 2/688, 691, 692; 3/1159  
 массообмена 2/1302–1305  
 математические, см. *Математическое моделирование*  
 межмолекулярных потенциалов 3/20, 21, 390, 391, 468; 4/763  
 металлов 2/2  
 механических соударений, см. *Горячие атомы*  
 мицеллообразования 3/183, 185  
 молекулярные 3/227, 228, 229  
 Нернста 5/169  
 объемные 3/227–229  
 орбитальные 3/227  
 Оствальда-Веяля 3/947  
 растворов 4/367–369, 375  
 реактивного поля 4/749  
 Ребиндера-Щукина-Марголиса 4/137  
 решетчатые 4/829, 831  
 Сен-Венана 4/486  
 символические 3/322  
 скелетные 3/227  
 сольватации 4/748, 749  
 СРК 3/228, 229  
 статические 3/194, 195  
 стохастические 3/193, 194  
 структуры потоков в аппаратах 4/881, 882, 1245  
 Стюарта 3/228  
 Стюарта-Бриггеба 3/228, 229  
 топологические 1/1197–1201; 3/322  
 фармакокинетики 5/110  
 Физера 3/227  
 Фишера-Хиршфельдера-Тейлора 3/228  
 фоновных спектров 3/66  
 Фридмана 4/375  
 Хартли-Робинсона 3/228  
 Шведова-Бингама 3/947  
 Эйнштейна 3/66  
 Эйринга 3/947  
 «Эугои» 3/228  
 ячеистые 1/1106  
 Моделирование 3/192, 193–197; 5/194, 830. См. также *Модели гипотетических систем*  
 1/28  
 и масштабирование 2/1320, 1321  
 и оптимизация 3/197, 771  
 и теория подобия 3/193, 1183  
 – – растворов 4/367–369  
 математическое, см. *Математическое моделирование*  
 структура кристаллических 2/1054, 1055  
 – молекулярных, см. *Молекулярная динамика*  
 физическое 3/193  
 Моделии 5/1051  
 Модификации (реакции, перегруппировки)  
 Адамса 1/983  
 Айнхорна 5/786  
 «амидная» 2/1213, 1214  
 Бейера 2/9  
 Бена 5/369  
 Борше-Рида 5/370  
 Гельфериха 2/732  
 Дёбнера 2/813  
 Джонсона 4/536  
 Йейла 4/720  
 Киндлера 1/708  
 Кнёвенегеля 1/980  
 Корибьюма 3/33  
 Коупа 2/813  
 Ле Энаффа 4/760  
 Марассе 2/864  
 Мартни 2/810  
 Меервейна-Поиндорфа-Верлея 3/11  
 монотропные 4/24  
 Нейшкого 5/369  
 Ольфоро 3/966  
 Перрье 5/369  
 полиморфные 2/1025–1027; 4/23, 24, 105  
 полиотопные 4/23, 24, 45, 46  
 Роднонова-Кравченко 4/536  
 Стефена 4/539  
 Тимана 5/793  
 Титова 2/900  
 Фиттига 1/869; 3/966  
 Хинкеля 1/983  
 Хуанг-Мицлона 2/751  
 Шрёдера 2/732  
 энантиотропные 4/24  
 Модифицирование (изменение видов, свойства, состояния) 5/208, 629, 824, 834  
 адсорбентов 1/884  
 алкалоидов 2/171, 172  
 белков 3/197, 198–200; 1/475–482, 1012; 2/395, 857; 4/1231; 5/818  
 бетонов 3/1169  
 ДНК 4/510, 276, 509. См. также *Мутагены*, *Мутации*  
 древесины 3/200, 201  
 канифоли 2/602  
 катализаторов 4/193  
 клеев 2/799, 801–804, 807–809  
 крахмала 2/989  
 кронов 2/1079  
 латексов 2/1149, 1150  
 люминофоров 2/1228  
 металлов и сплавов 1/208; 2/257, 1154  
 нуклеозидов 3/173, 175, 595–597  
 олигомеров 3/743  
 пигментов 3/1012  
 пластичных смазок 3/1126  
 поверхностей 2/321, 1183; 3/240, 1101; 4/172  
 полимеров, см. *Модифицирование полимеров*  
 при зарождении новой фазы 2/319; 5/323  
 резин 2/286  
 ферментов 2/395; 4/430  
 целлюлозы и ее эфиров 2/629; 4/196  
 электролов 5/842, 847  
 Модифицирование полимеров 3/201, 153, 72, 110, 202, 203, 282, 445, 646, 1194, 1197, 1198, 1221, 1264; 1/151–153, 650, 1209; 2/206, 285, 868, 1014, 1015; 4/20, 23, 81, 87, 90, 166, 167, 169, 734, 870, 918, 1000, 1002, 1088, 1090; 5/22, 72, 73, 134, 137, 138, 236, 256, 358, 430, 660  
 введенном реагентов, см. *Наполненные полимеры*, *Пластификация полимеров*, *Стабилизация полимеров*  
 радиационное 4/291, 293  
 структурное 3/201, 202. См. также *Ориентированное состояние полимера*  
 химическое 3/201–203. См. также *Вулканизация каучуков*, *Деструкция полимеров*, *Отверждение полимеров*, *Полимераналогичные превращения*  
 Модмор 5/49  
 Модуль(и)  
 Вейбулла 2/903  
 диффузионный 5/156  
 кремнеземный 4/834, 841, 842  
 напылительные 3/335  
 сдвига 4/663  
 Тиле 5/156  
 упругости 3/1121; 4/441, 663, 888, 998. См. также *Юнта модуль*  
 Мозаичные структуры, см. *Структурообразование*  
 Моли закон 3/955  
 Мозольная жидкость 4/569  
 Мойветоксин 5/1036  
 Мокрые методы (процессы)  
 анализ жидкостей и растворов 2/709  
 атмосферная коррозия 1/401  
 газоцистка 1/898, 899, 902, 931  
 изменение 2/351, 358  
 приготовления удобрений 2/870  
 тушения кокса 2/841, 842  
 Мокрые устройства  
 газгольдеры 1/876, 877

- пылеуловители 4/282, 283, 286  
термометры 1/756, 906; 2/542; 3/1185
- Моксэстрол 5/972
- Молекулы 3/203, 204–210  
ансамбли 4/858  
ахиральные 5/538  
вес 3/216, 217  
взаимодействия, см. *Межмолекулярные взаимодействия*  
волновые функции, см. *Волновые функции*, *Шрёдингера уравнение*  
волчковые 1/758, 759, 834–836  
вращение, см. *Внутреннее вращение молекул*  
графы 1/1197–1200  
динамика, см. *Динамика элементарного акта*, *Молекулярная динамика*  
диссоциация 2/158, 529  
дифильные 2/331; 3/1160; 4/127  
диффузия 1/60; 2/164, 1298–1300; 3/39, 214, 215  
жесткие 1/834; 3/391–393  
и атомы, см. *Атомы*  
идентификация 2/345, 346. См. также *Молекулярный анализ*  
изоморфизм 2/370, 371  
изотопозамещенные 2/387, 388, 392, 393  
интегралы 3/222, 223, 390, 468; 1/925, 1066; 2/723, 1210; 4/119, 120, 122  
ионы 2/1252, 1309–1311; 3/204, 346. См. также *Ионизация*, *Ионизирующее излучение*  
как спиральные проводники 1/619  
комплексы, см. *Молекулярные комплексы*  
конфигурация, см. *Конфигурация молекул*  
конформации, см. *Конформации молекул*  
кристаллы, см. *Молекулярные кристаллы*  
линейные 1/834, 835  
малые 5/364  
масса, см. *Молекулярная масса*  
материнские, см. *Горячие атомы*  
механика, см. *Молекулярная механика*  
модели 3/227, 228, 229  
моменты, см. *Дипольные моменты*, *Квадрольные моменты*  
монослой, см. *Мономолекулярный слой*  
напряжение 3/330, 331–334; 1/142; 2/909, 910; 4/76; 5/719, 721, 725, 732, 739, 744  
нежесткие 3/391, 207, 392–394, 468; 1/836; 2/98, 729, 925, 1223; 4/46, 691, 1215; 5/701, 702  
неполярные 2/142, 147  
орбитали, см. *Молекулярные орбитали*  
перегруппировки, см. *Молекулярные перегруппировки*  
полимеров, см. *Макромолекулы*, *Молекулярная биология*  
политопные 3/392, 393  
полужесткие 3/392  
поляризуемость 2/147, 865–867; 3/209; 4/124–126  
полярные 4/126, 124, 125, 127; 2/140–143, 912, 913; 3/18–20, 22; 5/462  
потoki в вакууме, см. *Молекулярных лучей метод*  
превращения, см. *Ионно-молекулярные реакции*, *Реакции химические*  
преддиссоциация 4/159, 160, 161; 2/728  
прекурсоры 1/1053
- присоединение воды и растворителя, см. *Гидратация*, *Сольватация*  
радиационные характеристики 2/726, 727  
прохиральные 5/538  
реакционная способность 2/724  
силовая постоянная 2/852  
симметрия, см. *Симметрия молекулы*  
состояние(я) виртуальное 2/865  
– возбужденные, см. *Возбужденные состояния*  
– квазисвязанные 3/206  
– квантовые, см. *Квантовые состояния*  
– метастабильные, см. *Метастабильные состояния*  
– сверхвозбужденные 2/501  
– статистическая сумма 4/827, 828  
спектры, см. *Вращательные спектры*, *Колебательные спектры*, *Молекулярные спектры*, *Электронные спектры*  
средство к электрону 4/813, 814  
столкновения, см. *Столкновения теория*  
структура(ы) 3/206–210  
– геометрия 2/188–191  
– изображение, см. *Формулы химические*  
– пространственная и скорость реакции, см. *Динамическая стереохимия*  
– –, соответствие, см. *Комплементарность*  
– резонанс 4/446, 447  
топология 2/906; 4/1214, 1215  
«узнавание» 3/787, 791, 792  
хиральные, см. *Хиральность*  
электронная корреляция 2/904, 905  
– плотность 1/1066  
электроотрицательность 4/153  
энергия 1/665–667, 759, 760; 3/219; 5/461, 641, 645–650  
– уровни 2/328–330, 852–855. См. также *Вырождение энергетических уровней*
- Молекулярная биология 3/210, 211, 212, 594; 1/559
- Молекулярная генетика 3/211; 4/1242–1244
- Молекулярная динамика 3/213; 2/125, 126, 301, 859; 4/367, 408, 829, 832; 5/71, 72, 475
- Молекулярная масса 3/215, 204, 216  
определение 2/293, 1033; 5/800  
полимеров 3/217, 204, 218, 219, 827, 1232, 1256–1258, 1266; 2/703, 1263, 1268; 4/307, 488, 514; 5/226, 425, 426. См. также *Молекулярно-массовое распределение*  
регуляторы 3/827, 1253
- Молекулярная механика 3/219, 220, 330, 786  
и конформации молекул 2/910, 911  
и молекулярная динамика 3/213  
полуэмпирические методы 4/120  
твердофазных реакций 4/412
- Молекулярная постоянная магнитного вращаения 5/108
- Молекулярная спектроскопия. См. также *Молекулярные спектры*  
инфракрасная, см. *Инфракрасная спектроскопия*  
лазерная 2/1120, 1121  
микроволновая 3/157, 158; 4/334, 884  
оптическая 3/220, 209  
поглощения, см. *Спектрофотометрия*  
ультрафиолетовая, см. *Ультрафиолетовая спектроскопия*  
фотоэлектронная, см. *Фотоэлектронная спектроскопия*
- Молекулярная теоретическая тарелка 2/164, 165
- Молекулярная теория растворов 4/367–369
- Молекулярная топологическая форма 2/906
- Молекулярно-динамические эксперименты 3/213
- Молекулярно-диспергированные ПАВ 3/1162, 1163
- Молекулярно-ионная таутомерия 1/784
- Молекулярно-лучевая эпитаксия 2/452–454; 3/335
- Молекулярно-дисперсное распределение 5/176
- Молекулярно-массовое распределение 3/220, 204, 218, 221, 742, 1093, 1115, 1256, 1258, 1266; 2/299, 703, 859, 1263; 4/308, 488, 661; 5/226, 425, 813, 815, 817
- Молекулярно-пучковая эпитаксия 4/113, 116
- «Молекулярное узнавание» 3/787, 791, 792
- Молекулярность реакции 3/221, 222; 4/415
- «Молекулярные болезни» 3/212
- Молекулярные графы 1/1197–1200
- Молекулярные жидкости 2/300; 3/208, 427; 5/860
- Молекулярные интегралы 3/222, 223, 390, 468; 1/665–667, 1066; 2/723, 1210; 4/119, 120, 122; 5/876
- Молекулярные ионы 2/1309–1311, 1314, 1316; 3/204, 346; 5/863, 869
- Молекулярные комплексы 3/223, 18–20, 33, 124, 125, 170, 205, 224–226, 354, 365, 560, 653, 675, 677, 685, 751, 787, 1044–1046, 1081, 1129; 2/236, 1089, 1090, 1130, 1172; 4/1107, 1122, 1153; 5/115, 475. См. также *Водородная связь*  
графитсодержащие 1/1193  
и комплементарность 3/211  
интеркалаты 2/477; 3/394, 395  
как гетерокристаллы 3/226  
как интермедиаы 2/478  
кислот и оснований 2/774  
кластеры 2/793–797  
клатраты 2/798; 799; 3/224  
органические металлы 3/100  
– полупроводники 4/108  
полигазогеннды 3/1237  
разделение 2/1043, 1044  
реакции, молекулярность 3/221  
резонансные, см. *Эксимеры*  
рионгалит 2/1095  
с переносом заряда 4/108; 5/546  
хингидрон 3/134  
холестерина 5/589  
эксимеры 5/811, 812  
эксиплексы 5/811, 812
- Молекулярные кристаллы 3/225, 66, 68, 226, 227, 427, 1145; 1/783; 2/920, 1055, 1056, 1063, 1069, 1239; 4/23, 108, 411–444, 1005; 5/1057
- Молекулярные модели 3/227, 228, 229
- Молекулярные насосы 3/343, 344
- Молекулярные орбитали 3/780–783, 788  
валентные 2/794; 3/237  
взаимодействия и конформационные эффекты 2/911, 912  
– – сопряжение связей 4/767  
виртуальные 3/233  
возмущения, см. *Возмущения в системах*  
граничные, см. *Граничные орбитали*  
занятые 3/233, 234  
и атомные орбитали 3/234, 235  
и комплексы 3/224, 225  
– – переходных металлов 3/82, 83  
и мультиплетность 3/288
- и поле лигандов 4/121, 122  
и цветность органических соединений 5/646–650  
интегральные выражения, см. *Молекулярные интегралы*  
канонические 3/233, 234  
кластеров 2/794  
корреляционные диаграммы 1/842, 843; 3/235, 236  
локализованные 3/236, 237, 390, 781–783; 5/876  
мезомерных систем 3/29  
методы 3/231, 225, 232–237, 391, 468, 667, 778, 787, 893; 1/667, 682, 1066, 1186; 2/722, 726, 794, 831, 904, 905, 919, 983; 4/119, 120, 576; 5/461, 462, 642–644, 883  
– вариационный 1/681, 682  
– и спин 4/790  
– и теория резонанса 4/447  
– полуэмпирические 3/235  
– приближенное 3/237  
– – линейное, см. *ЛКАО-приближение*  
– – одноцентровое 2/1211  
– – π-электронное 3/236  
– самосогласованного поля 3/233–236  
– функционалов электронной плотности 3/236; 5/869  
– Хартри–Фока 3/233–236  
– Хюккеля 3/223, 235; 5/644  
модели 3/227  
натуральные 5/875  
несвязывающие 3/781, 965; 5/648, 649  
перекрытие 4/120, 418  
разрыхляющие 2/794, 912; 3/781, 782; 4/422  
связывающие 2/918, 919; 3/781, 782, 965; 4/420  
симметрия 2/127, 129, 724; 3/227, 235, 236, 964; 4/744  
энергии 3/233, 235
- Молекулярные перегруппировки 3/938; 2/628. См. также *Миграция атомов и их групп*, *именные перегруппировки*  
некатализуемые, см. *Сигматронные перегруппировки*  
нуклеофильные, см. *Ванера–Меервейна перегруппировки*  
сопряженных систем, см. *Электроциклические реакции*  
электрофильные 3/938, 939
- Молекулярные процессы  
адсорбция 1/59, 60  
дистилляция 2/164, 165, 916  
диффузия 1/60; 2/164, 165, 195, 197–200, 541, 1256, 1257, 1259, 1260, 1298–1300; 3/39, 214, 215; 4/261; 5/29–31, 497  
перегруппировки, см. *Молекулярные перегруппировки*  
перенос дисперсной фазы 2/153, 155  
– к поверхности испарения 2/164  
ректификация 4/458  
фотолюминесценция, см. *Фотолюминесценция*
- Молекулярные сетки 3/215
- Молекулярные сита 1/890, 928; 2/27, 339, 504, 1057; 5/680, 681, 977, 980, 996
- Молекулярные соединения, см. *Молекулярные комплексы*
- Молекулярные спектры 3/229, 230; 4/789; 5/64, 645  
абсорбционные, см. *Абсорбционная спектроскопия*  
вращательные, см. *Вращательные спектры*  
и поляризуемость молекул 2/853–855; 3/229

- и состав веществ, см. *Молекулярный анализ*, *Спектральный анализ*  
и состояние системы, см. *Квантовое состояние*, *Квантовые переходы* и цветность соединений 5/646–650  
колебательные, см. *Колебательные спектры*  
люминесцентные 2/1221, 1222; 3/230  
мёсбауэровские 3/64–68, 229, 230  
рамановские, см. *Комбинационного рассеяния спектроскопия*  
рентгеновские, см. *Рентгеновская спектроскопия*  
сверхтонкие структуры 4/587, 588  
электронные, см. *Оже-спектроскопия*, *Фотоэлектронная спектроскопия*, *Электронные спектры эмиссионные* 4/775–780  
ЭПР, см. *Электронный парамагнитный резонанс*  
ЯКР, см. *Ядерный квадрупольный резонанс*  
ЯМР, см. *Ядерный магнитный резонанс*
- Молекулярные флюиды**, см. *Растворы электролитов*
- Молекулярные формулы** 5/237, 238  
**Молекулярный анализ** 3/230, 231, 794, 797; 1/292; 2/709, 712, 855; 4/775; 5/497
- Молекулярный вес** 3/216, 217
- Молекулярных пучков метод** 3/237, 21, 140, 141, 238–240, 255, 421; 1/548; 2/124, 754; 4/871
- Молибдаты** 3/240, 166, 241, 242, 244, 575; 2/223, 436, 996; 4/359
- Молибден** 3/242, 243–245, 849; 1/550, 768, 1015; 4/333, 561; 5/54, 142, 208, 937  
бориды 1/583, 584; 3/243  
галогениды 3/245, 79, 243, 244, 246, 247, 251; 1/820, 953, 1193; 4/1138; 5/16, 389, 730  
интервалты 2/477  
интерметаллиды 1/331, 383; 2/479, 484; 4/584  
карбиды 2/260, 624, 625, 736; 3/243, 244; 4/1009  
карбонат 3/1001  
кластеры 2/792, 793  
нитрид 3/243, 509; 4/584, 1009  
оксиды 3/247, 103, 241, 243–246, 248, 372, 388, 947, 1069; 1/438, 662–664, 666, 1089; 2/26, 477, 672, 675, 676; 4/685, 835, 1008, 1010, 1202; 5/199, 217, 223, 943  
определение 1/284, 336, 505, 670, 745, 1061; 2/139, 183, 205, 442, 709, 710, 731, 838, 1010, 1011, 1104, 1231; 3/63, 169, 244, 245, 366, 503, 504, 969, 1044; 4/207, 397, 1126, 1147, 1165; 5/118, 128, 379, 635  
органические соединения 3/251, 62, 79, 84, 103, 104, 203, 243, 246, 251, 252, 629, 875; 1/169, 262, 364, 365, 432; 2/69, 174, 374, 641, 792, 793, 873, 923, 984, 1035, 1170; 4/1201; 5/332, 721, 725  
пероксокомплексы 3/975  
полимеры 5/617  
получение 1/869, 1104; 2/84, 519; 3/4, 244, 245, 412, 637, 1068–1070; 4/560, 561; 5/205, 210, 833, 854, 923  
применение 2/250, 670, 878, 949; 3/71, 73, 74, 241, 245; 4/139, 142, 835, 1098, 1113, 1202; 5/186, 658, 730, 926. См. также *Молибденовые удобрения*  
свойства 1/315, 508, 1020, 1060; 2/667, 670, 671, 767, 924; 3/74, 79, 80, 97, 242–244, 257, 503, 504, 624, 889, 890, 955, 958, 1093; 4/193, 431, 723, 813, 1008, 1009; 5/20, 124, 141, 681, 928  
селенит 3/243; 4/619; 5/925  
спиллиды 2/734; 3/243, 248, 498; 4/684, 685  
сини 3/244  
сплавы 3/248, 15, 241, 244–246, 249, 482, 483, 497, 498, 825, 890; 1/618, 819–821, 977, 987; 2/249, 250, 257, 260, 261, 263, 320, 548, 625, 736, 737, 827, 828, 948, 949, 1154, 1241, 1283; 4/467, 584, 685, 708, 712, 984, 1008, 1174, 1180, 1181; 5/80, 81, 618, 766, 895  
сульфиды 3/249, 76, 242–245, 250, 277, 1126, 1207; 1/343–345, 1195; 2/26, 477, 601, 663, 666, 675, 709, 797, 1055, 1056; 4/46, 64, 172, 585, 725, 1007, 1008, 1023, 1116, 1157, 1247; 5/69, 371, 896, 925  
халькогениды 3/243. См. также *Шверрёля фазы*  
цианиды 5/703  
Молибденит 3/164, 242, 250; 4/464, 1008  
Молибденовые кислоты 1/1060, 1061; 3/240, 244, 245. См. также *Молибдаты*  
Молибденовые удобрения 3/250, 160, 161, 241, 242, 250; 1/451; 2/870  
Молибдид 2/263; 3/242  
Молибдокофактор 3/503, 504  
Молизит 2/267  
Молниат 1/1030  
Молископиды 3/252, 994; 2/473; 4/247  
Молозониды 3/659  
Молоко  
ароматизаторы 3/1089  
безлактозное 2/464  
белковая фракция, см. *Казеин*  
жирность 2/306–309, 619; 3/1147  
известковое 1/902; 2/585, 835, 1334; 3/859; 4/202; 5/560, 959, 996  
как эмульсия 5/949  
кислое 3/786  
крахмальное 2/989  
Молотая известь 2/349, 350  
Молотковые измельчители 2/352, 353; 4/139, 180  
Молочная кислота 3/252, 57, 253, 570, 613, 700, 708, 786, 1089; 1/558, 609, 736, 1135, 1136, 1153, 1156; 2/452, 640, 742, 806, 989, 1140; 4/199, 299, 390, 904, 943; 5/39, 149, 160, 582, 583  
Молочное стекло 4/837, 838  
Молочнокислосое брожение 1/609; 3/252, 253  
Молочный сахар 3/572  
Молсидомин 3/29  
Мольтоплен 2/998  
Мольность 2/915; 3/216; 4/362, 365  
Мольярного свойства метод 5/173  
Мольярность 2/915; 4/362, 365; 5/803  
Мольярные величины  
вес 3/216  
концентрация, см. *Мольярность*  
масса 3/216; 5/803  
рефракция 2/207; 4/125, 126  
термодинамические, см. *Парциальные мольярные величины*  
Мольярный раствор 2/915  
Моменты  
дипольные, см. *Дипольные моменты*  
квадрупольные 2/712, 330, 713, 714, 727; 3/67, 158, 468; 5/1023, 1032  
квантовых переходов 2/727  
количества движения, см. *Спин*  
магнитные, см. *Магнитные парамеры*  
мультипольные 2/147  
орбитальный (угловой) 2/721
- Момодрин 5/1051  
Монацит 1/875, 1002, 1021, 1156; 2/156, 243, 544, 1145; 3/409; 4/156, 434, 435, 570, 1218; 5/23, 281, 694, 965  
Монель-металл 2/1206; 3/482; 5/903  
Монесин 2/522, 523  
Монжусы 3/339  
«Монолиформин» 3/724  
Мониторинг 4/337, 338  
Моноаминоксидазы 3/253, 254, 725, 1032; 1/260, 261, 269, 325, 341; 2/1160; 4/269, 524, 654, 695, 742  
Монобактамы 2/1136  
Монодисперсный продукт 2/1049  
Монокристаллы 1/462, 584, 814, 1190, 1191; 2/1026–1028, 1043, 1064; 3/97, 1070; 4/994; 5/893  
акустические 1/136–138  
анализ 2/189, 190; 4/472, 474  
выращивание 3/254, 93, 255–258, 415, 421, 500, 777; 1/1110; 2/53, 112, 222, 223, 319, 452, 453, 598, 1008, 1009, 1049, 1064, 1070; 4/111, 112, 114, 117, 346, 586, 681, 685, 951, 1024, 1031; 5/497, 503, 516, 755, 898  
градиентные 3/776  
дилатансия 2/112  
как пирозлектрики 3/1078  
как полупроводники, см. *Полупроводниковые материалы*  
как пьезоэлектрики 4/284  
как сверхпроводники 4/586  
как сегнетоэлектрики 4/608  
как скантителлы 2/1228  
как тонкие пленки 3/335  
легирование 4/114–117  
механические свойства 3/144  
монохроматоры 3/404  
нитридные 3/499, 500, 501  
оптические 3/773–777  
органические металлы 3/100  
структурные дефекты 4/117, 118  
химическое травление 4/1223, 1224  
Монокрофос 2/472  
Мономеры 3/257; 1/857–860; 4/763–766  
анализ 2/299  
виниловые 1/716  
и мицеллообразование 3/183, 186  
и модифицирование полимеров 3/203  
и олигомеры 3/742, 743  
иницирование, см. *Инициаторы радикальные*, *Катализаторы полимеризации*  
как клен 2/799  
комплементарность, см. *Матричный синтез*  
M-1 1/722  
поликонденсация 3/21, 1254, 1255  
полимеризация 3/1265, 1266  
реакционноспособные, отверждение 3/838–840  
фурфурол-ацетоновый 3/1204  
эффективное сопряжение 3/1225  
6 1/994, 995  
Мономицелл 1/246; 3/1058  
Мономолекулярные реакции 3/257, 222, 258–260; 1/1216; 2/123, 125, 753, 755, 851  
граничные орбитали 1/1186  
дегидрогалогенирование 2/13, 14  
замещение 2/314; 3/602, 603; 4/416, 802; 5/904  
и конкурирующие реакции 2/898  
квантовый выход 5/350  
кинетика 2/902; 3/428, 429  
механизмы 3/143  
несогласованные 5/365  
нуклеофильные 2/128, 314; 3/602, 603; 4/416, 802
- правила пространственные 2/128, 129  
– стереоэлектронные 2/130  
присоединение 4/416  
рацемизация 2/128  
твердофазные 4/413  
теория столкновений 4/871  
фрагментация 5/365  
электрофильные 2/128, 314; 4/416; 5/904  
элиминирование 5/939  
Мономолекулярный слой 3/260, 261, 1160, 1162; 1/56; 2/148, 858–860  
Моноити 3/261, 262, 263, 328, 1204, 1236; 1/802, 806; 4/27, 88–90, 846; 5/233, 390  
Монокисленаты 2/241, 242, 604; 3/697  
монофенол 3/271, 272  
Монопленки, см. *Пленки полимерные*  
Моносахариды 3/263, 264–271, 286, 287, 594–601, 621, 746–749, 896, 1025; 1/198, 232, 979, 980, 1100–1103, 1140, 1154–1156; 2/364, 658–660, 1162, 1163, 1189–1191, 1278; 4/34–38, 215, 381, 903, 920; 5/37–39, 114, 124, 197, 271, 308, 373, 995  
альдозы 1/221, 222, 652; 2/364, 732, 752, 1211; 3/263–265, 267, 268, 614–616, 621, 656; 4/1228  
аминсахара 1/263, 264; 5/37  
«восстанавливающая способность» 3/267  
дезоксисахара 2/20, 21; 5/37  
дистереомерные 2/368; 5/957  
как кетоны 2/747  
как необязательные заместители 2/1196, 1197  
кетозы 1/222, 652; 2/364, 733, 969, 1211; 3/263–265, 267, 614–616, 621, 656  
метаболизм 3/614–616, 621  
метилловые эфиры 4/37  
мутаротация 3/298; 4/392; 5/37  
озоны 3/656  
узильные цепи 2/752; 3/708  
уроновые кислоты 5/92, 37, 93  
формулы Фишера 5/607
- Моноосадиения  
алканоламиды 5/949  
алканоламины 2/83  
алкилбензолы 3/936  
алкилгидразины 1/1072–1075; 4/392  
алкилнафталинсульфокислоты 3/375, 376  
алкисульфаты 5/207  
алкилфенолы 1/156, 163, 164  
алкилфосфаты 1/164, 165; 3/1164; 5/254  
алкилфосфиты 5/268  
N-аминопиридина соли 3/1043  
арил-н-безохиноны 3/9, 10  
арилфенолы 1/156  
арилфосфиты 5/268  
ацетилярилены 4/62  
ацетины 1/1145  
ацилглицеролы 2/1184  
ацилглицерофосфаты 5/244  
бензоилдиаминоацетилены 2/78  
бораты 1/580, 581  
бутилламины 1/641, 642, 648  
бутилнафталинсульфонаты 3/376  
вобфраматы 1/821, 822  
галактозилдиацилглицеролы 3/49  
галлаты 1/935  
галогеналканы 1/959  
галогеналкены 1/956  
галогенаминоацетилены 1/244  
галогенгидриды 1/1146  
галогенкарбены 5/20  
гидроксиацетилены 3/524  
гидроксинафтохиноны 3/705–707  
гидроксилиридины 3/708–710

- гидрополифторалканы 3/981; 5/409  
гликозилдиплицериды 1/1131  
гликозилцерамиды 1/1139, 1140  
глим 1/1140  
глицериды 1/1085, 1144, 1145;  
2/303, 304, 306, 1188  
дезоксирибонуклеотиды 3/1241  
изопропаноламин 2/378, 379  
изонанаты 2/401  
нодтирозин 1/340  
кальцийфосфат 2/937  
кислоты (а) алкилсалициловые  
4/175  
– гидроксibenзойные 3/692, 693  
– карбоновые 1/249, 1063; 2/415;  
3/617–621, 623, 658, 1163  
– пероксинультовая 3/975  
– пероксифталевая 1/520  
– пероксосерная 2/570; 3/974  
– пероксофосфорная 3/974  
– тиоугольные 2/213; 4/1152–1154  
– фторлимонная 5/410  
– фторуксусная 5/410, 411  
– фторфосфорная 5/408  
– фторпропионовая 5/582, 583  
– хлоруксусная 1/289, 956, 1029,  
1077; 2/441, 634, 1275; 3/1206;  
5/13, 15, 584–586, 668, 986, 987  
красители, азокрасители 1/81–83,  
149–151, 438  
– азетиновые 3/130, 131  
– метиланилиновые 3/130, 132;  
5/650  
– оксазиновые 3/675, 676  
– хлорцетиламидные 1/129  
– хлортриазинные 1/128  
лаурин 1/1145  
метилдипиннат 4/607; 5/903  
метиланил 3/106–108  
метиларсин 3/308, 314  
метиллизин 3/176  
метилмуконат 1/533  
метилнафталин 3/116, 117  
метилолмеламин 3/35  
метилпирридин 3/1019, 1020  
метилсукцинат 5/1058  
метилфенилгидразон 1/505  
метилформамид 2/121  
нитрилы 2/417; 5/707  
нитроалканы 1/1184  
нитроанилины 3/523  
нитроантрахиноны 3/524, 525  
нитромеламины 3/34  
нитротолуолы 2/126; 3/559–561  
нитрофенотолы 3/561, 562  
нитрофенолы 3/562  
нитрохлорбензолы 3/565, 566  
олеинфосфат 4/172  
пропиланил 1/175  
пропиленгликоли 4/31  
стеарин 1/1145  
тиоглицерин 2/1311  
тиофосфаты 4/1162  
терпены 1/342; 2/283, 284, 457;  
3/59; 4/1090–1092; 5/438, 1005,  
1042  
тиотрициклофосфаты 5/253  
уранаты 5/83  
фенилгидразоны 1/419; 2/85  
фосфатнуклеотиды 5/268  
фосфаты 5/246  
фосфонитозид 5/271  
хинонины 1/532  
хлорамин 1/770; 2/19, 113, 117;  
5/557  
хлордиметилгидантонин 2/18  
хлоркислоты 5/565, 566  
хлорорганосиланы 3/804, 807  
хлорпропан 4/194  
хлорсульфамиды 4/924  
хлорсульфонил 4/926  
хлортолуолы 5/583  
хлорфенолы 5/141, 587, 588  
хлорэтилен 1/722–724  
хлорэтиленкарбонат 2/638  
циклоалканы 4/1074  
этаноламиды 3/685, 686; 4/696, 697;  
5/973, 974  
этаноламин 1/5, 8, 9, 13, 865, 902,  
932; 2/9, 212; 3/1029; 4/85, 1127;  
5/973–976, 981, 987, 989, 991, 993  
этиламинофенол 2/1083  
этиламин 5/977–979, 995  
этилфталат 2/215  
эферы алкилполиэтиленгликолевые  
1/164  
– виниловые 1/644, 717  
– галогенуксусные 2/75  
– канэтиловые 1/1134  
Моноклеточные превращения 2/61;  
5/101  
Монотропия 4/24  
Монофенолмоноксигеназы 3/271,  
272  
Моноэлектроты 5/836  
Монтан-воск 1/565, 825–827  
Монтанин 1/223  
Монтбрейт 2/334  
Монтежу 3/339  
Монте-Карло метод 2/301; 3/214, 215;  
4/367, 408, 749, 829, 832  
Монтепонит 2/551, 556  
Монтмориллониты 1/1035, 1141;  
2/153, 679; 3/284, 837, 992; 4/131,  
724  
Монурон 1/1030, 1031; 5/559  
Мондоцитин 4/561  
Мооса шкала 3/166; 4/999  
Моплен 3/1139; 4/30, 31  
Мора  
веса 3/1148  
метод 1/362  
соль 2/264; 5/610  
Мора–Вестфала веса 3/1148  
Мора–Кулона условие 4/136, 137  
Моранит 4/225, 226  
Морганит 2/222  
Мордениты 1/797; 2/676; 5/679–681  
Моренне 2/994, 995  
Моренозит 3/485  
Моржовый жир 3/302  
Морнамин 2/1078  
Морин 3/272; 1/209, 336, 537; 2/445,  
1217, 1218; 4/397  
Морозостойкость 3/272, 273  
гидравлических жидкостей 2/310  
полимеров 2/706, 708; 3/1116, 1118  
резин 1/631, 634, 637; 4/442–444;  
5/639  
смазок 1/345; 3/1125, 1126  
Морокумы классификация 3/225  
Морса (Морзе)  
осцилляторы 3/391, 392  
потенциалы 3/20, 468; 4/120, 121  
Морская вода 1/630, 971, 976, 1021,  
1109; 2/23, 292, 320, 321, 323, 799,  
895, 947, 948, 1043, 1171, 1246,  
1250; 3/4, 273, 274, 347; 5/744  
Морская коррозия 3/273, 274; 2/956,  
1333; 5/908  
«Морская система», см. *Гальвургия*  
Морские материалы  
латунь 2/1331  
смазки 3/1125, 1126  
соль 2/19  
Моруксид 4/240, 241  
Морфазинамид 4/241, 242  
Морфин 3/274, 275, 765, 766, 1030;  
1/144, 296, 297, 359, 415; 2/91, 835;  
4/425; 5/117, 1041, 1053  
Морфинановые алкалоиды 3/274, 275,  
276; 5/117  
Морфолифтабензотиазол 1/846  
Морфолины (ы) 3/275, 276, 706, 759,  
796, 1021, 1164; 1/140, 222, 265,  
708; 2/202, 245; 4/234, 501, 872;  
5/419, 422, 559, 709, 1000  
2-(4-Морфолино)бензотиазол 3/62  
Морфотропия 3/276; 2/1064  
Морфотропные переходы 3/276  
Морфоциклины 4/1110  
Мостиковые соединения 1/140, 313,  
606, 607, 950, 954, 955, 1060, 1092,  
1181; 2/109, 110, 130, 337, 598–600,  
621, 641, 795, 824, 919, 926, 927,  
932–934, 985, 1035–1037, 1055,  
1082, 1147, 1236, 1237, 1288; 3/331–  
333, 1209; 4/76, 80, 81, 211, 349, 476,  
494, 580, 581, 651, 675, 678, 737, 738,  
761, 763, 874, 928, 933; 4/61, 138,  
529, 595, 596, 641, 976, 991; 5/135,  
136, 391, 408, 430, 441, 463, 563, 610,  
703, 719, 734, 742–745, 764  
Моторные масла 3/276, 285, 441–448;  
4/726  
автолы 1/19  
всесезонные 3/277  
газотурбинные 1/921, 922; 2/900;  
3/276  
дизельные 2/595; 3/277  
доочистка 3/968  
загущенные 2/310; 3/277  
карбюраторные 3/277  
присадки, см. *Присадки к смазоч-  
ным материалам*  
Моторные топлива 3/277, 278, 373,  
378, 441–449; 1/334, 650, 668, 991,  
998, 1023, 1058–1061, 1089; 2/1005,  
1251; 4/702, 705, 1101; 5/199, 994  
авиационные, см. *Авиационные неф-  
тепродукты, Реактивные топ-  
лива*  
автомобильные, см. *Автомобильные  
нефтепродукты, Дизельные топ-  
лива*  
газотурбинные 1/922; 2/1005; 3/278  
детонационная стойкость, см. *Анти-  
детонаторы моторных топлив*  
котельные, см. *Котельные топлива*  
и нефтяные, см. *Альтернативные  
топлива*  
присадки, см. *Присадки к топливам*  
сгорание, вредные выбросы 4/1210  
Моторный метод детонационных ис-  
пытаний 3/725, 726  
Мотри 2/342  
Моттрамит 1/672  
Моуленсит 5/144  
Мочевая кислота 3/279, 290, 613, 622;  
1/188, 196, 455, 558, 1068; 2/966,  
1084; 4/274, 275, 524; 5/150, 151,  
197, 217, 702, 916  
Мочевина(ы) 3/280, 279; 5/52. См.  
также *Карбамид*  
гидроперит 3/971, 974  
гидрохлорид 4/935  
и биурет, смесь 4/134  
метаболизм 1/1097; 3/612, 619, 620,  
622. См. также *Орнитинный цикл*  
определение 1/681; 2/423; 3/281;  
5/149–151, 916  
пергидрат 3/284  
получение 1/1210; 2/402, 591, 1214;  
3/281, 1144; 4/1141; 5/44, 45, 47,  
238, 701, 704  
применение 1/478, 1030, 1031;  
2/181, 290, 776, 869, 870; 3/201,  
281, 646, 905, 911, 1125; 4/1013;  
5/200. См. также *Мочевина-форм-  
альдегидные материалы*  
свойства 1/252, 270, 276, 277, 455,  
558, 566, 682, 683, 1071, 1142,  
1184, 1209; 2/82, 119, 183, 232,  
340, 402, 404, 405, 573, 619, 620,  
629, 1010, 1084, 1097, 1180, 1275;  
3/34, 35, 38, 171, 172, 281, 282,  
506, 511, 572, 727, 772, 870, 911,  
1044, 1050, 1051, 1232; 4/25, 397,  
507, 568, 622, 652, 653, 895, 899,  
900, 999, 1102, 1139, 1140, 1169,  
1203; 5/83, 84, 88, 119, 129, 137,  
200, 218, 222, 236, 238, 239, 378,  
381, 382, 385, 605, 702, 707, 708,  
975, 986, 1015  
соединения включения 2/798, 799;  
4/391, 392  
– N,N'-дизамещенные 2/1107  
– комплексные 2/18, 19, 1215;  
3/347; 5/560  
– силильные 3/804  
– сульфониловые, см. *Сульфонил-  
мочевина*  
– уреиды 5/84  
сольваты 1/779  
фосфат 3/646  
цикл, см. *Орнитинный цикл*  
Мочевина-алкидные лакокрасочные  
материалы 3/282  
Мочевина-формальдегидные матери-  
алы  
клеи 2/806  
пеносты 2/619, 620  
пресспорошки 4/165  
смолы 3/281, 35, 282, 327, 719, 743,  
1121, 1224, 1259; 1/153, 261, 262,  
335, 650, 859; 2/228, 229, 236, 996,  
1002, 1298; 4/444, 613, 661, 739,  
1007; 5/222, 787  
удобрение 2/619  
Мочегонные средства, см. *Диуретиче-  
ские средства*  
Мошность  
доз излучений 2/217, 503  
полезная насосов 3/340  
тепловой потока 2/576  
Моющее действие 3/283, 184, 185, 284,  
285, 301; 4/730  
Моющие средства 3/284, 283, 285,  
1163, 1166; 1/1110, 1111; 4/582;  
5/777  
автокосметика 1/18; 3/284  
биоразлагающиеся 2/27  
вспомогательные, см. *Отбеливате-  
ли, Текстильно-вспомогательные  
вещества*  
мыльные, см. *Мыла*  
полирующие 2/1319; 4/33, 34  
присадки 3/277, 278, 285; 4/171,  
173, 174  
синтетические, см. *Синтетические  
моющие средства*  
чистящие, см. *Чистящие средства*  
МП-волокно 3/1236  
Мрамор 1/871; 2/208, 578, 586; 3/35  
МСГ, гормон 3/37  
МСД-пептид 5/1039  
МСРА, кислота 5/585–587  
Муассанит 2/223  
Мугдана прибор 2/768  
Музера–Пирсона правило 4/107  
Мука  
аидезитовая 3/1264; 5/134  
баритовая 3/1264  
белитовая 2/348  
витаминизация 2/1165; 4/525  
деломитовая 2/348, 1233  
древесная 1/706; 2/126, 131; 3/328;  
4/731; 5/143, 186  
дунитовая 2/348, 1233  
известковая 2/348  
как наполнитель 4/165  
кварцевая 2/807; 3/1264; 5/143  
кормовая 2/1166  
костная 5/305  
отбеливатели 3/324, 1089  
пищевая 3/1089  
серпентинитовая 2/1233  
слеживаемость 4/833  
слюдная 5/143  
фосфоритная 5/297, 54, 305, 306;  
2/353, 589; 3/172, 629, 630, 789;  
4/941  
хвойная 2/1165  
Мукайямы реакция 3/285  
Муколитические средства 3/847  
Муконат, метаболизм 3/613

- Муконовая кислота 3/613  
Мукопептиды 3/927–929  
Мукополисахариды 3/286, 287;  
2/1010; 4/35, 36, 214; 5/38, 93  
Мукохлорная кислота 2/233, 234  
Мукронин-А 3/923  
Мулит 2/733; 3/325; 5/112, 113  
Мультиплекс-фактор 5/435  
Мультиплетная теория катализа  
1/1059  
Мультиплетность 3/287, 204, 288;  
2/727, 728, 1058; 5/350–352, 460,  
868, 882, 883, 889, 891  
и симметрия молекул 4/692  
и спиновые взаимодействия 4/789,  
797  
и статистическая сумма 4/828  
и флуориметрия 2/1220, 1221  
терма 3/288  
Мультипликаторы, см. Давление  
Мультипольные моменты 2/147  
Мультифлорамин 5/120  
Муметалл 2/1241  
Мумия 3/288, 1011, 1012  
Муштагучное прессование 4/140  
Муравьиная кислота 3/288, 289, 290;  
5/45, 56  
аддукты 1/494  
альдегид, см. Формальдегид  
амиды 1/229; 2/121. См. также *Форм-  
амид*  
галогенангидриды 1/942, 943  
гидразиды 1/1074  
как антисептик 1/338  
как метаболит 1/484  
как растворитель 1/19; 2/770; 4/359  
нитрил, см. Силильная кислота, Ци-  
анистый водород  
определение 1/895; 2/1271  
получение 1/1134; 2/15, 140, 1084;  
3/113, 253, 289, 366, 741, 1055;  
4/194, 820, 904, 920; 5/222–224,  
434, 519, 556, 579, 984  
свойства 1/198, 248, 251, 299, 305,  
442, 443, 610, 670, 715, 736, 833,  
1101, 1141, 1163; 2/65, 216, 255,  
322, 568, 601, 633, 643, 644, 789,  
1081, 1155, 1167, 1298; 3/33, 112,  
432, 572, 613, 917, 952, 1206;  
4/159, 285, 525, 533, 561, 804, 820,  
1173, 1220; 5/1, 1012, 1013  
соли и эфиры 1/711; 3/119, 120, 289,  
290, 640, 1031. См. также *Фор-  
миаты*  
Муравьиный альдегид, см. *Формаль-  
дегид*  
Мурамидаза 2/1177, 1178  
Мурамилпептид 2/427  
Мурамилпептидфосфат 3/928  
Мурамина кислота 2/1163  
Мурамовая кислота 3/927; 4/1010  
Мурены 1/1132; 3/927–929; 5/38  
Мурексид 3/290, 279; 2/282, 451, 580,  
822; 5/750  
Мурхолевые кислоты 2/278  
Муролан 4/660  
Муролены 4/659, 660  
Мурхаузит 2/829  
Мусказон 5/1055  
Мускалур 3/737  
Мускарин 1/415; 5/592, 1055, 1056  
Мускатный шалфей 4/715  
Мусковит 1/221; 2/559; 3/805; 4/678,  
679, 723, 724  
Мускон 3/291, 292  
Мусколат 3/291, 292  
Мускусы 3/290, 291–293; 1/650;  
2/237, 238, 1005, 1144, 1263  
Мустерон 2/598; 3/292, 293; 4/1090  
Мутагены 3/293, 152–155, 294–298,  
533, 627, 850, 1051; 2/604, 731;  
5/158, 203. См. также *Мутации*  
Мутаротаза 2/364  
Мутаротация 3/298, 266, 299; 1/746,  
1128, 1129, 1160; 2/21, 364, 913;  
4/36, 392, 992, 1037; 5/37, 375  
Мутации 3/299, 211, 293–298, 300,  
301, 1051  
вставочные 3/152  
генов 3/150–152; 4/52  
глобиновых генов 1/1008  
и комплексность 2/877  
и одноклеточный перенос 3/653  
и репарация 4/492, 493  
и репликация 4/496  
онкогенные 2/604  
точковые 4/276  
факторы, см. *Мутагены*  
Мутманит 2/334  
Мутность среды 2/816; 3/440  
Муфельные печи 3/999, 1009  
МФП, пенопласты 2/619  
2М-4Х, гербицид 1/416, 1028; 3/994;  
5/585–587  
2М-4ХМ(П), гербициды 1/1028  
Мыла(о) 3/301, 284, 302–304, 474, 764,  
1168, 1169; 1/1085, 1100, 1208;  
2/114, 283, 304, 645; 4/743, 868;  
5/551  
алюминиевые 2/901; 3/303, 304;  
5/69  
аммониевые 3/303, 304  
барьерные 3/303  
горчичные 4/1167  
дегтярные 2/15  
диспергирование 3/1167  
железные 3/303  
жидкие 2/566; 3/302–304; 5/988  
зеленые 3/304  
как антисептики 3/304  
как ингибиторы коррозии 3/303,  
304  
как лиотропные каучуки 2/287  
как основа СМС 4/698–701  
как ПАВ 1/1001; 3/1163  
как пенообразователи 3/921  
как присадки 3/303, 1124, 1125;  
4/172  
как репелленты 4/495  
как сиккативы 4/669, 670  
как смазки 2/901; 4/1007, 1115  
кальевые 2/18; 3/302–304; 5/949  
кальциевые 3/301, 304, 1168  
канфольные 5/571  
клеевые 3/302, 304  
кобальтовые 2/822; 3/301, 303  
красящие 3/834  
крезоловый раствор 2/18  
литиевые 2/961; 3/301, 303, 1124,  
1125; 5/949  
магниеые 3/301, 303  
марганцевые 3/301  
медные 3/304  
медцинские 3/302, 304  
натриевые 3/301–304, 1124, 1125;  
4/903; 5/949  
нейтральные 3/765  
неметаллические 1/1210; 3/301–304  
никелевые 3/301, 303  
олеиновое 3/301, 303, 304  
отбеливание 2/569  
отдушки 1/1096; 2/26, 456, 517, 764;  
3/118, 134, 290; 4/868; 5/67, 130,  
938  
пилированные 3/302, 303  
подирольные 4/34  
резинаты 2/602  
свинцовые 3/303  
смоляные 4/742  
сульфатное 4/903, 904, 976; 2/1164  
технические 3/301–304  
туалетные и хозяйственные 3/302–  
304, 834; 5/551  
хромовые 3/303  
цинковые 3/303; 5/69  
щелочные 3/301–304; 4/670  
этаноламинные 5/974  
ядровые 3/302, 303  
Мылонафт 1/388; 3/302, 378, 446;  
5/671  
Мыльный камень 4/977. См. также  
*Талк*  
Мыльный клей 3/302  
Мышечно-алениловый препарат 1/43  
Мышьяк 3/304, 5, 305, 575, 753, 1053;  
2/499, 1153; 4/103; 5/936, 937  
ангидриды 3/310–312; 5/118  
в водах 1/768; 3/170  
галогениды 3/306, 12, 124, 305, 307,  
308, 315, 534, 1215, 1247; 1/35,  
429, 464, 612, 613, 950, 966, 1194,  
1205; 2/421, 453, 495, 812, 1215;  
4/584, 585, 1270; 5/555  
гидриды(ы) 3/308, 305, 306, 309, 311;  
1/384, 385, 592, 938, 1079, 1080;  
2/453, 1205. См. также *Арсин*,  
*Мышьяковистый водород*  
зеркало 3/308  
как полуметалл 4/102  
кислоты неорганические 1/463, 545;  
2/38, 80; 3/305–307, 310, 314  
– органические 3/309, 310  
кластеры 2/796  
молибденовая сень 3/306  
оксиды 3/310, 305, 306, 309–312,  
698, 775, 969; 1/35, 382–384;  
2/1092; 4/657, 835, 837, 838,  
1270; 5/16, 118, 527  
определение 1/615, 670, 739, 1060,  
1120; 2/177, 442, 654, 709–711,  
731, 1108, 1218, 1219; 3/169, 305,  
308; 4/396, 779, 1126; 5/719, 781  
получение 1/869, 977, 1175; 3/9,  
305, 412, 1001, 1069; 4/561;  
5/205, 502, 749  
применение 2/1226; 3/93, 305, 306,  
698; 4/105, 106, 115, 584, 835  
свойства 1/388, 1015, 1060; 3/304,  
305, 955, 958, 1037; 4/593, 813,  
1270; 5/16  
соединения диоксигенильные 2/769  
– комплексные 2/873; 3/307, 308  
– межгалогенные 3/307  
– оновые 3/765, 971  
– полимерные 3/419  
– полиэдрические 2/793  
– органические 3/313, 305, 308–  
310, 314–318, 432; 1/433, 464,  
1034; 2/409, 650, 651, 923, 1085,  
1090; 4/501; 5/421  
сплавы 2/948, 1332, 1333; 3/306,  
315; 4/502, 594, 601, 602  
тиосульфат 2/709  
токсичность 2/606, 1156; 3/849,  
854, 857, 1194; 5/502  
фосфаты 5/252  
халькогениды 3/312, 164, 165, 304–  
306, 313, 314, 774; 1/191, 1175;  
2/421; 4/617–619, 637, 782, 843,  
972, 1019, 1023  
цианид 5/702  
Мышьяковая кислота 1/545; 2/38;  
3/310, 314  
Мышьяковистая кислота 1/463; 2/80;  
3/305–307, 310–312, 314  
Мышьяковистый водород 1/384, 385;  
2/453; 3/308, 309. См. также *Арсин*;  
*Мышьяк*, *гидриды*  
Мышьяковистый ангидрид 5/118  
Мышьяково-содовая газоочистка  
1/901  
Мыштерттиза метод 4/46, 47  
Мэррифила реакция 3/933, 934  
Мюнифий 1/787; 3/31, 32; 5/931, 1016  
Мюоны 1/787; 3/31, 32; 4/330; 5/868,  
930, 932  
«Мягкие» каучуки 1/630, 636  
«Мягко-мягкие» взаимодействия  
2/281, 282  
Мягчицы 3/718, 1116, 1117  
для бумаги 5/224  
для РТИ 1/660, 865; 2/226, 286  
кожи 2/835, 836  
нитроцеллюлозы 2/304  
тканей 2/694; 4/580, 699, 770  
Мясно-молочная кислота 3/252  
Мягкое масло 3/60; 5/1003, 1004, 1006

## Н

- Набивка, см. *Печатание тканей*  
Набухание  
полимеров 3/319, 829, 1257, 1268,  
1269; 1/502, 859, 1001, 1002;  
2/1264–1266, 1268, 1300; 4/174,  
662, 663, 887–889  
резин 4/442  
Наведенная радиоактивность 3/1124  
Наводороживание металлов 2/436;  
3/872; 4/1256  
Навоз, удобрение 2/498; 3/789; 5/54  
Навь–Стокса уравнения 1/1105, 1106;  
4/831; 5/674  
Нагарообразование 1/644; 2/102, 227;  
4/174  
Нагнетатели 2/882  
Нагревательные печи 3/1005, 1007,  
1008  
НАД 2/967, 968, 1140, 1190  
Надбензойная кислота 3/319, 977;  
1/112, 1146, 1148; 2/636; 4/1256  
Надув 2/882  
Надежность  
материалов, модуль 2/903  
химических производств 3/320,  
321–323; 1/201  
Надкислоты 1/271, 450, 503, 633, 948,  
1096, 1146; 2/397, 456, 706, 745,  
1138, 1144; 3/102, 678, 700, 739,  
975, 981, 1043, 1045, 1050; 4/202,  
203, 912, 915, 926, 934, 1117, 1122,  
1128, 1152, 1158, 1166, 1250; 5/115,  
526, 729, 732, 794, 961, 991. См.  
также индивидуальные представите-  
ли  
Надлауриновая кислота 4/169  
Надмолекулярные структуры  
белков 1/472  
в иерархических системах 4/1063,  
1064  
и флуоресцентные метки 2/1185  
лиотропных каучуков 2/287  
мембранные, см. *Биомембраны*  
нефтяного кокса 2/840  
органической массы утлей 2/596,  
597  
полимеров 1/859; 2/208, 1061;  
3/201, 202, 808; 4/56, 816; 5/48,  
137, 228, 229  
полисахаридов 4/36; 5/38  
фосфориты 2/1061, 1267; 3/166;  
4/663  
фибриллярные, см. *Фибриллы*  
хитина 5/546  
целлюлозы 5/663  
эффект 3/1263, 1264  
Надмуравьиная кислота 3/289; 4/1227  
НАДН 2/967, 968, 1140, 1190  
НАДН-дегидрогеназа 3/669, 670  
НАДН-убихинонредуктаза 5/34  
НАДН-цитохром с – редуктаза 4/524  
Надолол 1/49, 50  
Надпероксиды 3/575, 698; 4/556;  
5/654, 658, 659  
Надпропионовая кислота 4/199, 203  
Надрешетный продукт, см. *Грохочение*  
Надсерная кислота 2/497, 498; 3/525;  
5/901, 902  
Надсмоляная вода 2/842; 3/1054, 1055  
Надусная кислота 3/323, 324, 977,  
1019; 1/199, 425; 2/180, 636; 4/199,  
203, 699; 5/523, 724, 963  
НАДФ 1/608–611; 2/967, 968  
НАДФ(Ф)Н 1/608–611

- Надфосфорные кислоты 5/287, 288  
Надхромовая кислота 5/610  
Назарова реакция 3/324, 1030, 1031  
Наземные выбросы 3/853  
Наибольший предел взвешивания 1/686  
Наирит 4/130, 444; 5/571, 572  
Найлон 1/860; 2/325, 1329; 3/1201, 1202, 1204–1208, 1210, 1238, 1239, 1250, 1251; 4/333, 607, 696, 1007, 1200; 5/149, 150, 726  
Накачка лазеров 2/1116–1118, 1125–1127  
Накипь 1/333, 771, 851; 2/283; 3/511, 764, 1211; 5/441, 777  
Наккена метод 3/255, 256  
Наккена–Киропулоса метод 2/223  
Нако 3/694  
Наковальни, см. *Давление*  
Наком 2/1152; 4/237  
Накрит 1/1141  
Нактины 2/522–524; 4/1097  
Налбандяна–Воеводского механизм 3/140  
Налидиксовая кислота 1/453; 3/385; 4/1214  
Налоксон 3/766; 5/1036  
Налорфин 3/275  
Нальчикит 3/838  
Намагнитность веществ 2/1237, 1238, 1240–1245; 5/1026, 1027  
Намаз, см. *Кожа*  
Наметкина перегруппировка 2/599, 600  
Намотки метод 3/1249; 4/12–14  
Надролол-деканоат 1/290, 291; 4/511  
Нанесенные катализаторы 3/324, 24, 45, 46, 325; 1/1056–1059; 2/505, 662, 664, 666–671, 673–677, 770, 774, 797  
Наиодин 2/1215  
Наиокарбонилжелезо 3/477  
Наиотехнология 5/510, 516, 842  
Напалм 3/325, 326; 2/310  
Наполненные материалы. См. также *Наполнители*  
вспененные, см. *Газонаполненные материалы*  
каучуки 3/326, 327; 1/633, 636; 2/377, 704, 705  
органосиликатные 3/805, 806  
полимеры 3/327, 201, 321, 328, 743, 745, 901–905, 913, 1119–1122, 1215, 1268; 2/156; 4/31, 64, 488, 489, 734  
– антифрикционные 1/343  
– как сегнетоэлектрики 4/285  
– металлосодержащие, см. *Металлополимеры*  
– переработка 4/3–12  
– премиксы 4/162  
Наполнители 3/328, 329, 330; 5/503. См. также *Наполненные материалы*  
армирующие, см. *Армированные материалы*  
волокнистые, см. *Волокна, Волокнистые материалы*  
гибридные 3/330, 1119  
для бумаги 2/586, 606  
для жидкостных приборов 2/1175  
для индикаторных трубок 2/446  
для клеев 2/800–809  
для композитов, см. *Композиционные материалы*  
для красок 1/789; 2/982, 1296; 4/673  
для металлогенных ламп 2/444  
для огнезащитных покрытий 3/646  
для пестицидных препаратов 3/992  
для пластичных смазок 3/1126  
для полимеров 1/2, 1101, 1192, 1194; 2/606, 868, 1165; 3/327–330, 902, 903, 907, 1114, 1119–1122, 1207, 1220, 1244; 4/291, 723; 5/41, 143, 144. См. также *Полимерные материалы*  
для шпатлевок 5/787  
для эластомеров 1/646; 2/586, 606, 1028; 3/750; 4/978, 1125; 5/572, 799  
и полимеризация 3/328, 1120, 1266, 1268  
металлические 2/877–880; 3/73, 74, 87, 417; 4/844, 845  
порошковые 3/328, 329; 4/138  
препреги 4/163, 164  
Напотон 4/1224, 1225  
Направленная кристаллизация 2/916, 1041, 1042, 1044; 3/483, 500, 808, 1070; 4/111, 706, 709, 1021; 5/755, 756  
Напроксен 4/219  
Напроламид 1/1029  
Напросин 4/219  
Напряженность и деформации, см. *Реология*  
и реакционная способность 3/333, 334  
молекул 3/330, 331–334; 1/142; 2/697, 909, 910; 4/76; 5/719, 721, 725, 732, 739, 744  
разомкнутой цепи, см. *Гальванические элементы*  
разрушающие, см. *Коррозия металлов*  
прочность материалов  
релаксация 4/484, 485  
усадочные и отверждение 3/840  
электрохимический ряд 5/920, 895, 896, 921, 926, 991; 3/99, 413, 667; 4/820  
Напыление  
вакуумное 3/334, 335, 344, 1104; 2/251, 950  
вихревое 3/1213  
полимерных материалов 3/1114; 4/11, 13  
порошковых красок 4/143, 144  
Наркоз, средства 4/812, 813; 5/115, 202, 380, 408, 580, 740; 5/998  
Наркотики 2/398, 399  
Наркотические анальгетики 1/296, 297; 4/268  
Нарушенного полного внутреннего отражения метод 2/493  
Нарцикласин 1/223, 224  
Нарцинсин 2/1178, 1179  
Насадки 1/708; 2/146; 3/335–339; 4/271  
Насадочные аппараты 3/335, 336–339, 1141; 2/1306, 1307, 1046; 4/401, 402; 4/452, 453, 455, 456, 461, 611, 990; 5/170, 831, 832. См. также *Насадки*  
Насинит 3/351  
Наследственность, фактор 3/210. См. также *ДНК*  
Насосы 3/339, 340–344, 670; 1/849, 852, 1105; 2/146, 201, 392, 885, 1315; 4/460, 805  
Настурпан 5/73  
Насыпная плотность 3/1145  
Насыщенные углеводороды 3/345. См. также *Алканы*  
алифатические, см. *Алифатические соединения*  
газообразные, см. *Газы нефтепереработки, Газы природные горючие*  
галогенпроизводные, см. *Галогензамещенные углеводороды*  
гомологический ряд 3/101  
и сольватированный электрон 4/750  
индикаторы удерживания 5/622, 623  
как СН-кислоты 2/777  
как пластичные смазки 3/1125  
клатраты 2/34, 799  
матрицы Шпюльского 5/884  
нафтеновые, см. *Нафтины*  
моноциклические, см. *Циклоалканы*  
несимметричные 1/869  
обезмасливание 3/128  
поглощение и улавливание 2/594, 595  
получение 1/210, 1073, 1074, 1107, 1203, 1205; 2/10, 17, 665, 677, 863; 3/119, 347, 833, 1059; 4/1058–1060, 1190; 5/199, 833  
применение 3/347, 1116  
разделение 2/1044, 1142  
растительных масел 4/381  
свойства 1/64, 109, 140, 158, 335, 863, 864, 866, 952, 953, 991, 1023, 1113, 1162; 2/12, 27, 143, 208, 633, 670–672, 678, 684, 686, 774, 834, 1175; 3/79, 345–347, 407, 449, 450, 458–465, 530, 531, 660, 664, 665, 671, 672, 726, 738, 784, 907, 977, 1061–1066, 1114, 1116; 4/194, 195, 526; 5/65, 973  
связывая селективность 2/811  
твердые, см. *Озокерит, Парафин, Церезин*  
хлорированные, см. *Хлорпарафины*  
цветность 5/646  
цетановое число 2/102, 103; 5/696  
циклические, см. *Алициклические соединения*  
Нагретые материалы  
бутадиеновый каучук 1/632; 2/708  
мыла 3/301–304, 1124, 1125; 4/903  
перовскиты 3/970  
полевые шпаты 3/1191–1193  
селитра 1/92, 102, 105; 3/357, 505; 4/621. См. также *Нитрий нитрат*  
смазки 3/1124, 1125  
стекла 2/1319; 4/673, 834, 835, 846, 847  
Натристермия 3/88, 492, 1069; 4/981, 1174, 1220  
Натрий 3/347, 170; 1/768, 1109; 2/789, 1251; 5/54, 936, 937. См. также *Щелочные металлы*  
азид 1/72, 231, 428; 3/348, 358, 514, 1075; 4/597, 1100, 1167; 5/200, 784  
альгинат 1/192; 2/152, 776, 1095, 1097; 3/1088  
алюминаты 3/350, 165, 206, 351, 359, 368, 433, 698, 859; 1/111, 205, 206, 210, 219, 773; 2/801, 1006, 1057; 4/614, 668, 1020, 1246; 5/861, 862  
алюмогидриды 1/220; 2/421; 3/1075  
амальгамы 1/223, 419, 595, 936; 2/41, 88, 89, 411, 752, 1084, 1087, 1100, 1142, 1290; 3/57, 79, 102, 181, 347–350, 374, 380, 502, 532, 553, 680, 691, 692, 703, 763, 945; 4/147, 201, 205, 448, 686, 803, 1268; 5/376, 635, 669, 947, 1015  
амид 1/112, 231, 257, 261, 428, 441, 498, 1148; 2/87, 112, 142, 248, 314, 404, 416, 561, 631, 651, 673, 784, 785, 858, 889, 1139, 1214; 3/348, 780, 952, 1019, 1033, 1045, 1078; 4/867, 930, 946, 1143, 1155; 5/8, 96, 131, 213, 777, 778  
аммины 3/18, 308  
арсенит 1/463; 2/474  
ацетат 3/351, 101, 676, 985, 1228; 1/115, 435, 495, 636, 700, 974, 1024, 1069, 1098, 1130, 1157, 1158; 2/28, 78, 182, 212, 213, 341, 439, 440, 864, 896, 936, 1101, 1137; 4/73, 159, 569, 570, 580, 622, 623, 745, 899, 1037, 1253, 1258; 5/65–67, 115, 196, 434, 453, 585, 586, 707, 786  
бораты 3/351, 79, 135, 165, 267, 308, 309, 347, 352–354, 553, 554, 557, 980, 1216; 1/337, 342, 575, 581, 589, 780; 2/53, 65, 68, 321, 744, 1193; 3/359; 4/254, 1117; 5/35, 400, 901, 902  
борогидриды(ы) 3/353, 354, 515, 523, 665, 680, 682, 1046, 1052, 1075; 1/389, 588, 590, 591, 620, 833, 994, 1038, 1079, 1083, 1147; 2/645, 752, 944, 1081, 1138; 4/215, 868, 869, 898, 913, 925, 943, 1139, 1145, 1146, 1159, 1160, 1166, 1167, 1255; 5/305, 457  
бромат 1/613, 614, 968; 4/284  
бромид 3/354, 584; 1/392, 613, 614, 968, 971; 2/864; 4/609, 1166; 5/195  
бромит 1/613  
газообразный 3/348  
гидразид 1/1070, 1071; 5/778  
гидрид 1/588, 964, 1079; 2/120, 631, 784, 889, 1139; 3/348, 349, 353, 355; 4/35, 66, 500, 1131, 1136, 1222; 5/792  
гидрокарбонат 1/654, 771, 772, 1069, 1099; 2/321, 354, 432, 637, 648, 999, 1078, 1289; 3/284, 306, 356–358, 447, 480, 546, 648, 905–907, 911, 1000, 1088, 1220; 4/100, 119, 133, 240, 603, 669, 1269; 5/8, 44, 45, 786, 901. См. также *Пищевая сода*  
γ-гидроксисубитрат 3/358  
гидроксид 3/354, 21, 55, 64, 101, 127, 348, 349, 351, 356–360, 364–367, 369, 370, 378, 380, 381, 383, 413, 438, 517, 519, 521, 523, 537, 542, 547, 555, 562, 576, 580, 686, 691, 695, 696, 981, 983, 1046, 1228, 1253, 1254; 1/455, 651, 652, 715, 730, 731, 772, 848, 898, 902, 948, 959, 972, 974, 1067, 1093, 1099, 1116, 1158, 1182; 2/18, 41, 123, 199, 293, 348, 447, 625, 751, 783, 824, 889, 896, 1086, 1109, 1130, 1174, 1205, 1329; 4/41, 73–75, 158, 159, 202, 435, 446, 449, 569, 593, 600, 648, 745, 803, 805, 868, 869, 899, 904, 913, 918–921, 929, 944, 984, 1011, 1020, 1037, 1091, 1102, 1138, 1143, 1148, 1149, 1156, 1174, 1189, 1198, 1204, 1205, 1222, 1264, 1268; 5/12, 45, 95, 114, 115, 119, 132, 133, 136, 139, 140, 143, 238, 263, 369, 390, 507, 553, 582, 844, 903, 922, 942, 961, 980, 1002. См. также *Каустическая сода*  
гидросульфат 3/360–365, 492, 1060; 4/285, 920, 984; 5/182, 453  
гидросульфид 1/263, 304, 488, 948, 995; 2/79; 3/62, 363, 519, 527, 542, 553; 4/41, 651, 951, 1134, 1136, 1146, 1267; 5/119, 124, 381, 796  
гидросульфит 1/197, 253, 257, 440, 441, 487, 489, 655, 680, 740, 900, 901, 1096, 1115; 2/17, 170, 186, 251, 455, 516, 600, 652, 703, 742, 746, 768, 936, 1100; 3/26, 284, 295, 364, 365, 380, 381, 383, 537, 719, 796, 1220; 4/119, 159, 279, 649, 657, 918–921, 924, 990, 1149, 1269; 5/114, 123, 147, 197, 457, 533, 773, 774, 903  
гипобромит 1/348, 613; 2/69; 4/568, 803, 895; 5/130  
гипоидит 3/356; 4/803  
гипонитрит 3/576  
гипосульфат 3/847  
гипофосфат 3/515  
гипофосфит 1/120; 2/118; 3/63, 515  
гипохлорит 3/355, 62, 284, 387, 523, 560, 565, 951, 1195; 1/193, 348, 431, 770, 902, 1067, 1071, 1120–1122; 2/69, 81, 292, 312, 455, 460, 496, 616, 822; 4/568, 803, 900,



- 1168, 1203; 5/380, 554, 558, 733, 901, 902  
 диклофенак 2/110; 1/297; 4/219  
 дитионат 4/45; 5/74  
 дитионит 1/240, 259, 349, 350, 489, 773; 2/78, 79, 440, 442, 455, 460, 978, 998, 999, 1093-1096, 1156; 3/36, 364, 532, 690; 4/72, 554; 5/219, 940  
 дикромат 1/337, 418, 1044; 2/89, 359, 618, 998, 1079, 1083, 1094; 3/113, 371, 390, 526, 563, 706, 707; 4/248, 803, 868, 934, 1116, 1269; 5/530, 607, 610, 611, 616, 632, 633, 901, 902, 980  
 жидкий 2/300; 3/348  
 интерметаллиды 1/384, 734; 2/478, 481, 560; 3/308, 348, 349; 4/99, 601  
 иодаты 1/457; 2/495, 496, 647; 3/356, 796, 1054; 4/37; 5/664  
 иодид 3/355, 356, 739, 847, 938; 1/497, 589, 667, 711, 948, 953, 978; 2/10, 32, 221, 388, 495, 496; 4/284, 329, 558; 5/195, 196  
 карбид 2/624, 625; 3/348  
 карбонат 3/356, 6, 21, 244, 303, 304, 349, 351, 352, 354, 355, 357-359, 360, 364, 366, 368-370, 378, 517, 577, 708, 824, 847, 867, 893, 905, 906, 1220, 1232; 1/460, 670, 735, 771-773, 779, 780, 848, 874, 901, 902, 956, 1069, 1099; 2/9, 28, 126, 224, 240, 272, 321, 507, 553, 586, 631, 637-639, 645, 752, 770, 824, 982, 995, 998, 999, 1027, 1097, 1130, 1202, 1206, 1270; 4/100, 119, 133, 254, 446, 615, 699, 726, 842, 877, 904, 916, 944, 984, 1091, 1102, 1127, 1143, 1174, 1189, 1203, 1222, 1269; 5/6, 8, 44, 114, 125, 136, 582, 610, 669, 702, 706, 748, 777, 796, 901. См. также *Кальцинированная сода*  
 кромолин-1 1/318  
 ксенат 2/1088  
 метабисульфит 3/364  
 метаболит 1/550; 2/180, 760, 958, 959; 3/623, 624; 4/468  
 металлургия 1/342, 382, 383, 537, 540, 541, 615, 670-672, 674, 736, 738, 739, 780, 813, 814, 821-823, 901, 936, 950, 974, 1034-1036, 1039, 1041, 1060; 2/235, 254, 315, 453, 583, 641, 733, 825, 826, 829, 896, 1277, 1290, 1291, 1329, 1331; 3/6, 241, 244, 248, 309, 357, 360, 424, 434, 489, 517, 527, 545, 576, 751, 752, 757, 825, 826, 873-875, 970, 1000, 1056, 1068, 1131; 4/156, 339, 436, 437, 482, 505, 533, 554, 564, 600, 614, 617, 943, 944, 948, 951, 984, 985, 1020, 1025, 1026, 1112, 1149, 1175, 1176, 1183, 1184, 1191, 1256; 5/83, 213, 217, 747, 749, 752, 761  
 метеоритный 2/963  
 нафталин, катализатор 3/123  
 надпероксид 3/364  
 нитрат 3/357, 172, 173, 347, 358, 369, 504, 533, 690, 695, 822, 1045; 1/102, 103, 109, 681, 849, 918, 1093, 1098; 2/17, 126, 568, 783; 4/161, 593, 594, 600, 668, 726, 975, 1020; 5/98, 781, 912, 1050. См. также *Натриевая селитра*  
 нитрид 3/348, 509  
 нитрит 3/357, 33, 358, 380, 439, 517, 518, 522, 536, 538, 541, 542, 545, 557, 563, 584, 604, 695, 797, 1089; 1/247, 248, 258, 267, 270, 789, 849, 948, 1115; 2/16, 74-76, 85, 86, 213, 321, 455, 496, 518, 1000, 1094, 1097; 4/774, 1099, 1190, 1254; 5/142, 145, 582, 710  
 нитроперсид 1/437, 1120, 1152; 2/171, 381, 711, 1148, 1276; 3/64, 67, 133; 4/774, 1127, 1164; 5/703, 768  
 облака 3/1076  
 озонид 3/658  
 оксидобитурат 3/358, 578; 4/743, 812  
 оксид(ы) 3/358, 89, 135, 348, 351, 364, 433, 698, 699, 775, 972, 996, 1011; 1/674, 1141; 2/535, 674, 769, 800; 4/707, 708, 835-838, 846  
 определение 1/120, 121, 763; 2/521, 710; 3/349; 4/627, 944, 948; 5/335  
 перкарбонат 3/284, 359, 360  
 пероксид 3/358, 168, 224, 245, 319, 348, 349, 359, 364, 370, 758, 872, 971, 972, 1075; 1/428; 2/1024; 4/532, 563, 565, 1174; 5/1058  
 пероксоболат 3/359, 979, 980; 4/699, 700  
 пероксокарбонат 3/359, 360, 971, 974; 4/699  
 пероксосольват 3/971  
 пероксосульфат 3/699  
 перхлорат 3/360, 368, 369, 987, 988, 990, 991; 1/283; 2/647, 992, 1097; 5/901, 902, 1058  
 пиросульфат 3/362, 952; 4/658, 1174; 5/438  
 получение 1/1022; 3/38, 349, 763, 413; 4/820; 5/695, 922, 923, 926  
 применение 2/1227; 3/347, 1215; 4/467; 5/540, 762, 920. См. также *Натриевые материалы, Натриетермия*  
 родинат 1/901; 2/37; 3/365, 366; 5/235, 909  
 роль в световом зрении 4/538  
 свойства 1/251, 413, 464, 579, 619, 620, 632, 647, 711, 720, 771, 833, 869, 947, 990, 1015, 1018, 1148, 1193; 2/10, 90, 105, 142, 158, 189, 216, 282, 330, 379, 384, 477, 484, 505, 510, 511, 523, 561, 638, 641, 642, 651, 673, 681, 745, 767, 784, 785, 1016, 1148, 1154, 1174, 1181, 1246; 3/74, 88, 110, 125, 169, 181, 348-350, 353, 358, 359, 364, 383, 403, 515, 562, 575, 800, 950, 955, 957, 1045, 1069; 4/152, 201, 271, 316, 514, 515, 568, 593, 813, 818, 836, 848, 895, 913, 916, 967, 1006, 1093, 1095, 1137, 1154, 1157, 1159, 1161, 1166, 1178, 1192, 1222, 1251; 5/6, 7, 16, 60, 87, 97, 107, 117, 120, 212, 267, 277, 524, 758, 792, 797, 798, 878, 890, 998  
 селенит 3/576, 1000; 4/616  
 силикаты 3/360, 165, 303, 347, 361, 362, 368, 474, 698, 1191-1193; 1/537, 871, 1110; 2/18, 321, 776, 801, 819, 835, 1005, 1006, 1008, 1026, 1027, 1066; 4/129, 227, 247, 285, 435, 672, 674, 675, 677, 678, 681, 685, 699, 700, 723, 841, 842; 5/407, 408, 681, 777  
 силициды 4/684  
 соединения 1/115, 161, 193, 210, 254, 308, 338, 374, 388, 428, 452, 453, 478, 495, 510, 517, 535, 629, 631, 636, 637, 707, 726, 846, 999, 1026, 1027, 1034, 1110, 1130; 2/18, 151, 175, 177, 212, 213, 248, 295, 321, 341, 427, 439, 441, 539, 644, 645, 896, 986, 1085, 1086, 1097, 1149, 1155, 1156, 1180; 3/1020, 1043, 1059, 1227, 1251, 1253; 4/146, 173, 205, 206, 343, 596, 698, 726, 757, 833, 945, 946, 990, 1117, 1139, 1143, 1149-1151, 1160, 1162; 5/217, 278, 366, 584, 586, 708, 722, 778, 785, 786  
 – алкоголяты 1/166, 168-170, 195, 421, 422, 455, 488, 652, 715, 718, 952, 1094, 1210; 2/76, 121, 202, 311, 516, 657, 673, 743, 746, 751, 784; 3/119, 438, 519, 521-523, 525, 553, 767, 831, 916, 1017, 1074; 4/804, 916, 968, 1253, 1257; 5/20, 125, 126, 660  
 – органические 3/349, 73, 80, 81, 280, 348, 350, 527, 805, 826, 874-876; 1/430, 440, 676; 2/416, 456, 1012, 1021-1023, 1025, 1147, 1275, 1288; 4/986, 1185; 5/122, 165  
 – феноляты 1/154, 304, 789; 2/38, 105, 185, 632, 808, 864; 3/252, 538, 563, 693, 982; 4/569, 900  
 сплавы 2/310, 561, 562; 3/82, 349; 4/556, 595, 601, 639, 1110; 5/897, 898  
 сульфат(ы) 3/361, 284, 354-356, 362-364, 564, 862, 863, 978, 1013; 1/79, 227, 519, 533, 731, 735, 771, 900, 956, 957, 972, 974, 1078; 2/321, 563, 570, 700, 731, 774, 819, 982, 1027, 1053, 1108, 1234, 1250; 4/248, 254-256, 285, 435, 619, 630, 699, 700, 720, 744-746, 838, 842, 848, 875, 904, 939, 944, 1006, 1021, 1168; 5/98, 116, 235, 453, 454, 619, 845, 903  
 сульфиды 3/363, 8, 125, 362, 365, 383, 519, 522, 523, 561, 562, 565, 758; 1/111, 239, 240, 245, 258, 304, 529, 652, 730, 735, 852, 974; 2/78, 171, 174, 178, 182, 187, 204, 455, 707, 708, 835, 978, 1174, 1194; 4/43, 75, 615, 648, 649, 651, 903, 904, 911, 916, 944, 949, 950, 1008, 1020, 1025, 1103, 1117, 1122, 1126, 1128-1130, 1133, 1144, 1149, 1159, 1166; 5/57, 119, 124, 208, 455, 457, 561, 582  
 сульфит 3/363, 347, 364, 389, 516, 522, 627; 1/730, 773, 900, 901, 1075; 2/37, 41, 381, 652, 711, 835, 963, 1174, 1277; 4/42, 45, 119, 254, 505, 614, 615, 657, 920, 921, 923, 929, 1020, 1149, 1150, 1267; 5/56, 123, 182, 223, 452, 453, 532, 773, 774  
 супероксид 3/364, 359, 971-974, 988  
 тиосульфат 3/364, 113, 169, 306, 363, 365, 517, 519, 525, 527, 577, 739, 740, 796; 1/328, 614-616, 730; 2/10, 154, 173, 205, 319, 495, 496, 498, 499, 711, 998, 1108; 4/159, 626, 745, 939, 944, 973, 1020, 1127, 1133, 1134, 1139, 1149-1151, 1189; 5/68, 182, 438, 453, 455, 659  
 тиоцианат 3/365, 366, 370, 1118, 1199; 1/901; 2/37, 846; 4/1164, 1165; 5/452, 702  
 тушение 3/648  
 феррит 2/255  
 ферриат 3/366, 370; 1/642; 2/862; 3/1059; 5/222, 580, 795  
 фосфаты 3/366, 135, 303, 323, 360, 365, 367, 368, 527, 577, 896, 974; 1/333, 342, 769, 780, 789, 974; 2/11, 266, 321, 571, 572, 579, 587, 750, 821, 1130, 1294; 4/254, 279, 285, 529, 699, 700, 1109; 5/246-280, 252, 253, 408, 670, 749, 777  
 фторид 3/368, 90, 272, 349, 664, 776; 1/281, 285, 337, 871, 1114; 2/641, 835, 1006, 1319; 4/618, 876, 939; 5/77, 388, 900, 391, 393, 503, 609, 571, 824, 854  
 фузидат и фузидины 5/412  
 халькогениды 2/10; 3/348; 4/593, 614, 617, 1020, 1026  
 хлорат 3/368, 355, 360, 369, 694, 993, 1018, 1075; 1/944; 2/53, 768; 4/284; 5/77, 559, 560, 586, 901, 902, 957  
 хлорид 3/369, 41, 64, 76, 124, 165, 185, 256, 290, 304, 347, 349, 355, 360, 368, 369, 378, 434, 492, 575, 608, 609, 648, 760, 774, 863, 907, 1000, 1013, 1056, 1145; 1/137, 281, 322, 342, 361, 611, 631, 632, 647, 706, 771, 848, 852, 853, 912, 951, 956, 972, 1093, 1109; 2/29, 126, 199, 221, 267, 305, 492, 506, 527, 562, 563, 572, 615, 864, 920, 974, 981, 982, 1039, 1040, 1052, 1056, 1078, 1117, 1209, 1235, 1250; 4/106, 109, 161, 202, 255, 256, 284, 353, 358, 372, 618, 745, 746, 750, 782, 812, 814, 838, 904, 909, 910, 926, 944, 946, 1005, 1023, 1055, 1165, 1168, 1174, 1177; 5/45, 98, 181, 195, 205, 207, 323, 382, 521, 551, 553, 563, 582, 593, 669, 678, 706, 754, 854, 859, 901, 925, 958. См. также *Каменная соль, Поваренная соль*  
 хлорит 5/564  
 хромат 3/369, 370, 526; 2/1079; 5/610, 615, 630, 632, 663  
 цианат 3/370, 280; 5/701, 702  
 цианамид 5/701  
 цианид 3/370, 61, 281, 365, 516, 547, 721, 728, 1239; 1/93, 231, 497, 655, 946, 948, 969, 974, 982, 1075; 2/204, 336, 342, 404, 647, 752, 944, 1142, 1148; 4/532, 639, 640, 696, 895, 940, 1165, 1167; 5/115, 131, 416, 669, 701-704, 706, 707, 793, 975  
 этиминил 5/973  
 Натрийацетоуксусный эфир 1/195, 196, 440; 2/889  
 Натриймалоновый эфир 2/889, 1275; 3/280; 5/713  
 Натрийформилуксусный эфир 1/535  
 Натрозол 3/718  
 Натролит 1/934  
 Натрон 3/356, 357  
 Натронная известь 2/28  
 Натронная обработка древесины 4/119  
 Натсио 2/375-378  
 Натуган 4/235  
**Натуральные материалы**  
 волокна, см. *Волокна природные*  
 высшие жирные кислоты 1/862-865  
 каучук, см. *Каучук натуральный*  
 смолы, см. *Смолы природные*  
 Натронная варка целлюлозы 5/665  
 Науптероживание 2/232, 1154; 4/808; 5/669, 913  
 Науманит 4/613, 619, 637  
 Нафионы 3/981  
 Нафта 4/697, 1059  
 Нафтазарин 1/1115; 2/924; 3/706, 707  
 Нафтаглевая кислота 1/418, 419; 3/371, 373. См. также *Нафталинкарбонные кислоты*  
 ангидрид 3/371, 951, 953; 1/418, 419  
 Нафтализол 2/18  
 Нафталимид 2/1228; 3/371, 836, 951  
 Нафталин 3/371  
 определение 3/373  
 получение 1/1089; 2/26, 210, 440, 456, 591-594, 682, 845, 846, 1041, 1043, 1044; 3/1058, 1061; 4/1101  
 применение 1/336; 3/373; 4/108, 494, 495; 5/416  
 производные 1/523, 532; 3/123, 226, 644, 673, 1021; 4/719, 1012; 5/957. См. также *Нафталинкарбонные кислоты, Нафталинсульфокислоты*  
 свойства 1/204, 350, 372, 373, 375, 377, 512, 517, 710, 983, 1040, 1145,

- 1185, 1215; 2/26, 108, 185, 239, 315, 576, 672, 1039, 1040, 1272; 3/118, 236, 256, 371, 372, 374–376, 383, 390, 445, 547, 950, 982, 1062, 1118; 4/73, 75, 265, 419, 549, 690, 917, 1039, 1055, 1108, 1153; 5/116, 377–379, 567, 568, 608, 647, 648, 701, 719, 811, 812
- Нафталиназобензол** 1/81, 87
- Нафталидиолы** 3/390
- Нафталинкарбоновые кислоты** 3/373, 117, 371, 374; 1/329, 330; 4/60, 61 оксинафтойные 3/704, 705 1,4,5,8-тетраизомер 3/376, 373, 377, 953, 1016, 1039, 1040, 1247; 1/418; 4/76
- Нафталиновая кислота** 3/706. См. также *Лаасон*
- Нафталиноевое масло** 3/372
- Нафталисульфокислоты** 3/374, 372, 375, 376, 381, 383, 388, 516, 1029; 1/79, 545; 2/139; 4/917; 5/222
- Нафталисульфонаты** 3/375, 376, 1163
- Нафталисульфоновые кислоты** 3/374, 375
- Нафталисульфохлорид** 3/795
- Нафталинтитолы** 4/1159
- Нафталидегидная кислота** 1/419
- Нафтамон** 4/225
- Нафтамы** 1/334
- Нафтацен** 3/894; 4/419
- Нафтаены** 3/377
- алюминия, см. *Напалм*
- натрия, см. *Мылонафт*
- как присадки 4/172–175
- Нафтаэновые соединения**
- кислоты 3/377, 278, 301, 303, 378, 458, 460, 730; 1/153, 902; 2/1044; 4/172, 175, 669; 5/825. См. также *Нафтаены*
- масла 2/377; 3/326; 4/445
- мыла 2/18
- спирты 3/377
- углеводороды, см. *Нафтыны*
- Нафтены** 3/378, 46, 379, 380, 458–460, 608, 1062–1066; 1/1090, 1113; 2/671, 678, 681, 684–686, 1175; 4/526, 926, 1058–1060; 5/720
- Нафтгизин** 3/380; 1/51, 52, 229; 2/413
- Нафтглиаминосульфамиды** 2/1216
- Нафтглиаминсульфокислоты** 3/380, 375, 381, 382; 1/257. См. также *Аминонафталисульфокислоты*
- Нафтглиаминсульфокислоты** 3/382, 372, 380, 383, 387, 388, 547; 1/271, 273, 545, 654, 655; 2/17, 70, 302, 331, 336, 605, 606, 964, 1217; 4/394, 719, 935; 5/126, 568
- Нафтлвисмутол** 1/739
- Нафтлгидразины** 1/654, 655
- Нафтлгипцины** 4/392
- 2-Нафтлцидиазонийнитрат** 3/547
- Нафтлцидиднамины** 3/390, 547, 953; 4/18
- 1,5-Нафтлцидидизоцианат** 2/139, 401; 4/54; 5/8
- 1-Нафтлгилизоцианат** 2/401
- 2-(1-Нафтлметил)-2-имидазолин** 3/380
- Нафтлметилкетоны** 4/1130
- 1-Нафтллитий** 5/568
- 1-Нафтлмочевина** 3/388
- 1-Нафтлнитрил** 5/568
- 2-Нафтлноксисуксная кислота** 4/429
- $\alpha$ -Нафтлтиомочевнина 2/341
- $\alpha$ -Нафтлтиосуксная кислота 1/416; 3/380; 4/429
- Нафтлуретан** 5/130
- 2-(1-Нафтл)-3-фениллоксозол** 1/336
- Нафтлхионимин** 1/336
- Нафтлтионовая кислота** 2/887; 3/382, 383
- Нафтлтиридиноны** 3/384
- Нафтлтиридины** 3/383, 384, 385
- Нафтаокридоновые красители** 2/980, 981
- Нафтобензотиофены** 3/463
- 1,4,5,8-Нафтотидихинон** 5/532
- Нафтотленбензилмидазолы** 2/1228
- Нафтотные кислоты** 3/117, 373, 547, 704, 705
- 2-Нафтотноксисуксная кислота** 1/416
- Нафтотальдегиды** 3/703
- Нафтотловые красители**
- желтый 3/543
- оранжевый 5/19, 20
- сине-черный 2/450
- синий 2/455; 3/536; 5/530
- Нафтотсульфокислоты** 3/385, 375, 380, 381, 386, 387; 2/139; 5/142
- $\alpha$ -Нафтотфталенин 5/1002
- Нафтоты** 3/387, 106, 373, 375, 383, 388, 390, 538, 684, 694, 703, 705, 706, 1014, 1015; 1/80, 91, 257, 271, 306, 334, 336, 362, 654, 655, 717; 2/1, 17, 71, 80, 302, 455; 4/234, 256, 397, 568, 814, 924; 5/126, 140–143, 197, 337, 341, 380, 530, 531, 567, 746, 942, 971
- Нафтотпурины** 3/706, 707
- Нафтотназолы** 4/625
- Нафтотфенантрены** 3/463
- $\alpha$ -Нафтотфлавоин 1/614
- $\alpha$ -Нафтотфталенин 5/380
- Нафтотфлуорены** 3/463
- Нафтот[1,2-с]фуросокси** 5/431
- Нафтотхиноксалины** 1/419; 2/981
- $\beta$ -Нафтотхинолины 2/553
- Нафтотхинондиазиды** 1/256; 5/340
- Нафтотхинондиоксимины** 3/538
- 3,4-Нафтотхинон-1-сульфокислота** 5/217
- Нафтотхиноны** 3/388, 372, 389, 390, 525, 538, 705–707; 1/155, 336, 350, 532, 749; 2/138, 139, 972; 4/894, 1125; 5/532, 533, 535
- 1,8-Нафтотсультам** 2/139
- 1,8-Нафтотсультон** 2/139
- Нахколит** 1/956
- Нашатырь** 1/191, 285; 3/412
- «Нгай-камфора»** 1/585
- НДМА, канцероген** 2/604
- НДФ, см. Нуклеозиддифосфат**
- Неаднабатицкие поправки** 1/45 – реакции 3/258
- Неаполитанский желтый** 4/944
- Неароматические системы** 1/377
- Неаэробное дыхание** 3/668
- Небензольные ароматические соединения** 3/390
- азулены 1/104, 105, 375, 684; 2/143, 438, 1136; 3/324, 377, 378
- аниулены 1/312, 313, 377, 378; 3/390, 1243, 1250; 4/767
- тропилия 5/20, 21
- трополоны 5/21, 22
- циклопентадиеныды 3/390. См. также *1,3-Цислопентадиен*
- Небера реакция** 1/237
- Неблагородные металлы** 5/920, 921
- Небуларин** 3/594; 4/274
- Невалентные взаимодействия** 3/390, 204, 211, 219, 391
- Невзаимозаместимость фотозкспозиции** 5/329, 330
- Невиграмон** 3/385
- Невиллит** 2/1101
- Невля-Винтера кислота** 3/386
- Неводные системы**
- растворители 2/199; 3/135; 4/395
- электролиты 5/859, 857, 860, 861; 1/111, 973
- Невосстанавливающие олигосахариды** 3/746–749
- Невырожденные системы**
- протонный обмен, см. *Водородная связь*
- энергетические уровни 1/855
- Невысыхающие масла** 4/377
- Невянскийит** 2/535; 3/823; 4/532, 562
- Негативно-позитивный процесс** 5/324, 452–456
- Негашеная известь** 1/771, 870, 880, 892, 898, 1049, 1093; 2/158, 349, 350, 586. См. также *Кальций оксид*
- Негорючие вещества** 1/1175; 3/1187
- Негоэтропия** 3/841
- Недеструктивный анализ** 3/430, 431
- Недисперсионные анализаторы газов** 1/888
- жидкостей 2/291
- Нееля точка** 1/341; 2/1111; 3/882; 5/97, 102, 104
- Нежелезные металлы** 5/651
- Нежесткие молекулы** 3/391, 207, 392–394, 468; 1/836; 2/369, 729, 925, 1223; 4/46, 691, 828, 1215; 5/701, 702
- Незаменимые соединения**
- аминокислоты 1/394, 482, 483, 668, 750; 2/361, 559, 1158; 3/133, 155, 156, 619, 620, 622, 623, 627; 5/1, 121
- жирные кислоты 3/395, 396, 397; 1/863–865; 4/382
- факторы роста (питания) 2/1192, 1193; 3/813. См. также *Витамины*
- Незатененные выбросы** 3/853
- «Незатрудненные» реакции** 1/1056
- Неингаляционные средства для наркола** 4/812
- Неионогенные поверхностно-активные вещества** 1/164, 865–867; 2/83, 152, 817, 1149–1151; 3/163, 181, 182, 184, 188, 189, 283, 608, 610, 718, 909, 911, 992, 1163, 1165, 1166; 4/31, 188, 189, 699, 700; 5/127, 203, 204, 208, 780, 949, 950, 951, 973, 991. См. также *Окситиллированные соединения*
- авиажеты 1/340; 3/718; 4/1012
- алкансульфонаты 1/149
- оксикалаиды жирных кислот 3/685, 686
- ситтамиды 4/696, 697
- сорбитали 4/769, 770
- сульфуренд 4/935
- Неискрающие материалы** 3/1189
- Нейзильбер** 2/1332, 1333
- Нейраминидаз** 3/397; 1/1097
- Нейраминиллактоза** 3/748
- Нейраминная кислота** 3/267
- Нейрогормоны** 3/626
- Нейротические средства** 3/398, 399, 1031; 1/317; 2/636; 4/268, 269, 393, 439, 743, 813, 1122, 1254. См. также *Аминазин, Резерпин*
- Нейролептиды** 3/399, 400, 401; 1/552; 2/581
- Нейролептические средства** 3/398, 399
- Нейротензин** 3/401
- Нейротоксины** 1/472, 482, 603; 3/934; 4/1195; 5/1035–1041
- Нейротропные средства** 1/1119, 1120; 4/1195
- Нейрофизины** 1/661; 3/712
- Нейтрализация** 3/851, 859, 860; 4/244, 415, 745, 746
- в производстве удобрений 2/869
- и иммунные реакции 2/426
- и коагуляция 2/817
- и сульфитная обработка древесины 4/118, 119
- кожи 2/836
- продукты, см. *Кислоты и основания*
- флуоресцентные индикаторы 2/216
- Нейтральные вещества**
- живицы 2/283
- индикаторы 2/447
- красители 3/128, 129, 131; 5/116
- липиды 2/1188, 1189, 1191. См. также *Жиры*
- лиственничная смола 2/284
- удобрения 3/172, 173
- экстренгины 2/294
- Нейтрон** 4/244, 315; 5/930–932
- Нейтронные методы**
- автордиография 3/402; 4/325
- анализ абсорбционный 3/402, 403
- активационный 1/120, 121; 2/347, 916, 1010; 3/306, 403, 1133; 4/467, 550, 557, 982, 1065, 1113; 5/77, 656
- влажности 1/755
- дифракционные, см. *Нейтроннография*
- карозия 3/402, 403
- обогащение полезных ископаемых 3/636
- спектроскопия 3/404
- Нейтроннография** 3/404, 208, 403; 2/188–191, 503, 1063, 1065; 4/476, 882; 5/327
- Нейтроны** 3/401, 402, 604, 605; 1/403, 408, 755; 2/189, 788; 4/243, 244, 315–317; 5/930–932, 1016–1021, 1031, 1032
- альbedo 3/402
- быстрые 2/25, 220, 500; 5/76
- дифракция 2/188–190
- дозиметрия 2/220
- замедлители и поглотители 1/875, 1192; 2/25, 244; 4/685; 5/33
- излучение 2/188–191, 216, 217, 499–503; 3/298; 4/289; 5/335, 336
- источники 3/403; 2/564; 4/332; 5/4, 1022
- медленные 2/500, 1009
- сечение захвата 2/501
- спии 2/718; 4/786
- тепловые 2/453, 500; 3/401–404; 4/116; 5/33, 766, 767, 1022
- холодные 2/500
- Нейтронининовые красители** 3/128, 129, 131
- Некаль** 3/376
- Некарбонатная жесткость воды** 1/771; 2/282, 283
- Некомплементарные реакции** 1/1159
- Неконкурентные ингибиторы** 2/434
- Нелетучие системы, см. Горение**
- Нематициды** 3/405
- Нематические жидкие кристаллы** 5/104
- Нематоциды** 3/405, 994; 2/472, 473; 5/416
- Нембутал** 4/742; 5/973
- Неметаллические полезные ископаемые** 3/405, 96, 165, 166, 955–958, 406, 1193, 1194; 1/1079–1082; 2/817; 4/559, 561; 5/205, 935, 936. См. также *Горнохимическое сырье, Минералы, Руды*
- Неметаллы, см. Неметаллические полезные ископаемые**
- Ненасыщенные соединения** 1/1180, 1181; 3/784. См. также индивидуальные представители, их классы и реакции
- аминокислоты 1/252, 253
- аминовые, см. *Енамины*
- карбонильные 2/106, 107, 1080. См. также *Альдегиды, Кетоны*
- карбоновые кислоты 1/964, 1179; 2/82, 417, 515, 516, 640, 646, 1106; 3/9, 70, 395, 604, 699, 700, 707; 4/525, 536, 1140
- спирты 2/1109, 1110
- углеводороды 3/406, 407
- алкены, см. *Олефины, Циклоолефины*
- алтернативные 1/204; 4/419; 5/644, 648
- алкины, см. *Ацетиленовые углеводороды*

- ароматическое, см. *Ароматические соединения*
- газов нефтепереработки 1/926-928
- днины, см. *Дниновые углеводороды*
- енины 2/245, 246, 965, 966, 1103, 1104; 1/713, 714; 3/406, 831
- модное число 2/497, 498
- несимметричные 2/311, 312
- полиеновые, см. *Полиены*
- полииновые, см. *Полиины*
- получение 2/10, 11, 686, 900; 3/1059
- свойства 1/442, 1090, 1106-1109; 2/36, 37, 143, 684, 777, 1034; 3/1061-1066; 5/907
- терпены 4/1091-1093
- цветность 5/646
- Нейцеску реакции 3/407, 408, 409
- Нейцкого модификация 5/369
- Ньютоновские жидкости 1/728, 729, 873; 3/947; 4/138, 484, 486, 487; 5/41. См. также *Реология*
- Необабениол 2/284
- Необитиновая кислота 4/740, 741, 977
- Неоаймалин 1/105
- Необрастающие материалы 1/337; 2/1331; 3/252, 763, 991; 4/29, 546; 5/749, 934, 935
- Необратимые индикаторы 2/446, 450
- Необратимые реакции, см. *Обратимые и необратимые процессы*
- Неогексен 3/104
- Неогемодез 2/1078
- Неоглюкобрасины 4/653
- Неодикумарин 1/330
- Неодим 3/409, 410; 2/1146; 5/937. См. также *Редкоземельные элементы*
- аквакомплексы 2/928
- ванадат 1/672
- галогениды 3/410; 4/437
- оксиды 3/409; 4/438, 586
- определение 1/763
- органические соединения 2/828, 1147; 3/410
- получение 3/410; 4/157, 436
- применение 2/1117, 1118, 1120, 1123-1125, 1240, 1243; 3/410
- свойства 3/75, 409, 957, 958; 4/431-434, 584
- сплавы 1/1185; 2/1249; 3/91; 4/142
- сульфиды 4/910
- феррит 5/163
- фосфаты 1/1110; 3/410; 5/252
- Неозоны 1/334; 4/695, 815, 817; 5/126, 992
- Неоизоментол 3/59, 60
- Неокаррабиоза 2/660
- Неокарциностагнин 3/926
- Неокестоза 5/374
- Неокомпенсант 2/1078
- Неоксантин 2/656-658
- Неокупферон 2/1104
- Неоментол 3/59, 60
- Неоминин 1/246
- Неон 3/410; 5/937. См. также *Благородные газы*
- определение 1/121; 3/411
- получение 1/399, 796, 797; 3/411
- применение 2/1034; 3/240, 411; 4/1079; 5/160, 435, 604
- свойства 1/6-8, 568, 569, 949, 1015; 2/189, 393, 394, 767, 1077; 3/17, 410, 411, 488, 957, 958; 4/152, 587, 813, 1039, 1077; 5/16, 387, 1020
- Неопентан 3/345, 912; 4/421, 750
- Неопентаиновая кислота 1/668
- Неопентил 3/569
- бромид 3/32
- гликоль 1/153
- N-Неопентилдиен-трет-бутиламин 2/1138, 1139
- Неопланоцин 3/595
- Неопределенности, соотношение и принцип 2/720, 726
- Неопрепы 1/860; 5/571, 572
- Неорганизованные выбросы 3/852
- Неорганическая химия 3/411, 412-416; 5/480, 492, 508
- и биохимия 1/550, 551
- и номенклатура соединений 3/575-577
- и периодическая система элементов 3/955-963
- и сынтет веществ 3/420, 415, 416, 421; 2/664; 5/901, 902
- материалы, см. *Неорганические материалы*
- Неорганические материалы 3/418, 415, 416. См. также отдельные виды
- волокна 3/417; 2/327, 328; 5/503. См. также *Волокнистые материалы*, *Нитевидные кристаллы*
- алмосиликатные 4/844, 845
- асбестовые, см. *Асбестовые волокна*
- базальтовые 1/387; 2/327; 3/329, 417; 4/1013
- борные 1/574, 575, 593, 594, 802; 2/878-880; 3/145, 327, 329, 417
- карбидные 2/878-880; 3/329, 417
- кварцевые 2/878, 879, 1028; 3/417; 4/845
- металлические 3/73, 74, 417; 2/250; 4/844, 845
- радиационная стойкость 4/291
- силикатные 3/417
- стеклянные, см. *Стекланные материалы*
- полимеры 3/418, 419, 420; 1/857, 859; 5/617. См. также *Полифосфазены*
- стекла, см. *Стекла неорганические*
- Неорганический сынтет 3/420, 415, 416, 421; 2/664
- Неорон 1/107
- Неосакситоксин 5/1047, 1048
- Неотиобинурфардин 4/652
- Неотропин 1/261
- Нео-уромиро 4/478
- Неофлон ЕТФЕ 5/403
- Неофолнон 3/421
- Неопапаны 1/438
- Неоэндорфин 3/766
- Непереходные элементы 5/936
- Неполярные соединения
- герметики 1/1045
- диэлектрики 2/206
- молекулы 2/142, 147
- молекулярные жидкости 2/300
- натуральный каучук 1/1045
- растворители 1/617; 2/143, 511
- Непредельные углеводороды 3/406, 407. См. также *Ненасыщенные углеводороды*
- Непрерывные и периодические процессы 3/421, 422, 423, 999; 1/292, 698; 2/160, 161, 165, 351, 463, 843, 844; 4/401, 452-457, 461, 881, 882, 1065, 1068; 5/232, 472, 822, 823
- Непрессол 1/522; 3/1044
- Нептунаты 3/424
- Нептуний 3/423; 4/1241; 5/76. См. также *Актиноиды*
- определение 3/425; 4/1221; 5/436
- получение 1/1104; 3/425; 4/336; 5/256
- применение 1/133
- свойства 1/131, 132; 2/370; 3/423, 957, 959, 962, 1093, 1154; 4/323-325, 332; 5/166
- соединения 3/423-426
- сплавы 5/81
- Непунт 3/472
- Неравновесные процессы. См. также *Обратимые и необратимые процессы*
- бимолекулярные 1/547, 548
- межфазная поликонденсация 3/21
- плазменные 3/1094, 1095, 1098, 1099, 1101-1103
- сольватация 4/423
- термодинамика 2/1183; 3/841, 842; 4/1062-1070
- физико-химический анализ 5/175, 176
- химическая кинетика 3/426, 259, 260, 427-430, 1102, 1103; 2/42, 756, 1122; 4/463
- Неравнопопечные веса 1/685, 687, 688, 690, 691
- Нерадионые изотопы 2/387
- Нераздельнокопнящие смеси, см. *Азеотропные смеси*
- Неразол 5/222
- Неразрушающий анализ (контроль) 3/430, 431; 1/292; 2/289; 5/497
- бесстружковый 1/542, 543; 3/431
- катодоллюминесцентный 2/702, 703, 1212, 1213
- локальный 3/431
- материалов, см. *Дефектоскопия*
- радиография 4/325, 326
- рентгенорадиометрический 4/479
- спектроскопия 3/768; 4/483
- экспрессный 1/978
- Нераль 5/773
- Нервно-паралитические отравляющие вещества 3/842-846
- Нервон 5/693
- Нергекоселективные реакции 1/758
- Нерегулярные насадки 3/337-339
- Нередуцирующие олигосахариды 3/746-749
- Неренстоксин (неренстотоксин) 2/469, 475; 5/1045, 1046
- Нерелативистская квантовая механика 2/717, 721, 722; 4/787, 788
- Нержавеющие стали 2/16, 261, 262, 265, 320, 323, 548, 957
- Нернста гипотеза 5/682
- модель 5/169
- слой 2/423
- уравнение 3/431, 47, 663; 1/314; 2/450, 1254; 4/154; 5/637, 836, 840, 841, 843, 844, 902, 918, 922, 926
- штифт 4/785
- Нернста-Эйнштейна уравнение 2/197
- Нерол 1/185, 1024; 2/238; 4/1090; 5/1004
- Неролдолол 3/431, 432; 4/659, 661; 5/112
- Неролиевое масло 1/487, 1024; 2/251; 4/1094; 5/112, 130
- Неролилацетат 3/432
- Неролин 3/388
- Несвязывающие орбитали 3/781, 965; 5/648, 649
- Несенсибилизированные фотоматериалы 5/317
- Несеребряная фотография 1/623, 624; 4/506; 5/315-322. См. также *Репрография*
- Несистематические названия веществ 3/572
- Нескомпенсированная теплота Клаузиуса 3/645
- Несмачивание 4/729
- Несмезяюва
- диазометод 1/740; 3/432, 801
- реакция 3/432, 433; 1/374, 958; 2/17, 75; 4/553, 946
- Несмеянова-Борисова правило 2/128
- Несоогласованные реакции 1/843
- Несоженный диссоциированный аммиак 2/326
- Неспецифическая адсорбция 1/53
- Несслера реактив 3/433; 1/94, 277; 2/1108; 4/545, 642
- Нестационарные реакции 2/715
- Нестереорегулярные полимеры 1/858
- Нестероселективные реакции 4/854
- Нестехиометрия 3/433, 413, 434, 435, 698, 949; 2/767, 984; 4/150; 5/175, 515
- Нетканые материалы 3/435, 436-438, 802, 804, 924, 1204, 1227, 1237; 4/1; 5/49, 144, 186, 390, 447
- Нетропсин 3/927
- Неукрывистые пигменты 2/409; 3/1011, 1014
- Нефа реакция 3/438, 439, 552; 1/199, 316; 2/1298; 5/999
- Нефелин(ы) 3/439, 347; 1/207, 213, 214, 221, 359, 467, 871, 934; 2/222, 348, 349, 568, 731; 4/557, 561, 680, 707; 5/113, 654
- Нефелометрия и турбидиметрия 3/439, 349, 440, 441; 2/148, 859; 4/757, 935; 5/172, 335
- Нефрасы 1/502; 3/466; 4/34
- Нефрикс 2/204
- Нефрит 4/681
- Нефтеотдача пластов 3/163, 1167, 1168; 4/80, 85; 5/949
- Нефтепереработка 3/441, 442-444, 448, 833, 856; 1/467
- в печах 3/1005-1008
- газы, см. *Газификация нефтяных остатков*, *Газы нефтепереработки*, *Газы нефтяные попутные*
- продукты, см. *Нефтепродукты*, *Нефтехимия*
- процессы вторичные, см. отдельные процессы
- каталитические, см. *Катализаторы процессов нефтепереработки*
- первичные, см. *Дистилляция нефти*, *Пиролитическая обработка сырья*, см. *Газовые конденсаты*, *Нефть и ее фракции*
- Нефтеполимерные смолы 3/444, 445, 750; 4/1090
- Нефтепродукты (нефтяные фракции) 3/445. См. также индивидуальные вещества
- битумы, см. *Битумы нефтяные*
- как загрязнители среды 3/849-851, 858, 868
- кокс, см. *Кокс нефтяной*
- легкие 2/166, 167, 169
- масла, см. *Моторные масла*, *Нефтяные масла*, *Смазочные масла*
- осветительные, см. *Керосин*
- очистка 3/995; 5/568. См. также *Гидрообессеривание*, *Гидроочистка*
- адсорбционная 1/52, 53; 2/678; 3/443, 459; 4/928
- деасфальтизация 2/6, 7, 32, 168, 678; 1/398, 991, 1106; 3/441-443; 4/611, 612, 650, 1059
- деметаллизация 2/32, 6, 1327; 1/1106-1108; 3/441-462
- депарафинизация 2/33, 34, 103, 168, 363, 1043; 3/128, 281, 347, 441, 443, 446, 558, 884; 4/194, 650, 1059
- доочистка 1/52. См. также *Гидроочистка*
- контактная 2/903, 904; 1/52, 1090; 3/443, 884; 4/612; 5/29
- механическая 3/858
- перколяционная 3/967, 443, 884, 968, 969; 1/52
- селективная 4/610, 611, 612, 650, 1113, 1115; 2/121, 903; 3/443, 995; 5/29
- сериокислотная 4/649, 650, 1116; 2/903; 3/443, 864, 884, 995

- фенольная 4/1116  
– фракционное плавление 2/1044  
получение, см. *Нефтепереработка, Нефтехимия, Нефть*  
растворители, см. *Нефтяные растворители*  
ростовое вещество 3/303  
светлые 3/446; 4/1059–1061  
свойства 1/1090; 3/446–448, 487  
смазки, см. *Смазочные материалы*  
смола 3/466, 446, 447, 467; 1/398; 2/1276  
состав 3/377, 378, 462  
средины 2/166, 167, 169, 170  
сульфонаты 3/185, 1168  
твердые углеводороды, см. *Озокерит, Парафин, Церезин*  
темные 3/446  
топлива, см. *индивидуальные предстатели и их группы*  
тяжелые 2/166, 167, 169, 170  
**Нефтехимия** 3/448, 449–451, 856. См. также *Нефтепереработка, Нефтепродукты, Нефть*  
**Нефть**(и) 3/452, 1193; 5/42  
биохимические маркеры 4/661  
деэмульгирование, см. *Деэмульгаторы, Эмульсии*  
и нефтяные топлива, см. *Альтернативные топлива*  
и синтетическое жидкое топливо 4/701, 703–705  
извлечение из пластов, см. *Нефтьотдача пластов*  
исследование и анализ 2/292, 293; 3/458–461  
как загрязнители среды 3/849–851, 858, 865  
как каустобилиты 2/703  
классификация 3/461  
переработка, глубина 3/442–444  
– очистка и продукты, см. *Нефтепродукты, Нефтехимия*  
– первичная и вторичная 1/926, 927; 3/441–444, 462. См. также *Нефтепереработка*  
– пиролиз, см. *Пиролиз нефтяного сырья*  
– подготовка, см. *Обезвоживание и обессоливание нефти*  
– разделение адсорбционное 1/63  
– перегонка, см. *Дистилляция нефти*  
применение 3/441, 442, 445, 446, 448–450, 452, 462, 465. См. также *Основной органический синтез*  
пронхождение 3/448, 457  
свойства 3/446, 453–458, 462, 463, 465, 1173  
состав 1/398, 1106, 1107; 2/169, 170, 965, 1276; 3/345, 347, 377, 442, 444, 447, 453, 454, 456–466. См. также *Нефтяные смолы*  
стабилизация 3/461  
**Нефтяной кокс**, см. *Кокс нефтяной*  
**Нефтяные масла** 3/465, 441–443, 445–448, 466, 995, 1005; 2/1276, 1319; 4/726, 1116  
белые 1/487; 3/446, 447, 466; 4/650, 726  
дистиллятные, см. *Дистиллятные масла*  
зольные 3/277, 472  
и асфальтены 3/398, 467  
и смолы 3/398, 467  
изоляционные 2/363, 676; 1/487; 3/446, 466, 1245, 1247  
как акриды 1/106  
как амортизаторные жидкости 1/286  
как диэлектрики 2/268  
как дымообразователи 2/239, 240  
как канцерогены 2/606  
как мягчители 3/1116  
как наполнители 1/633, 634, 636; 3/326  
как теплоносители 4/1050  
как технологические смазки 3/1124–1127; 4/1116  
компаундированные 3/446, 466  
консервационные 2/900; 3/277, 466, 726  
летние 3/277, 472  
медицинские и парфюмерные 1/487  
металлоплакирующие 3/86  
моторные, см. *Моторные масла*  
нитрол 3/472  
нитрованные 2/900; 4/173, 175  
осаждение 1/31  
остаточные, см. *Остаточные масла*  
отбеливание 3/658  
очистка, см. *Нефтепродукты*  
присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*  
смазочные, см. *Смазочные масла*  
состав 3/446, 460, 465, 466  
стойкость к озону 3/661  
– радиационная 3/1124  
эмульгаторы 1/17  
**Нефтяные растворители** 3/466, 445, 446; 4/358  
нефункциональные заместители 3/572–574  
Нефтиновые кислоты 3/1082  
Независимый массообмен 2/1298  
Неэлектролиты, см. *Растворы неэлектролитов*  
Неэмпирические методы квантовой химии 3/467, 225, 237, 468, 699, 783; 1/667, 1066, 1067; 2/723, 1211; 4/119, 121, 421; 5/463, 876  
Ниакс 4/31  
Няламы 1/325, 326, 341; 2/371  
Няцины 3/469, 470, 471, 624, 697, 1077; 1/751; 2/407, 967; 4/524; 5/159  
Ниа 1/1063  
Нибуфин 1/346; 5/260  
Нивалинол 3/153, 155  
Нивахиин 4/239  
Нигексин 4/775  
Нигерин 2/522, 524  
Нигрозины 3/471, 472; 2/302, 980, 990, 994–996; 4/800  
Нигрол 3/472  
Нидокарбораны 1/379  
Нижняя граница определяемых концентраций 3/136, 139  
Низин 3/472, 925–927, 1088  
Низкотемпературные процессы. См. также *Криохимия, Холодные процессы*  
дистилляция 3/101  
плазмохимические 3/1098, 1099–1101. См. также *Плазма, Плазмохимия*  
полюконденсация 3/1210, 1212, 1217–1219, 1240, 1259, 1261; 4/1084  
полимеризация 3/1267; 4/917  
ректификация 2/25; 5/4, 33  
Низорал 4/228, 229  
Никелевые аккумуляторы 1/110, 111  
Никелевый купорос 3/484, 485  
Никелин 1/384; 3/472  
Никелирование 1/528, 974, 975; 2/321, 1101; 3/334, 479, 512; 4/900; 5/288  
Никеллоцен 2/362; 3/91, 477, 478  
Никель 3/472, 454, 456–458; 2/789; 5/503, 895, 937  
аквакомплексы 2/930  
амальгамы 1/223  
амины 1/335; 3/474; 5/400  
арсенид 5/609  
бориды 1/703; 3/473  
галогениды 3/478, 79, 89, 90, 346, 474, 477, 479–481, 512, 576, 1019; 1/341, 667, 668, 673, 970, 974, 983; 2/1022; 5/16, 162, 195, 277, 390, 449, 454, 858  
гексагидрат 3/485  
гексафторосиликат 5/407  
гексааниоферраты 5/656  
гидриды 3/473, 475  
гидроксиды 1/110, 111; 2/710; 3/480, 481, 485  
гидросиликат 2/676  
интерметаллиды 1/331, 332, 384, 385, 1081, 1082; 2/477–481, 483–486, 669, 1146; 3/76, 147, 165, 473, 482, 484, 1053; 4/99, 618, 1023, 1024  
карбонат(ы) 3/479, 474, 475, 480, 485; 2/624, 473, 482  
карбонилы 3/486, 78, 84, 91, 473, 475–477, 480, 486, 575, 580; 1/430, 668, 889, 894, 916; 2/121, 633, 641, 642, 646; 4/206, 499, 500, 947, 1153; 5/332, 503  
металлаты 1/1035, 1049; 2/249, 944; 3/308, 472, 474, 576, 1012; 4/943; 5/631, 632  
нитрат 3/480, 481  
нитрид 3/473  
нитрит 3/517  
оксиды 3/481, 89, 90, 168, 473–475, 478, 482, 485, 515, 1075; 1/110, 111, 988, 1055; 2/13, 200, 242, 263, 672, 675, 676; 4/709, 839, 1010, 1057; 5/552, 943  
определение 1/120, 348, 739; 2/117, 451, 573, 710, 743, 1104, 1219, 1224, 1230; 3/113, 290, 475, 703, 969, 1058; 4/395, 399, 555, 1126, 1250; 5/431, 722, 723, 781, 837  
органические соединения 3/475, 62, 79, 84, 325, 349, 377, 476–478, 537, 539, 713, 736, 876, 1017, 1211, 1229; 1/364, 432–434, 571, 1094; 2/97, 117, 175, 177, 374, 646, 769, 927, 929, 944, 1001, 1035, 1085, 1171, 1172, 1253, 1327, 1328; 4/18, 501, 589, 900, 1062, 1088, 1140, 1148; 5/383, 384, 713, 721, 723, 935, 960  
перлорат 3/990  
питтинги 3/1088  
получение 1/529, 869, 977, 1071, 1103, 1104, 1107, 1108; 2/6, 32, 84, 87, 116, 177, 263, 553, 573, 819, 822, 1153, 1243, 1250, 1251; 3/4, 7, 89, 90, 412, 474, 475, 479, 480, 486, 819, 825, 871, 1000, 1001, 1053, 1068, 1069, 1193; 4/139, 560, 561, 565, 613, 820; 5/207, 651, 749, 833, 853, 854, 923  
применение 1/339, 631, 632, 904, 1085, 1091; 2/615, 800, 802, 878, 1225–1227, 1232, 1240, 1243; 3/71, 87, 161, 301, 303, 475; 4/114, 115, 709, 835, 953, 1202; 5/61, 365, 487, 488, 733, 734, 739, 753, 901, 903, 904, 920, 926. См. также *Никелирование*  
Реня, см. *Реня никель*  
свойства 1/315, 398, 399, 651, 963, 964, 1015, 1018, 1055–1058, 1082; 2/25, 43, 183, 282, 295, 321, 526, 664, 666, 669–672, 677, 680, 681, 751, 920, 1085, 1253, 1332; 3/74, 96, 97, 325, 346, 347, 372, 387, 388, 472–474, 486, 527, 680, 701, 768, 889, 890, 949, 955–958, 991, 1030, 1045, 1093; 4/325, 538, 601, 803, 804, 813, 816, 980, 1056, 1091, 1101, 1106, 1137, 1198, 1201, 1269; 5/13, 49, 56, 68, 119, 122, 124, 125, 127, 130, 133, 141, 164, 264, 362, 392, 455, 651, 681, 701, 713, 722, 726, 749, 975, 978, 980  
селениды 3/165, 473; 4/505, 618  
силлициды 3/473; 4/684  
сплавы 3/482, 15, 147, 249, 334, 475, 483–486, 492, 546, 695, 754, 825, 872, 889, 1088, 1133; 1/214–218, 459, 820, 821, 875, 1063; 2/249, 250, 257, 260, 261, 263, 320, 321, 486, 548, 625, 734, 736, 737, 801, 827, 828, 878–880, 947–950, 962, 1146, 1202, 1241–1243, 1283, 1318, 1331–1333; 4/139, 142, 157, 467, 809, 876, 1008, 1009, 1150, 1181; 5/198, 451, 611, 766, 947, 966  
сульфат 3/484, 475, 480, 485; 1/974; 5/669  
сульфиды 3/485, 472, 474, 486, 1053, 1133; 2/670, 675, 1000, 1001; 4/193, 505  
теллуриды 2/478, 479; 3/473  
тетрафтороборат 5/400  
тиоцианат 4/501  
токсичность 2/606; 3/1194  
феррит 2/734; 5/163  
фосфаты 3/473, 474; 5/250–252  
фосфиды 3/473; 5/256–258  
цианиды 1/513; 2/1043, 1327, 1328; 3/474; 4/501, 557; 5/703  
**Никетамид** 3/487  
**Никлозамид** (никлосамид) 3/252; 4/225, 226  
**Никлофола** 4/225  
**Никодин** 2/277; 3/487  
**Никольского уравнение** 2/513  
**Николя** призма 5/540  
**Никотрены** 2/1095  
**Никосы** 2/1243  
**Никотеллин** 3/1047, 1048  
**Никотин** 1/292, 427, 1181; 2/468, 475; 3/487, 1047, 1048, 1080; 4/495, 516, 517; 5/592, 593, 1051, 1052  
**Никотинамид** 1/39, 261; 3/200, 469–471, 487; 4/241  
**Никотинамиддениндинуклеотид** 1/165, 194, 417, 608–611, 1047, 1136, 1142–1144, 1149, 1150, 1153, 1155, 1156; 2/967, 968, 1110, 1190; 3/36, 156, 200, 469–471, 503, 669, 670, 697, 810, 920; 4/497, 541, 1228, 1259–1262; 5/148, 971. См. также *НАД, Никотинамидные коферменты*  
**Никотинамиддениндинуклеотидфосфат** 1/194, 300, 609, 1026, 1095, 1096, 1149, 1150, 1152, 1153, 1155, 1156; 2/241, 364, 967, 968; 3/469–471, 503, 697, 810, 918–920; 4/119; 5/148, 162, 344–349. См. также *НАДФ, Никотинамидные коферменты*  
**Никотинамидмононуклеотид** 1/1132  
**Никотинамидные коферменты** 2/967, 968; 3/487, 503, 504, 624, 697, 1077; 4/524, 1228; 5/159  
**Никотинилпипидин** 3/470  
**Никотиновая кислота** 3/487, 120, 469, 470, 1019; 1/250, 1118, 1119; 2/142, 407, 426; 4/775; 5/527, 758  
амид 1/39, 261; 3/200, 469–471, 487; 4/241  
нитрил 3/512, 1019  
**Никотинуровая кислота** 3/470  
**Никоформ** 3/487  
**Нилевар** 1/290, 291  
**Нильсборий** 3/487, 413, 488, 958, 961  
**Нимоник** 3/482  
**Нингидрин** 1/304, 476, 556; 2/1108; 3/488, 711; 4/397  
**Нингидриновая реакция** 3/488, 711, 930; 1/475; 2/476; 4/191, 397  
**Ниобаты** 3/488, 489, 493–496, 777; 4/575, 985. См. также *Танталониобаты*  
**Ниобиевые кислоты** 1/1060; 3/488, 494–496  
**Ниобий** 3/490, 90, 491; 5/923, 937, 938  
арсенаты 1/382  
борид 1/583, 584

- галогениды 3/494, 489, 492, 493, 495, 496, 751, 1069; 1/950; 2/933, 1170; 4/944, 981  
гидриды 3/490, 491  
гидросид 3/492  
интерметаллиды 1/332, 935, 1037; 2/480, 485, 486; 3/491, 493, 498; 4/584, 587  
карбид 1/815; 2/260, 624, 734, 736; 3/491-493; 4/1009  
нитриды 3/491, 493, 509; 4/584, 585, 1009  
оксиды 3/496, 485, 486-492, 495, 497, 696, 969, 971; 2/709, 1206; 4/838, 981, 984  
оксонитрат 3/504  
определение 1/120, 121, 124, 1116; 2/709, 731, 1090, 1104; 3/272, 492, 969, 1044, 1057; 4/397, 982; 5/128  
перхлорат 3/990  
питтинги 3/1087  
получение 1/468, 869, 1103, 1104; 2/84, 519, 546; 3/88, 90, 93, 413, 491, 492, 495, 497, 981, 1000, 1068-1070, 1077, 1193; 4/139, 142, 559, 561, 567, 1165; 5/651, 833  
применение 1/1063; 2/1227, 1241; 3/492, 493; 4/835, 1010; 5/730, 908, 989  
свойства 1/1018; 2/383; 3/74, 96, 97, 255, 487, 490, 491, 955, 958; 4/321, 431, 434, 574, 584, 587, 723, 813, 1009  
селенд 4/584, 618, 619  
силициды 4/684  
соединения, галлиевый борат 2/222  
- германиевый гранат 1/1035  
- межгалогенные 3/494, 577  
- перовскиты 3/969  
- пероксокомплексы 3/975  
- органические 3/493, 494, 1056; 1/166, 167, 169, 364, 365, 433; 2/203; 4/986  
сплавы 3/497, 88, 100, 249, 482-484, 492, 498, 754, 758; 1/618, 819, 987, 1039; 2/249, 250, 260, 947, 948, 1153; 4/584, 685, 708, 984, 985, 1180; 5/80, 81, 618, 762, 766  
сульфаты 3/491  
сульфиды 3/491; 4/584  
тиоцианат 4/1165  
фосфиды 3/491  
хлориды 5/16, 703  
цианиды 5/703  
Ниобен 3/78, 91, 92, 494  
Ниогрин 2/844  
Ниоксим 5/722, 723  
Ниплон-1 4/26  
Ниплол 1/629, 631, 635; 2/375-378  
Ниплеон 3/1232-1235  
Нира ионный источник 2/1309  
Нирванол 2/412  
Ниренштайна реакция 3/498, 499  
Нистатин 3/499, 1/321; 2/1262; 4/228  
Нистафунгин 3/499  
Нитевидные кристаллы 3/499, 74, 87, 255, 415, 417, 500, 501; 2/52, 877, 879, 1070; 4/251  
Нити  
высокообъемные 4/1014-1017  
как наполнители 3/328, 802-804  
кордные 1/731-733  
крашение 2/992  
одиночные, см. *Мононити*  
неорганические 3/74, 417; 4/846  
полиозные 1/731-733  
путанка 1/807  
текстильные. См. также *Волокна*  
- авиаж 4/1012  
- вискозные 1/731-733; 3/64  
- для нетканых материалов 3/435-437  
- замасливание 4/1012  
- медноаммиачные 3/4  
текстурированные 4/1014, 89, 90, 1015-1017; 1/806; 3/1203-1206; 5/166, 232-234, 237  
термостойкие 4/1083, 1084  
технические 1/802-804, 806; 3/1203, 1204  
фибриллированные 5/166, 167  
химические 1/802-806; 3/1203-1206, 1230, 1231, 1236, 1239, 1241; 4/27, 40, 41, 50, 88-90, 844, 845; 5/389, 390  
хирургические 3/1241, 1263  
элементарные 1/800; 5/167  
Нитинолы 3/484; 4/1181  
«Нитр» 3/575. См. также *Азот*  
Нитрагин 1/451  
Нитразелам 3/501; 4/269, 743, 1225  
Нитралии 1/1027  
Нитраמידы 3/501-503, 510, 511; 4/898  
Нитрамыны 3/501, 502, 503, 532, 553; 1/607, 608, 705; 2/402; 4/1111, 1203  
Нитран 1/1027  
Нитрарин 2/457  
«Нитратное» дыхание 2/240; 3/503  
Нитратные удобрения 1/92, 102, 103. См. также *Калий нитрат*, *Натрий нитрат*, *Селитры*  
Нитратредуктазы 3/503, 504; 5/150  
Нитраты  
неорганические 3/504, 146, 166, 357, 505, 1055, 1075; 1/768, 1122; 2/240; 3/503; 4/482, 621, 731, 750, 774; 5/150, 431, 864  
органические 3/505, 342, 503, 506, 507, 518, 528, 531, 532, 558; 4/774; 5/65, 985  
- ДИНА, см. *Дистанолнитраминиднитрат*  
- как растворители 4/359  
- тринитриды, см. *Нитроглицерин*  
- ТЭН 3/507  
- целлюлозы, см. *Целлюлозы нитраты*  
- этиленгликоля, см. *Диэтиленгликольнитрат*, *Этиленгликольнитрат*  
Нитрафен 5/142  
Нитрены 3/507, 508, 532, 540, 554, 734, 1045; 1/7, 73, 76, 758, 1179; 2/622, 1185; 4/798; 5/442, 443, 938  
Нитриды 3/508, 509, 510; 1/275, 1164; 2/453, 1153; 4/482, 575, 980-982; 5/703, 704  
гели-микросферы 2/340  
как катализаторы 2/671  
как легирующие добавки 4/1009, 1010  
как материалы волокнистые 3/329  
- - керамические 2/734, 737  
- - конструкционные 2/903  
- - оптические 3/777  
- - радиопоглощающие 4/332  
как фазы внедрения 3/75, 76  
кластерное состояние 2/796  
металлов 1/1191; 2/417; 3/648-650; 4/465; 5/510. См. также отдельные химические элементы  
минералы 3/165, 166  
номенклатура 3/576  
Нитрил 3/577  
соединения 3/510, 511, 533, 577, 989. См. также индивидуальные представители  
Нитриламины 5/738  
Нитрильборфторид 3/533  
Нитрилгалогениды 1/93, 95, 96, 98, 950; 3/510, 511  
Нитрилгидрохлорид 1/1119, 1120  
Нитриля соли 1/278; 2/420; 3/513, 721; 4/525, 866  
5,5'-Нитрилодибарбитуровая кислота 3/290  
Нитрило-трис-(метилен)трифосфоно-вая кислота 3/511  
Нитрилоксиды 1/85; 4/1154; 5/125, 738  
Нитрилтриметилфосфоновая кислота 3/511, 512, 1089; 2/872  
Нитрилтриуксусная кислота 2/870, 872; 4/255, 699  
Нитрилтриэтанол 5/974  
Нитрилы 3/512, 510; 5/60, 125, 142, 239, 241, 242, 280, 369, 385, 449, 450, 699, 704, 705, 710, 784, 785, 993, 1011. См. также индивидуальные представители  
аддукты 1/677; 2/332; 3/224  
алифатические 1/258; 3/370, 516, 707, 708, 817, 1027; 4/287, 865, 866, 1126, 1263; 5/14, 197, 432, 449, 702  
ароматические 3/224, 673, 1028; 4/865; 5/379, 380, 449  
гетероциклические 1/17; 3/1028; 4/865, 866  
жирно-ароматические 4/865; 5/449  
изомеры, см. *Изонитрилы*  
илды 1/77  
кислота(ы) адипиновая, см. *Адилодинитрил*  
- азиомаляная, см. *2,2'-Азо-бис-изобутиронитрил*  
- акриловая, см. *Акрилонитрил*  
- аммонокарбоновые, см. *Аминонитрилы*  
- бензойная, см. *Бензонитрил*  
- гидроксикарбоновые, см. *Ацетонциандириды*, *Оксинитрилы*, *Циангидриды*  
- карбаминавая, см. *Цианамид*  
- малоновая, см. *Малонитрил*  
- метакриловая, см. *Метакрило-нитрил*  
- муравиная, см. *Синильная кислота*  
- никотиновые 3/512, 1019  
- пиколиновая 3/1019  
- синильная, см. *Цианиды*  
- уксусная, см. *Ацетонитрил*  
- фенилуксусная, см. *Бензилцианид*  
- фталевые, см. *Фталодинитрилы*  
номенклатура 3/573  
N-оксиды 2/360, 361; 3/674  
определение 3/516  
полимерные, см. *Полиакрилонитрил*, *Полирекомбинация*  
получение 1/469, 969, 1116; 2/11, 315, 373, 629, 863; 3/515, 516, 554, 672, 673, 702, 833, 1059; 4/1204  
применение 2/464; 3/516, 517, 1199, 1208; 4/306. См. также *Бутадиен-нитрильные каучуки*  
свойства 1/74, 199, 201, 225, 229, 230, 272, 469, 497, 825, 946, 1077, 1179, 1203; 2/76, 372, 415, 420, 421, 456, 647, 697, 831, 1203, 1252; 3/512-515, 671, 734, 764, 945, 946; 4/270, 288, 515, 525, 539, 639, 651, 802, 872, 1135, 1137, 1222, 1249, 1250, 1253  
тетрацианоэтилен 4/1108, 1109  
Нитрильные каучуки 3/445; 4/342, 445. См. также *Бутадиен-нитрильные каучуки*  
Нитрит-нитратная смесь 4/1050  
Нитритредуктаза 5/150  
Нитриты  
неорганические 3/517, 357, 358, 504, 518; 1/1122; 2/117, 436; 4/482, 774, 1050, 1141; 5/819. См. также *Азотистая кислота*  
определение 4/1198; 5/150  
органические 3/518, 503, 517, 519, 530, 531, 539; 2/606, 900; 4/774  
Нитрификация 2/568; 4/621  
1-Нитроадамантан 1/34  
Нитроакридины 1/112  
Нитроалканы 1/225, 316; 2/28, 787, 1279; 3/32, 33, 109, 180, 529, 550-559; 5/125  
1-Нитро-1-алкены 1/360  
Нитроалкидные лаки, см. *Эфирцеллюлозные лаки*  
Нитроальдегиды 4/278, 279  
Нитроаммоноазиды 1/258, 259; 3/1015  
Нитроаммонопиридинны 1/261  
Нитроаммоноспирты 3/502  
Нитроаммоносульфаты 1/78, 80  
4-Нитро-2-амино-1,3,5-триметилбензол 3/25  
3-Нитро-2-аминофенетол 3/562  
Нитроаммонофенолы 3/519, 563, 694  
Нитроаммины 1/525; 3/503-505, 533  
Нитроаммофос 2/869, 870; 3/519, 520  
Нитроаммофоска 1/467; 2/829, 869; 3/172, 520  
Нитроаммофосфаты 3/519, 172, 520, 521; 1/467; 2/829, 869, 870  
Нитроазидины 1/258, 259; 3/522  
Нитроазиды 3/521, 522; 1/304; 5/368  
Нитроанилинсульфонокислоты 3/522  
Нитроанилины 3/522, 501, 521, 523, 563, 565; 1/77, 78, 80, 272, 425, 489; 2/75, 82, 83, 132, 133; 5/65, 124, 423, 558, 647  
5-Нитроантрахинон-2-карбальдегид 3/524  
Нитроантрахинонкарбоновые кислоты 3/523, 524; 1/155, 350; 4/73, 74  
Нитроантрахинонсульфонокислоты 1/238, 354; 3/524  
Нитроантрахиноны 3/524, 525; 1/240, 349  
n-Нитроацетанилид 1/425  
5-Нитроацетифен 1/418  
5-Нитроацетифенхинон 1/419  
Нитроацетаты 3/546  
o-Нитроацетонитрилы 5/431  
m-Нитроацетофенон 1/441  
5-Нитробарбитуровая кислота 1/455  
Нитробарбит 1/461  
Нитробензальдегиды 1/237, 375, 492; 3/559, 691; 5/117, 520  
m-Нитробензамид 1/488  
2-Нитробензамин 1/490  
Нитробензиламины 1/494  
o-Нитробензилитол 1/493  
4-Нитробензилхлорид 3/559  
6-Нитробензиллазол 4/254  
n-Нитробензоат 5/147  
3-Нитробензолацетон 1/505  
тетракс-(4-Нитробензил)пентаэри-триат 3/916  
m-Нитробензилпероксид 1/506  
N-(n-Нитробензил)пиперидин 3/1029  
Нитробензоялхлориды 1/489; 3/526; 4/396  
Нитробензойные кислоты 3/525, 526, 559, 561, 568, 693; 1/254; 4/396  
Нитробензолы 3/526, 118, 471, 527, 528, 531, 551, 555, 558, 559, 565, 652, 665, 676, 690, 913, 950, 1045, 1246; 1/155, 239, 242, 254, 268, 306, 425, 490, 492, 1075, 1161; 2/78, 86, 132, 133, 136, 665, 976, 1104, 1224; 4/71, 73, 74, 359, 750; 5/66, 115, 126, 139, 145, 369, 383, 412, 567, 607, 647, 722, 860, 903  
n-Нитробензолдиазоний 1/80  
2-Нитробензолсульфеновая кислота 4/908  
m(3)-Нитробензолсульфонокислота 3/527, 528, 1017; 1/80, 239, 240, 680; 2/78; 5/558  
3-Нитробензолсульфохлорид 3/527, 528  
n-Нитробензоморфоллин 3/276  
4-Нитробензо-2,1,3-тиадиазол 1/526

- м-Нитробензотрихлорид 1/530  
 1-Нитробутан 2/1298  
 Нитрование 3/528, 346, 384, 387, 521, 523, 526, 527, 529-532, 547, 558, 560, 561, 563, 565, 710, 795, 951; 1/1161, 1162, 1217; 2/90, 91, 132, 133, 210, 360, 456, 1086; 4/66, 273, 549, 924, 1156, 1201; 5/21, 132, 141, 400. См. также *Нитрогруппа*, *Нитрующая смесь*  
 в ароматическом ряду 4/417  
 гетеролитическое 1/1060  
 деструктивное 3/546  
 заместительное 2/314, 439, 534; 3/28, 101, 551-555; 5/428, 905  
 нуклеофильное 3/528-530, 551-555  
 окислительное 4/1267, 1268  
 орбитальные взаимодействия 1/1186; 3/236  
 паразольное 3/531, 557  
 по Коновалову 2/899, 900  
 присоединительное 3/528-530, 555, 556  
 радикальное 2/313; 3/101, 528, 530, 531  
 скорость, корреляция 2/940  
 электрофильное 2/314, 439; 3/28, 526, 528-530, 534, 535, 554, 555, 558; 5/905  
 Нитрогазы 1/103, 104, 1152; 2/797  
 3-Нитро-4-гидросибифенил 5/127  
 Нитрогликоль 1/706; 3/507  
 Нитроглишерин 3/531, 505, 507, 532; 1/280, 453, 607, 608, 705, 706, 1145, 1146; 2/126, 934; 4/162, 342, 774, 1102; 5/117, 985, 986, 988, 1012  
 Нитрогруппа 1/97; 2/899, 900; 3/510, 528-531, 550-559, 569, 573; 4/396; 5/493, 494. См. также *Нитрование*, *Нитросоединения*  
 Нитрогуанидин 1/1210; 5/701  
 9-Нитродекалин 2/26  
 Нитродиамофос 3/520  
 Нитродиамофоска 3/520  
 7-Нитро-2,3-дигидро-5-(2-хлорфенил)-1,4-бензодиазепин-2(1H)-он 4/240  
 4-Нитро-1,8-диметилнафталин 1/117  
 Нитродифениламин 1/248; 2/149  
 Нитродифениловые эфиры 1/1027  
 Нитродифенилы 1/566  
 1-Нитро-5,8-дихлорантрахинон 3/524  
 5-Нитро-2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота 5/586  
 6-Нитро-2,4-дихлорхназолин 5/520  
 Нитродивтиламмонат 3/529  
 Нитроза 4/644, 647, 648  
 Нитрозамин 3/532, 347, 518, 533, 535, 539, 1036; 1/270, 290, 745, 1075; 2/72-74, 133, 134, 604, 606; 5/19, 199, 200  
 N-Нитрозаммоний-катион 2/74, 75  
 Нитрозил, соединения 3/533, 577; 2/137  
 галогениды 1/93, 95, 96, 98, 715, 950; 2/182; 3/58, 59, 70, 71, 346, 518, 533-535, 541, 542, 558, 983, 987; 4/548, 661, 1138, 1265; 5/9, 146, 200, 241, 722  
 дитионат 3/534  
 кислота селеновая 3/534  
 -серная 1/93, 95; 2/16, 75, 616; 3/534, 535  
 нитропруссид натрия 1/437, 1120, 1152; 2/171, 711, 1148, 1276; 3/64, 67, 133; 4/774, 1127, 1164  
 номенклатура 3/577  
 перхлорат 3/534, 988, 989  
 сульфаты 1/95; 2/616; 5/521  
 сульфохлорид 3/534  
 тетрафтороборат 3/400  
 Нитрозирование 3/534, 518, 533, 536, 538, 541, 542, 556, 710, 797, 1029; 1/1094; 2/74, 75, 95, 117, 455, 460, 616, 618, 943, 1137; 4/924; 5/21, 400, 722  
 внутримолекулярное 3/535  
 заместительное 5/905  
 окислительное 3/535  
 по Бартону 1/464; 3/535  
 радикальное 3/534, 535  
 фотохимическое 2/615; 3/535; 5/358  
 электрофильное 3/534, 535; 5/905  
 Нитрозиты 5/115  
 Нитрозные газы 3/357, 505, 518, 530  
 Нитрозоалканы 4/1104  
 Нитрозоалкилариламины 5/200, 530  
 N-Нитрозо-N-алкилмочевины 3/293  
 Нитрозоалкилуретаны 1/655; 3/293  
 N-Нитрозоамиды 3/532, 533  
 N-Нитрозоамины, см. *Нитрозамин*  
 N-Нитрозоанилиды 2/464, 465  
 n-Нитрозоариламины 2/455; 3/533  
 Нитрозоацетанилд 1/105  
 N-Нитрозоацетиламина 1/1157, 1158  
 2-Нитрозоацетоуксусный эфир 4/1248  
 N-Нитрозоацилариламиды 2/73  
 Нитрозобензол 3/539  
 O-Нитрозогидросиламины 3/539  
 1-Нитрозо-2-гидрокси-3,3,4-трихлор-3,4-дигидронафталин 3/538  
 N-Нитрозоглицины 3/28  
 Нитрозогруппа 3/534, 535, 539-542, 569, 573; 4/396; 5/493, 494. См. также *Нитрозирование*, *Нитросоединения*  
 N-Нитрозодиметиламин 2/604; 3/106, 107, 293, 532  
 n-Нитрозодиметиланилин 3/535, 536; 1/680; 2/114, 438, 1032; 5/530, 647  
 Нитрозодифениламины 3/536; 1/248, 847; 2/181, 377; 5/570  
 n-Нитрозо-N,N-диэтиланилин, гидрохлорид 3/676  
 N-Нитрозо-3-карбазол 3/533  
 Нитрозокрасители 3/536, 537; 2/979; 5/1001  
 Нитрозол А 3/537  
 Нитрозостан 3/539  
 N-Нитрозо-N-метилмочевина 2/71; 3/294, 532, 533  
 N-Нитрозо-N-метил-n-толуолсульфамид 2/71; 4/1203  
 N-Нитрозоэтилуретан 2/71; 5/87  
 Нитрозомочевина 4/234  
 Нитрозонафталины 5/199, 200  
 N-Нитрозо-N-1-нафтилгидросиламин 2/1104  
 Нитрозоафтолы 3/537, 536, 538, 539, 1018; 2/822; 4/394; 5/749  
 Нитрозоний 2/75; 3/511, 533-535, 988, 989; 5/400. См. также *Нитрозил*, *соединения*  
 2-Нитрозо-2-нитропропан 3/539  
 Нитрозоэнтахлороруретан 4/564  
 Нитрозоперфторалканы 3/983; 4/1104  
 Нитрозоперфторкаучуки 5/39  
 Нитросоединения. См. также *Нитрогруппа*, индивидуальные представители и их группы  
 алифатические 3/532, 535, 540-542, 678; 5/65, 545  
 ароматические 3/535, 536-539, 542, 549  
 как порообразователи 3/908  
 как спинозные ловушки 3/541; 4/795, 796  
 номенклатура 3/573  
 определение 2/1100, 1108; 3/542, 797  
 получение 1/1095, 1096; 2/900; 3/518, 533, 541. См. также *Нитрозирование*  
 применение 3/518, 519, 533  
 свойства 1/90, 633, 1095, 1096; 2/113, 139, 272, 347, 404, 410, 710, 858, 1214; 3/131, 536, 539-541, 545, 546, 553, 554, 1035; 4/304  
 S-формы 3/539, 540-542  
 N-формы, см. *Нитрозамин*  
 O-формы, см. *Нитриты органические*  
 Нитрозоспирты 1/464, 465  
 Нитрозотетрафтороборат 3/518  
 N-Нитрозотриазены 2/69  
 Нитрозоэтинилуретены 4/564  
 Нитрозоуретаны 5/87  
 Нитрозофениламины 5/199, 200  
 N-Нитрозофенилгидросиламин 2/1104  
 Нитрозофенолы 3/542, 535, 536, 676; 1/532; 2/73, 455, 460, 618; 5/530  
 1-Нитрозо-3-хлор-2-гидросинафталин 3/538  
 Нитрозохлорид 3/918  
 N-Нитрозо-N-этилмочевина 3/294  
 Нитрозофталевые кислоты 2/396  
 Нитроимидазолы 4/233, 239  
 2-Нитро-1,3-индандин 2/439  
 Нитроидолизины 2/963, 964  
 Нитроимобензолы 2/497  
 Нитрокамфаны 2/597  
 Нитрокарбазолы 2/474, 618  
 α-Нитрокарбоновые кислоты 3/557  
 Нитрокетоны 3/109, 529, 557, 1033  
 Нитрокетчатка, см. *Нитроцеллюлоза*, *Целлюлоза*, *нитраты*  
 Нитрокомплексы, см. *Нитрил*, *соединения*  
 Нитрокоричные кислоты 2/935  
 Нитрокрисатели 3/542, 543; 2/979  
 Нитроксалин 4/232  
 4-Нитроксантозолин 2/1087  
 Нитроксиды 4/302-304  
 Нитроксилолы 2/1091  
 Нитроксиловые радикалы 3/543, 541, 544-546, 549, 550, 681; 1/562, 1095; 2/419, 432, 872, 873; 4/302-304, 314, 589, 790-792, 795, 815, 816, 1256  
 Нитроксиформид 1/97  
 Нитролакты 1/438, 1208; 2/660; 4/800; 5/134, 667, 1006, 1007  
 Нитролиз 3/530  
 Нитроловые кислоты 3/556  
 Нитромезитилени 3/25, 27  
 2-Нитро-5-меркаптобензойная кислота 5/942  
 Нитрометан 3/546, 101, 528, 547, 550, 551, 555, 558, 701, 729, 1040, 1073; 1/159, 316, 421, 427, 608; 2/732, 912; 4/194, 195, 359, 1101; 5/860, 970  
 Нитрометилантрахиноны 1/155, 240, 351; 4/73  
 Нитрометоксанилины 1/258, 259  
 5-Нитро-6-метоксибензоатвал 1/258  
 8-Нитро-6-метокси-4-метилхинолин 1/258  
 2-Нитро-4-метоксифенол 1/258  
 Нитромочевина 4/622  
 Нитромускусы 3/291, 292  
 Нитрон  
 волокно 3/1198-1200  
 реагент в анализах 1/94; 3/192, 505; 4/466, 467, 1254  
 Нитроацетил 3/357  
 Нитроафталинесульфокислоты 3/381, 547  
 Нитроафталины 3/547, 371, 383; 4/1266  
 4-Нитро-1-нафталин 3/547  
 Нитроний, соединения 1/1186; 2/137, 497, 506, 510, 511, 528-530, 544, 558, 987-990, 1237; 4/342, 525  
 Нитронитраты 3/531, 558  
 Нитронитриды 3/531, 558  
 3-Нитро-5-нитробензол 3/522  
 Нитро-N-нитрозодифениламины 3/536  
 3-Нитро-N-нитрокарбазол 3/534  
 Нитроновые кислоты 3/438, 439, 550-552  
 хинозамещенные 2/1086  
 эфиры 3/550-552, 554, 721  
 Нитроны 3/547, 540, 541, 545, 548-550, 678, 702; 1/465, 1095; 2/404, 1032, 1033, 1252; 4/304, 795; 5/738  
 Нитроолефины 1/316; 3/551, 556  
 Нитропарафины 1/266; 2/1148; 3/530, 531, 546, 550-559; 4/194, 342, 731; 5/961  
 Нитропиколины 1/63; 4/1117  
 Нитропиразолы 3/1034  
 3-Нитропиридин 3/1045  
 Нитропирролы 3/1078  
 2-Нитро-1,3-пропандиол 3/558  
 Нитропропанол 5/1054  
 Нитропропаны 2/758; 3/550, 551, 702; 4/194  
 Нитроредуктазы 4/233  
 Нитросалициловые кислоты 1/263  
 Нитросоединения 3/785; 5/123. См. также *Нитрогруппа*, индивидуальные представители и их группы  
 алифатические 1/1184; 3/32, 530, 531, 546, 547, 550-559  
 ароматические 1/545, 705; 2/405; 3/522, 525-527, 531, 546, 550-559, 561-563; 4/223, 1082, 1111, 1265, 1266; 5/1057  
 взрывчатые, см. *Взрывчатые вещества*  
 номенклатура 3/573  
 определение 2/1100; 3/797; 5/1057  
 получение 1/1161; 2/899, 900, 1205; 3/506, 517, 547, 557, 558; 5/8, 11. См. также *Нитрование*, *Нитрующая смесь*  
 применение 2/432, 899; 3/558, 559  
 свойства 1/90, 272, 316, 1082, 1095, 1184; 2/331, 640; 3/33, 519, 521, 550-557  
 аци-формы, см. *Нитроновые кислоты*  
 нитроний-формы, см. *Нитрил*, *соединения*  
 S-формы 3/550, 551-559; 5/65  
 N-формы, см. *Нитрамыны*  
 O-формы, см. *Нитраты органические*  
 Нитросорбид 4/774  
 Нитроспирты 1/266, 316; 3/506, 555  
 2-(m-Нитростирил)-6-этоксис-N-метилхиолинийметилсульфатометил 2/37  
 Нитростирола 2/787; 3/558  
 аци-Нитроаутомерия 4/992  
 Нитротерфенилы 4/1095  
 Нитротетралины 4/1101  
 o-Нитротрибензамиды 1/493  
 2-Нитротрифенол 4/1159  
 Нитротолуидины 4/649  
 Нитротолуолсульфокислоты 2/81; 3/561  
 Нитротолуолсульфохлориды 3/561  
 Нитротолуолы 3/559, 374, 526, 551, 560, 561; 1/375; 2/126, 898; 4/649, 1198, 1200, 1266, 1267; 5/412  
 N-Нитротриазены 2/69  
 5-Нитро-1,2,4-триметилбензол 4/258  
 Нитротрихлорметан 5/581  
 Нитроуксусные кислоты 1/253; 2/28; 3/987  
 N-Нитроуретаны 5/87  
 Нитрофен 1/1027; 3/563  
 1-Нитрофениазин 5/115  
 Нитрофенантрены 5/116  
 Нитрофеностолы 3/561, 562; 5/119  
 4-(n-Нитрофенилазо)-1-нафтол 2/1231  
 4-(n-Нитрофенилазо)резорцин 2/1231



- 4-Нитрофеилаланин 5/121  
L-(+)-*трео*-1-(*п*-Нитрофенил)-2-амино-1,3-пропандиол 3/879  
*п*-Нитрофенилгидразин 1/428  
*м*-Нитрофенилгидроксиланин 2/132  
*п*-Нитрофенилдиазония соли 1/80, 520; 2/941; 3/1050
- 4-Нитрофенилдибутилфосфинат 5/260
- 7-Нитро-5-фенил-2,3-дигидро-1,4-бензодиазепин-2(1*H*)-он 3/501
- 1-(*п*-Нитрофенил)-3,5-диметилпиразол 1/428
- бис*-(3-Нитрофенил)дисульфид 3/527  
D-(−)-*трео*-1-(*п*-Нитрофенил)-2-дихлорацетиламино-1,3-пропандиол 2/1152
- 4-Нитрофенилсидимины 3/522, 523  
3-Нитрофенилсульфонат 4/396  
*трис*-(*п*-Нитрофенил)метан 5/6  
2-(2-Нитрофенил)-3-метил-3-броминдол 1/477
- Нитрофенилнитрометилпиразолон 1/534
- п*-Нитрофениловые эфиры 1/1151; 3/931, 1209; 5/296
- 2-(2-Нитрофенилсульфенил)-3-метил-3-бром-3*H*-индол 5/1
- 2-Нитрофенилсульфенилхлорид 5/1  
*п*-Нитрофенилсульфиты 4/922  
*бис*-(*п*-Нитрофенилсульфонил)амин 4/897
- 2-Нитрофенилфлуорон 5/128  
*бис*-(*п*-Нитрофенил)фосфат 3/1077
- Нитрофенилы 3/569
- Нитрофенолсульфокислоты 5/569
- Нитрофенолы 3/562, 107, 163, 471, 519, 521, 522, 526, 555, 561–563, 565, 714, 1258; 1/268, 337, 1027; 2/132, 466, 475; 4/649, 1266–1268; 5/115, 141, 242, 647, 648, 942
- 3-Нитрофенолтиазин 5/145
- Нитрофлуорены 3/529; 4/502
- Нитроформ 3/550
- Нитрофос 2/869, 870; 3/564
- Нитрофоска 1/847; 2/869; 3/172, 564
- Нитрофосфаты 3/564, 172; 1/847; 2/869, 870
- Нитрофталевые кислоты 2/1224; 3/547; 5/377
- 3-Нитрофталевый ангидрид 4/396
- Нитрофунгин 4/230
- Нитрофураны 1/453; 3/558; 4/232
- 1-(5-Нитрофурурилизенамино)гидантоингидрат 5/426
- 5-Нитрофурурол 4/623; 5/426
- 6-Нитрохиназолин 5/521
- 2-Нитрохиназолин 5/521
- 5-Нитрохинокалин 5/523
- Нитрохлор 1/1027
- Нитро-4-хлоранилины 5/558
- Нитрохлорантрахиноны 1/245, 944
- 3-Нитро-4-хлорбензолсульфокислота 3/522, 565. См. также *Хлорнитробензолсульфокислоты*
- 3-Нитро-4-хлорбензолсульфохлорид 3/543
- Нитрохлорбензолы 3/565, 521, 523, 562, 563, 566; 1/268, 304; 2/203, 1041; 4/126
- п*-Нитро-β-хлоркоричный альдегид 1/338
- 1-Нитрохлорнафталины 3/547
- 4-Нитро-2-хлортолуол 3/560  
*бис*-(2-Нитро-4-хлорфенил)дисульфид 5/569
- 4-Нитро-2-хлорфенол 4/230
- 6-Нитрохризен 5/607
- Нитроцеллюлоза 1/453, 642, 726; 2/126, 133, 210, 212, 214, 304, 800, 996, 1311; 3/159, 531, 1013, 1122; 4/731, 732, 926, 1090; 5/7, 117, 147, 787, 979, 985, 989. См. также *Целлюлоза, нитраты*
- лаки, см. *Эфироселлюлозные лаки*
- политурсы 4/33
- пороха 4/135, 136
- Нитроцементация 5/451
- 5-Нитро-1-цианоантрахинон 3/524
- Нитроциклоалканы 2/900; 3/557; 5/722
- Нитроциклогексаниены 2/91; 5/141, 142
- Нитроцинолины 5/758
- Нитроэматы 3/1013; 5/667
- Нитроэтан 3/550, 552, 555; 4/194, 359; 5/973, 979
- о*-Нитроэтилбензол 1/531; 5/130
- Нитроэтилен 4/872
- 2-Нитро-2-этил-1,3-пропандиол 1/269
- Нитроэтоксисбензолы 3/561, 562
- Нитроэфиры 1/453, 705; 2/126, 127; 4/731. См. также индивидуальные представители
- Нитрующие смеси 2/618, 896, 1024; 3/502, 503, 506, 519, 522, 524, 527–529, 532, 547, 558, 560, 561; 4/1101, 1111; 5/6, 141
- Нифедипин 4/773
- Никромы 3/74, 482; 4/809
- НК, см. *Каучук натуральный*
- НМФ, см. *Нуклеозидмонофосфат*
- НМХ, см. *Октаген*
- Нобелий 3/566, 957; 1/131, 132
- Нобилетин 5/200
- Нобриум 4/1225
- Новарсеиол 3/318
- Новатекс 3/1139
- Новобиоцин 3/566, 567; 1/320
- Новодрип 2/346
- Новокаин 3/567, 68, 568, 1230; 2/215; 4/695, 1263; 5/979
- Новоканнамид 3/567, 568; 1/319, 320
- Новолаки 3/568
- Новолачные смолы 3/568, 911, 912, 1212; 1/156; 4/165, 446, 668; 5/134–137, 143, 340, 430
- Новолен 4/30, 31
- Новотного фазы 4/685
- Новурит 2/181
- Новые атомы 1/787
- Новэмбхин 4/234
- Ноды 2/58, 61, 63
- Ножевая коррозия 2/947
- Ножевые мельницы 2/354–356
- Нозепам 4/1224, 1225
- Нокардицины 2/1136
- Нокболон 4/134
- Номекс 1/623, 805; 4/771, 1082–1084
- Номенклатура  
стереохимическая 3/568, 263, 265, 569–572, 606; 2/369, 1189; 4/848, 859
- Фишера 5/573
- химическая 3/572, 573–577; 2/976, 977; 4/848; 5/511
- Нонаборан 1/588, 589
- Нонагерманиевая кислота 1/1034
- Нонадекановая кислота 1/863, 864
- Нонадециловая кислота 1/863, 864
- Нонадециловый спирт 1/860
- Нонакарбонилдижелезо 2/252, 253, 274, 276
- γ-Ноналактон 3/1089
- Нонаметилендиамин 4/25
- Нонан 3/345
- Нональ 3/577
- Нонановая кислота 3/897
- Нонаны 2/686
- Нонапептиды 2/759, 760; 3/712
- Нонафлаты 3/980
- Новаяриантность системы 5/98, 99
- 1-Нонен 2/251; 3/118
- 2-Ноненовая кислота 3/421
- Нонилловый альдегид 3/577
- Нонилловый спирт 1/866; 2/799; 3/577
- Нонилтрихлорсилан 2/1032
- трис*-(4-Нонилфенил)фосфит 1/635; 4/815
- Нонилфенолы 5/950
- Нонозы 3/263
- Нюоксы 5/126
- Нонпермат 1/798
- Нюисен-мутация 3/300
- Нюотронные препараты 3/577, 400, 578, 1039; 4/268, 269, 1226
- Нюотроны 3/577, 578
- Нюпияеи 3/1027
- Нюпиол 3/578
- Нюпол 3/578
- Нор... 3/578
- Нордреналин 3/578, 254, 579, 619, 620, 626; 1/48, 51, 325, 745, 1173; 2/222, 695, 696; 4/267, 269, 669, 694, 695, 742, 1225; 5/116, 1039
- Норакин 4/237
- Норамбреинол II 2/1280
- «Норавид»-процесс 3/1070
- Норбелладин 1/224
- Норборнадин 3/579, 251, 331, 580, 875; 2/97; 5/333, 634, 736
- Норборнан 3/580, 331, 579, 582; 1/606; 5/719
- Норборнен 3/581, 104, 579, 580, 582; 1/200; 5/730, 734
- Норборнил-2-карбоновые кислоты 3/580
- Норвалин 3/582; 1/249
- Норвик 3/1232–1235
- Норгарман 2/636
- Нордель 5/993
- Нордстрандит 1/211
- Норил 4/59, 734
- Нориты 4/561
- Норкамфан 3/580
- Норкамфора 3/574
- Норлещин 3/582; 1/50, 249
- Норлупинин 5/523, 524
- Нормабрейн 3/1039
- Нормализация стали 2/259
- Нормальность 2/915; 5/803
- Нормально-фазовая хроматография 2/297
- Нормальные гальванические элементы 3/582, 583; 1/223; 4/549; 5/918
- Нормальные жидкости 2/299, 302
- Нормальные молибдаты 3/240–242
- Нормальные потенциалы 4/819–821
- Нормальные углеводороды 3/345–347
- Нормальный водород (дейтерий) 1/776; 2/23–25
- Нормальный раствор 2/915
- Нормана  
реактивы 1/150  
реакция 1/1205
- Нормировка  
активности компонентов раствора 1/126, 127  
аодных функций 2/719
- 19-Норпрогестерон 1/1047, 1048
- Норретикулин 3/880
- Норриша реакция 5/356, 364
- Норсекуринин 1/147
- Норсолен 3/444
- Норсорекс 5/730
- 18-Норспиростан 4/578
- Норсульфазол 4/901, 902, 1118
- Нортгестероны 4/511; 5/971
- Нортрицилен 3/579
- Нортрон 1/1031
- Норфлуразон 1/1032
- C-27-Норхолестан 2/280
- Норэпинефрин 3/578; 5/34
- Норэтандролон 1/290, 291
- Норэтиндрон 1/1047, 1048
- Носители  
в радиохимии 3/583, 584; 5/761  
в твердофазном синтезе 4/1000–1002  
в хроматографии 2/519  
заряда в лазерах 2/1116, 1118, 1119
- в полупроводниках 4/103–108, 112, 329, 330  
– и зонная теория 4/995, 996  
– и люминесценция 2/1062, 1220  
– и электрическое состояние 4/1062  
– равновесные 4/104  
– комбинация 4/104  
иммобилизованных ферментов 2/421, 422; 5/149, 150  
иммунодулирующих средств 2/427
- индикаторные, см. *Индикаторные трубки, Реактивные индикаторные бумаги*
- катализаторы, см. *Нанесенные катализаторы*
- хлесток микроорганизмов 2/463
- Нотексин 5/1035
- Но-шпа 4/1193
- НТФ, см. *Нуклеозидтрифосфат*
- Нуаримол 5/418
- Нуатигенин 4/578, 580
- Нуклеазы 3/584, 622; 1/551; 5/952  
для ДНК, см. *Дезоксирибонуклеазы*  
для РНК, см. *Рибонуклеазы*
- Нуклеация  
зародышеобразование, см. *Зарождение новой фазы*  
металлического пара, см. *Кластеры*  
Нуклеиновые кислоты 3/585, 584, 586–594; 2/232. См. также *Полинуклеотиды*  
белковое узнавание, см. *Нуклеопротеиды*  
длина молекул, единицы 3/587  
и геномы вирусов 1/470  
и нуклеотиды 3/601  
как биополимеры 1/858; 2/1263; 3/269  
как N-гликозиды 1/1129. См. также *Нуклеозиды*  
как ПАВ 3/1167  
как полиамфолиты 4/77  
комплементарность 2/777; 3/211  
метаболизм 1/1097; 3/614, 622; 5/449  
молекулярные модели 3/228  
определение 1/559; 2/293, 519  
получение 2/962, 1325, 1326; 3/589–593, 813; 4/683; 5/66. См. также *Репликация*  
препараты 2/427  
рекомбинантные 3/594  
свойства 1/323, 324, 553, 1020, 1210; 2/5; 3/256; 5/38, 254, 306, 308, 545  
секвенирование 3/588, 589, 601  
состав 1/550, 745; 3/594, 595, 614, 1211; 2/367, 694, 1266; 4/20, 1119; 5/411  
– кислоты, см. *ДНК, РНК*  
– комплексы с белками, см. *Нуклеопротеиды*  
– основания, см. *Пиримидиновые основания, Пуриновые основания*  
терминаторы роста цепей 3/601  
флуоресцентные метки 1/42  
фосфодиэфирные связи 2/1170; 3/584–593. См. также *Нуклеазы*  
Нуклеозиддезаминазы 3/598  
Нуклеозиддифосфатсахара 1/264, 1132; 2/988; 3/270; 4/1011; 5/38  
Нуклеозиддифосфаты 1/1098; 2/1170  
Нуклеозидмонофосфаты 1/1132; 2/1170; 3/600, 601; 5/270, 308  
Нуклеозидные антибиотики 3/594, 595–597  
Нуклеозидполифосфаты 3/601  
Нуклеозидтрифосфаты 1/1097; 2/1169, 1170; 3/600, 601; 4/519, 1230, 1231, 1261  
Нуклеозидфосфаты 3/156, 599–601. См. также *Нуклеотиды*

- Нуклеозидциклофосфаты 4/518; 5/270  
 Нуклеозиды 3/597, 594, 595, 598–601; 1/1129; 2/6, 519; 4/217, 218, 517, 518; 5/450, 769. См. также индивидуальные представители  
 антибиотики 3/594, 595–597; 1/264  
 метаболизм 1/1097  
 миорны, см. *Миорные нуклеозиды*  
 модифицирование 3/595, 596  
 некомплементарные фрагменты 4/493  
 фосфаты, см. *Аденозиндифосфат, Аденозинмонофосфат, Аденозинтрифосфат, Нуклеотиды*  
 Нуклеониды 3/587  
 Нуклеокалсиды 3/599  
 Нуклеопептиды 3/930  
 Нуклеопротейиды 3/599, 587, 600; 1/470, 1172; 2/819; 4/427, 520, 521; 5/619, 620, 636  
 Нуклеосомы 1/1124, 1125; 5/620  
 Нуклеотидазы 5/1034, 1037, 1038, 1041  
 Нуклеотидилтрансферазы 4/527, 528, 1242  
 Нуклеотидилциклазы 2/1169  
 Нуклеотидкоферменты, см. *Коферменты*  
 Нуклеотид-мурамилпентапептид 3/928  
 Нуклеотид-пирофосфатаза 5/1035  
 Нуклеотидсахара 4/35  
 Нуклеотидфосфаты 2/1171  
 Нуклеотиды 3/600, 487, 578, 599, 601, 787, 812, 813, 1051, 1052; 1/484, 552, 1129, 1154; 2/20, 519, 630, 1117, 1323–1325; 4/275, 901, 1119, 1243; 5/254, 296, 308, 769  
 аденозиновые, см. *Аденозиновые кислоты, нидвидуальные представители*  
 в обмене веществ 3/619, 620, 622, 624, 626  
 гуанозиновые, см. *индивидуальные представители*  
 дезоксирибоформы 1/1153; 2/970; 3/600, 601, 622; 4/495–497, 519  
 коферменты 3/595. См. также *Никотинамидадениндинуклеотидфосфат*  
 мигрирующих генетических элементов 3/149–152  
 мутации 3/293–301  
 олигомерные 3/743  
 основания, см. *Пиримидиновые основания, Пуриновые основания*  
 последовательность в соединениях 1/472, 480, 482; 3/211, 212. См. также *Генетический код, Нуклеиновые кислоты*  
 «Нуклеофильная сила» 3/602  
 Нуклеофильность 3/601–604  
 Нуклеофильные реакции 3/601, 315, 506, 512, 602–604, 787; 1/202, 203, 243, 299, 360, 518, 526, 597, 941, 942, 946, 947, 966, 968, 994, 1060, 1095, 1218; 2/88, 94, 97, 98, 104, 106, 178, 180, 245, 275, 276, 315, 346, 371, 372, 374, 398, 621, 622, 626, 638, 645, 745, 746, 830, 831. См. также *Реакции химические*  
 азосочетание 1/90; 2/73  
 алкилирование 2/360, 745  
 аминирование 3/384; 5/526  
 аммонолиз 1/285,  
 арамилирование 1/366  
 арилирование 1/366; 2/313  
 ацилгликозилирование 2/732  
 ацилирование 2/313, 745  
 Бальца–Шимана 2/534  
 бимолекулярные 2/128, 313, 906, 931, 932, 940, 941, 983; 3/602; 4/422, 859; 5/195  
 в ароматическом ряду 3/603, 604; 4/416, 1017, 1018  
 в растворах 4/407, 411  
 внутримолекулярные 2/628; 3/555; 5/274, 275  
 галогенирование 2/642, 745  
 Гаттермана 2/534  
 гидратация 1/1077  
 гидрирование 1/1083  
 гидрогалогенирование 1/1084  
 гидролиз 1/1077; 3/186  
 гликозилирование 1/1128  
 граничные орбитали 1/1185, 1186  
 дезалкилирование 2/410  
 дезаминирование 2/16, 17  
 лейтерирование 2/25, 26  
 димеризация 2/313  
 динамическая стереохимия 2/35,  
 128–130, 313  
 енолизация 2/745  
 заместительные, см. *Замещения реакции*  
 Зандмейера 2/534  
 и амбидентность 2/248  
 и валденовское обращение 4/859  
 и неравновесная сольватация 4/411  
 и радикальные реакции 4/311  
 и электрофильные реакции 5/904  
 изомеризация 5/274, 275, 775  
 исо-превращения 2/534  
 карбанионные 2/621  
 каталитические 2/640, 732, 745, 919; 3/24  
 кватернизация 2/411  
 комплексообразование 2/411  
 конденсация 1/869; 2/642  
 металлизирование 4/621, 1026, 1117  
 металлизирование 1/39; 3/384  
 Михаэля 2/746  
 мономолекулярные 2/128, 314; 3/602, 603; 4/416, 802  
 мутагенные 3/295  
 нитрование 3/530  
 окислительно-восстановительные 2/645, 944  
 перекислирование 3/936  
 переамилирование 3/937  
 перегруппировки хамфеновые 2/598–600  
 – молекулярные 3/938, 939  
 – сингаптропные 2/628  
 – Смайлса 2/534; 4/728  
 присоединительные, см. *Присоединительные реакции*  
 протонирование 2/411; 4/244  
 реагенты и субстраты 4/414  
 рещиклизация 2/964  
 с образованием канцерогенов 2/604  
 с обращением конфигурации 3/268  
 с одновалентным переносом 2/313  
 скорость, корреляция 2/940, 941  
 сольвомеркурирование 4/553  
 теле-превращения 4/1017, 1018  
 ферментативные 1/1098  
 формилирование 5/225  
 фосфонат-фосфатная перегруппировка 5/274, 275  
 фосфорилирование 5/295  
 фрагментация 5/365  
 Фрича–Буттенберга–Внхелля 5/373  
 Чячибабина 5/777, 778; 4/1117  
 Шорыгина 5/785, 788  
 электрохимические 5/903  
 элиминирование 2/598; 3/938, 939  
 эпимеризация 3/268  
 Нуклеофилы 3/601–604  
 Нуклеофугты 3/601–604  
 Нуклеофугность 3/602–604  
 Нуклеофидны 3/595  
 Нуклиды 3/604, 605, 606; 1/403; 5/935  
 анализ, см. *Активационный анализ*  
 делящиеся, см. *Ядерное горючее*  
 меченые, см. *Изотопные индикаторы, Метки*  
 одного элемента, см. *Изотопы*  
 островки стабильности 3/962  
 радиоактивные, см. *Радионуклиды*  
 Нуклоны 3/401; 4/244; 5/930, 1017, 1018, 1031, 1033  
 Нулевое начало термодинамики 4/1028  
 Нулевой ползучести метод 3/1161  
 Нулевые точки металлов 4/154  
 Нулевой заряд, потенциалы 4/153, 154; 2/2, 3, 408, 429; 5/106, 839, 922  
 Нульмерные дефекты в кристаллах 2/50, 51, 53  
 Нульметиновые красители 3/129, 130  
 Нуссельта  
 уравнение 3/1141  
 числа 2/543; 3/1183; 4/1047, 1049, 1050  
 Нутч-фильтры 5/191  
 Нуфарилин 5/525  
 Нуфурин 5/524  
 Нуфелин 4/652, 653  
 Ньюмена формулы 3/606, 266, 267, 571, 572; 4/848  
 Ньюмена–Кворта реакция 3/606, 607; 4/1131, 1143, 1160  
 Ньютона  
 вязкость 1/729, 872  
 жидкость 3/946–948; 4/485, 487, 1207; 5/41. См. также *Суспензии*  
 законы 2/574; 3/947, 948; 5/30  
 течение 3/947, 948; 4/487  
 уравнения 4/829, 832  
 черные пленки 5/776  
 число 3/1183  
 Ньютона–Стокса закон 4/484, 485
- ## О
- Обволакивание металла, см. *Нанесенные катализаторы*  
 Обезболоживающие средства 1/296, 297; 2/606, 617; 3/1029; 4/715, 812, 813  
 Обезоживание и обессоливание 1/772; 2/12, 515  
 минерального сырья 3/629, 636, 637; 5/183  
 нефти 3/608, 41, 42, 441–443, 461, 609, 610, 717, 718  
 суспензий 2/491  
 Обезжелезивание воды 1/772, 773  
 Обезжиривание 2/1130, 1184; 3/718; 4/204, 359, 360, 1106; 5/12, 13  
 Обеззараживание (обезвреживание) воды 1/770; 3/658  
 отходов 3/1000, 1007  
 Обезоливание 2/1295  
 Обезмасливание 3/128  
 Обещия 1/311  
 Обертонные квантовые переходы 2/853  
 Обескислороживание воды 1/773  
 Обескремливание воды 1/773  
 Обессеривание воды 1/773  
 Обессиливающие отравляющие вещества 3/846  
 Обессоливание нефтепродуктов 2/168  
 Обесфторенные фосфаты 2/937; 3/1056; 5/305, 306  
 Обесничивание 2/1332, 1333; 3/273  
 Обжиг 1/190, 1050, 1125; 2/735; 3/6, 244, 305, 629, 630, 634, 650, 1000–1003, 1053, 1068, 1069; 4/263, 264, 321, 414, 466, 592, 593, 639, 974, 1020, 1216; 5/44, 508, 610, 718, 749, 944  
 Обидан 1/298  
 Облепиховое масло 4/377–381, 383
- Обмен  
 изотопный, см. *Дейтеробмен, Изотопный обмен*  
 ионный, см. *Ионный обмен*  
 как метаболизм, см. *Метаболизм, Обмен веществ*  
 ток 4/1193, 993; 5/841, 847, 911, 919, 923, 925  
 Обмен веществ 3/610, 611–627; 1/558. См. также *Метаболизм*  
 азотистый 3/279, 611, 619, 620, 622, 623, 936, 937. См. также *Орнитиновый цикл*  
 анаболизм, см. *Ассимиляция, Биосинтез*  
 анаэробный 1/608–611, 1135, 1136; 3/611, 614, 615  
 аэробный 1/608, 611; 3/611, 625  
 в биосфере 1/559  
 внешний и внутренний 3/611  
 водно-солевой 3/611, 623, 624, 626  
 газовый 3/611  
 динамика и генная инженерия 2/627  
 дессимиляция 3/611, 937. См. также *Дыхание, Окислительное фосфорилирование*  
 и биотехнология 3/627  
 и брохияны 3/210  
 и канцерогены 2/606  
 и колебательные реакции 3/626  
 и переминирование 3/936, 937  
 и пищевые добавки 3/1089  
 кислотный, см. *Гликоксилатный цикл, Трикарбоновые кислот циклы*  
 липидный, см. *Липиды*  
 минеральный 3/611, 623, 624  
 нарушения 3/212, 627  
 общий 3/611  
 органический 3/611–623  
 пластический 3/611–623  
 промежуточный 3/611  
 пуриновый 2/1084  
 регуляция 3/625, 626. См. также *Биомембраны, Изоферменты*  
 роль гормонов 1/1172–1173  
 – кетонов 2/747  
 – пангамовой кислоты 3/877  
 структурный 3/611–623  
 тиол-дисульфидный 1/1153  
 углеводный, см. *Углеводы*  
 фосфонизитидный 2/695, 696  
 энергетический 3/611, 624, 625. См. также *Биоэнергетика*  
 Обменная емкость понитов 1/771, 772; 2/504, 519, 701  
 Обменное взаимодействие 3/627, 17, 18, 390, 628, 629, 936; 1/405; 2/300, 1022  
 и магнитные моменты 2/1245  
 интегралы 1/665–667; 3/222, 223  
 операторы 3/233, 234  
 Обменные реакции 1/601, 1093, 1203; 2/276, 304, 313, 314, 416, 567–570, 651, 831, 873, 1204; 3/81, 83, 84, 121, 354, 355, 357, 475, 476, 514, 518, 520, 708, 737; 3/800, 804, 805; 4/597, 746, 928, 976, 986, 1107, 1148, 1165; 5/892, 904, 905  
 алкоголиз 1/165, 151, 152, 1128; 2/115, 121, 304, 305, 415, 416, 1143; 3/11, 506, 1256; 4/753, 1163, 1256  
 амидолиз 3/1256  
 амиолиз 1/254, 230, 231, 271; 2/115, 415, 1021; 3/804, 931–933, 1256; 4/899, 1152  
 аммиака, см. *Аммонолиз*  
 ацидолиз 1/442; 2/304, 305; 3/933, 1256; 4/1163; 5/1010  
 в звуковых полях 5/60  
 Виттга 2/746  
 внутримолекулярные 2/932  
 воды, см. *Гидролиз*  
 леборирование 1/597

- диспропорционирование 5/309  
дейтерирование 2/651  
дисмутация, см. *Диспропорционирование*, *Метатезис*  
изотопов, см. *Дейтеробмен*, *Изотопный обмен*  
замещение 5/904, 905  
и усиление фотонизображения 5/454  
и число компонентов 5/98  
изодантанов 2/407  
ионов, см. *Ионный обмен*  
межмолекулярные 2/1022; 5/309  
месячные 3/1256  
окислительно-восстановительные 5/142  
осаждение 4/670  
переаклирование 3/936  
переминирование 3/936, 937, 938  
переметаллирование 3/72  
перенирирование 3/945, 946  
перераспределение лигандов 2/932  
поверхность потенциальной энергии 3/1175–1177  
с псевдообращением 2/932  
спектры ЯМР 5/1028, 1029  
сольволлиз 4/753  
трансметаллирование 3/72  
тунельные 2/918  
фосфидизация 5/257  
фотосинтез 5/142  
Фрича–Буттенберга–Вихелля 5/373  
фторирование 5/391  
химические эквиваленты 5/802  
этерификация, см. *Этерификация*  
эфирилиз 3/1256
- Обогащение полезных ископаемых** 3/629, 93, 144, 630–638, 1001, 1193, 1194; 2/596; 4/545, 561, 639, 931; 5/77  
изотопное 2/389–391  
и охрана природы 3/848  
классификационное, см. *Гидрали-ческая классификация*, *Грохоче-ние*, *Сепарация воздушная*  
пенное, см. *Сепарация пенная*, *Фло-тация*  
флокуляционное 2/817  
Обои 5/25, 62, 67, 382  
Оболочковые пигменты 2/1079; 3/1013  
Оборотные системы  
водоснабжения 1/1183; 2/436, 515, 543; 3/636, 856, 857, 862, 863  
расположачи 1/852  
Обороты реакции, число 1/126, 1050  
**Обработка**  
металлов, см. *Гальванотехника*, *Ме-таллы*, *Химико-термическая об-работка*, *Электрохимическая об-работка*  
результатов эксперимента 3/638, 639–644; 2/749. См. также *Мет-рологик химического анализа*  
Образовые веса 1/686  
Обратные и необратимые процессы 3/664, 119, 132, 187, 529, 530, 665, 1037, 1083; 1/839, 840, 1122; 2/13, 137, 276, 331, 533, 591, 691, 753, 1006, 1080, 1107, 1140, 1206, 1209; 4/414, 415, 721, 1065–1070, 1073, 1126, 1127; 5/595–605, 638, 955  
Базарова 3/281  
в дихроматрии 2/205  
в иерархических системах 4/1062–1064  
вводения 2/477  
гидратация 4/270  
гидролиз 1/1098, 1099; 3/980  
дегалогенирование 2/10  
дегидратация 3/761  
декарбоксиллирование 2/29  
депротомирование 2/381  
диссоциация 2/158  
закон действующих масс 2/23
- изменения окраски 2/446, 449, 450, 455  
изомеризация 2/965, 966; 3/579  
ингибирование ферментов 5/148  
интеркаляция 2/477  
ипсо-замещение 2/534  
кинетика 3/77, 78; 4/723, 1031, 1032, 1070  
кислотно-основные 2/281, 779–781  
максимальная работа 2/1268  
мицеллообразование 3/183  
обменные, см. *Ионный обмен*  
окислительно-восстановительные 2/633; 3/697, 768  
Опсеаура 3/10  
персаминирование 3/936, 937  
переноса, см. *Диффузия*, *Переноса процессы*  
перенирирование 3/945  
пирилиз 3/1062  
поверхностная энергия 3/1161  
поликонденсация 3/1255–1259, 1261; 4/32, 41, 95  
потенциалы 3/667  
релаксационные, см. *Релаксация*  
симметрия 4/1067, 1068  
сольватация 4/748  
стационарные состояния 4/1068  
сушильные, см. *Сушка*  
твердофазные 4/411  
термодинамика, см. *Термодинамика необратимых процессов*  
тиксотропия 4/1124  
ферментативные 2/407, 433, 434, 1003  
фотохимические 4/77. См. также *Фотосинтез*  
фотохромизм 5/358, 359, 360  
Фрицеля–Крафта 3/936  
химические транспортные 5/496, 497  
эвтектическая кристаллизация 2/58, 59  
эксергия 5/804, 805, 808  
ядерные 2/25
- Обратного ядерного рассеяния спект-роскопия** 2/507, 508  
**Обратные процессы (методы)**  
и потенциалы течения (оседания) 5/847–850  
– химические 5/499  
изотопное развлечение 2/382  
осмос 1/772; 2/196, 859, 1300; 3/39–41, 45, 196, 827, 828, 859, 861  
перемешивание 3/39  
ретроциклоприсоединение 5/738  
реэкстракция 5/824  
связь, см. *Кибернетика*  
титрование 1/362; 2/205, 870, 1090; 3/713, 795, 969; 4/1189; 5/196, 610  
Торпа 4/1222  
транскрипция 3/211, 1231, 1240, 1242  
фотоперенос электрона 5/339  
Фриса 5/372  
цикловерсия 5/738  
циклолиминирование 5/738  
эффект индуктивный 2/461  
– кинетический изотопный 2/758, 759
- Обратные эмульсии** 3/168; 5/948, 949, 951  
**Обращение**  
конфигурация вальденовское 2/128, 313, 906; 3/133, 186, 187, 268, 350, 602, 1024; 4/858, 859, 867; 5/96, 195  
– по Мицунобу 3/186, 187  
мицелл 3/184–186  
потоков при разделении изотопов 2/390–392  
правил отбора для периклических реакций 3/964
- фаз 2/297; 4/987; 5/949  
фотонизображения 5/324–326, 452, 456, 457  
цикла трикарбоновых кислот 3/621  
Обрешова метод 3/1161  
Обрешова–Шубникова метод 3/256  
Обрыв цепи 2/755; 3/1266; 4/305, 308, 311; 5/682–685  
Обугливание 2/640  
Общая жесткость воды 1/769; 2/282, 283  
Общая химия 3/645  
Общевойсковой защитный комплект 2/324, 325  
Общедопытные отравляющие вещества 3/843–846  
Общий кислотно-основной катализ 1/1159  
**Объем**  
веществ 1/1215  
– в критическом состоянии 2/1074, 1075, 1077  
– и внутренняя энергия 4/1071  
– и давление, см. *Сжимаемость*  
– и плотность 4/138  
– и упругость 4/663, 664  
– молярный 1/1215, 1216; 3/885–887  
– при плавлении 3/1093  
дыхания минутный 2/242  
жидкости «исключенный» 2/1182  
– свободный 2/301  
материалов, дилатансия 2/111, 112  
металлов 3/98  
насалок 3/337  
системы, эффекты реакций 1/1216–1218; 5/498  
химического эквивалента газа 5/803  
**Объемные дефекты в кристаллах** 2/50, 53  
**Объемные методы (процессы)**  
анализ 3/645, 8; 4/1174; 5/114, 388, 489, 490  
– волюмометрия 1/54, 915; 2/768; 3/245, 542, 645, 1147, 1148  
– газовый 1/915; 3/645  
– колориметрический 2/861; 3/645  
– меркуриметрия 4/549  
– титриметрический, см. *Титри-метрия*, *Титрование*, отдельные представители  
кипение 2/761, 762  
легирование 2/1154  
определения адсорбции 1/54  
пожаротушение 3/648, 649  
**Объемные молекулярные модели** 3/227–229  
**Объемные устройства**  
дозаторы 2/217, 218, 1083  
компрессоры 2/882–885  
насосы 3/342, 343  
питатели 3/1083  
пожаротушения 3/1191  
расходомеры 4/383, 386, 387  
смесители 4/735, 737  
**Объемные эффекты реакций** 1/1199; 1216–1218; 5/498  
**Объемных отношений закон, см. Гей-Люссака законы**  
Овальбины 1/1218; 5/121  
Овербергера–Ломбардино реакция 5/940  
Оверхаузера эффект 1/481; 5/1026  
Овциды 2/468; 5/587  
Огарки 2/265, 266; 3/4, 244, 863; 5/470  
«Огневая труба», прибор 1/1177  
Огневое обезвреживание сточков 3/862  
Огневые транснрующие составы 4/1246  
Огнезащита 3/646, 368, 647, 1187; 2/1129; 4/29  
Огнепреградителя 1/704; 3/1189  
Огнепроводные шнуров 3/1076
- Огнестойкость**  
материалов 3/353, 1116, 1117; 4/442–444; 5/22, 572  
повышение, см. *Огнезащита*  
строительных конструкций 3/646, 647, 1187, 1190  
Огнетушащие вещества и составы 3/648, 356, 649, 1191; 1/705; 2/432, 433, 568; 4/579; 5/550, 777  
Огнетушители 3/648, 1187  
Огнеупорные материалы 3/649, 92, 94, 243, 418, 510, 647, 650, 651, 699, 895, 1003, 1009; 1/206, 871; 2/339, 733, 734, 903, 1029, 1248; 4/575, 685, 960, 978, 1041, 1042, 1220; 5/615, 760, 761, 766  
Огнеупоры, см. *Огнеупорные мате-риалы*  
Отранка кристаллов 3/1172, 1173  
Одиокислотные системы, диаграм-мы состояния 2/57  
Однородно меченые соединения 3/148  
Односторонние удобрения 3/172, 173; 5/54  
Одноупаковочные клеи 4/443, 444  
Одноэнтальные молекулярные интег-ралы 3/223  
Одноэлектронный перенос 3/651, 72, 78, 222, 545, 652, 653, 666, 666; 1/1060, 1159, 1162; 2/313, 387, 388, 465, 466, 525, 526, 645, 663, 831, 919, 968, 1204; 4/314, 422, 423, 623, 624; 5/20, 124, 853, 883  
Одоранты 3/653, 375; 1/657; 2/19, 118, 237; 4/915, 1139. См. также *Од-душки*  
Одоризация 3/653  
Ожест 5/766  
Оже-спектроскопия 3/654, 209, 230, 655; 2/905, 1104, 1212, 1213; 5/104, 105, 878, 941  
Оже-электроны 2/529, 1213; 3/32; 4/316; 5/871, 872, 878  
Ожиженный слой 4/258  
ОЖК-деамульгаторы 3/717  
Ожог 2/324  
Озаны 3/655, 656, 686, 687; 5/123, 196, 197  
Озера извести 2/348  
Озокерит 1/339, 564, 825–827; 2/601; 3/345, 347, 446, 447; 5/693  
Озон 3/656, 575, 576, 657, 658; 2/765  
атмосферы 1/400. См. также *Озоно-вый слой*  
определение 1/112, 889, 890, 893, 915, 916; 2/183, 442; 4/399, 786; 5/124, 126, 916  
получение 1/1158; 3/657, 1101; 5/358  
свойства 1/452, 541, 767, 903, 1164; 2/767; 3/372, 439, 541, 552, 575, 656–658, 662, 667; 4/152, 548, 822, 868, 915, 924; 5/437, 548, 684, 793, 936. См. также *Озонирова-ние*, *Озолиз*, *Озоностойкость*  
соединения 2/769. См. также *Озоно-ды*  
**Озоныды**  
неорганические 3/658, 575, 576, 657, 659, 698, 739, 971, 973; 2/139, 767  
органические, см. *Озонирование*  
Озонирование 3/659, 39, 653, 657, 658, 660, 661, 739, 860, 975, 978, 1244, 1251; 1/769, 771; 2/40. См. также *Озонолиз*  
Озоновый слой 3/648, 657; 4/196; 5/548, 550, 777  
Озонолиз 1/903; 2/82, 285; 3/660, 661, 678, 897  
Озоностойкость 3/661; 1/333, 634, 645; 2/40, 704, 706, 708; 4/204  
Озотриазол 4/1251–1253  
Ойзин 3/1043, 1044  
Ойтисниковое масло 4/377, 378

- «Ока», флокулянт 5/204  
 Окадеевая кислота 5/1048  
 Оказики фрагменты 4/497  
 Окалина 1/907, 908; 2/436, 953, 1180; 3/5, 76, 888, 1086  
 Окашты 1/1187, 1188; 2/258; 3/93  
 Окис(ь), см. также *Оксиды*  
 мезитила 2/744; 3/114, 572, 1032; 5/133  
 перфторолефинов 3/983, 984; 1/995; 4/68  
 α-формы 3/730–732; 5/607  
 тиопроизводные 5/261–263. См. также *Олефины, тиооксиды*  
 фосфинов 5/261–263  
 Окисление 5/508  
 в звуковых полях 5/60  
 глубокое 2/667–669, 671, 672  
 и восстановление, см. *Восстановители, Восстановление*  
 и гидролиз 5/585  
 и зольность 2/340  
 и метаболизм, см. *Обмен веществ и хемилюминесценция* 5/445, 446  
 и энергообеспечение организмов, см. *Дыхание*  
 ингибиторы 2/432, 434; 3/363; 4/304  
 катализаторы 2/671, 615, 663, 665, 672, 797, 938, 1272, 1273; 1/484–486, 903, 1051, 1053, 1056–1058, 1161; 3/2, 77–79, 116, 325, 672, 673, 732, 767, 768, 876, 1129; 4/193, 574, 803, 943; 5/378, 379  
 катастрофическое 1/908  
 микроорганизмами 3/1169, 1170  
 парциальное 2/667, 671, 672; 4/948  
 периодатное 3/269, 749, 791, 796; 4/37, 642  
 персульфатное 5/942  
 по Байеру–Виллигеру 5/1012  
 по Бону–Шмидту 1/573  
 по Вудворду 1/841  
 по Корнблюму 2/938  
 по Нефу 3/439  
 по Опенауэру 3/767, 768; 4/803  
 по Попову 4/128  
 по Пифцинеру–Мюфатту 4/277  
 по Смидту 4/737  
 по Эльбу 5/942  
 по Эгару 5/976  
 реагенты, см. *Кислород, Окислители, Окислительно-восстановительные реакции*  
 самоорганизованное 1/18, 31, 599; 4/574  
 соединений (вещств, материалов) 1/1073, 1092, 1093, 1205; 2/210, 373, 419, 646, 647; 3/81, 550, 557, 558, 668; 4/801, 1165. См. также *Окислительные процессы*  
 – безионов 3/447  
 – битумов 3/442  
 – гидролизатов 1/1101  
 – древесного угля 2/231, 232  
 – лигандов 2/933  
 – мезононных 3/28  
 – металлов и сплавов 3/76, 98, 99; 1/908. См. также *Коррозия металлов*  
 – пластичных смазок 3/1123  
 – смоляных кислот 4/740, 741  
 – таллового масла 4/726  
 – углеводов 3/469  
 – углеводородов 1/866; 3/346, 449, 450  
 сплавов, см. *Оксидирование*  
 степень 4/848, 415, 471; 1/664, 665; 3/413  
 стерические требования 2/913  
 теория перекисная 1/558; 2/756  
 – сопряженных реакций 4/768  
 хелатное 5/442  
 Окислители 3/661, 94, 119, 319, 323, 355, 388, 478, 527, 528, 662–667, 707, 860, 1046, 1075, 1076; 1/1070, 1093, 1122, 1135, 1136, 1154; 2/13, 119, 120, 455, 460, 495, 525, 526, 561, 711, 755, 757, 767, 768, 784, 850, 851, 933, 953–955, 1089, 1090, 1277, 1278, 1331; 4/339, 600, 616, 1102; 5/387, 391, 437, 453, 557, 559, 564, 568. См. также *Окисление, Окислительно-восстановительные реакции, Окислительные процессы*  
 вода 1/767, 833  
 дегазирующие 2/9  
 диоксигенные 2/137  
 оксидные, см. *Оксиды*  
 определение 2/498, 499; 3/969  
 селективные 4/597; 5/8  
 сродство к электрону 4/814  
 энергонасыщенные 3/414  
 Окислительно-восстановительные методы  
 анализ термический 4/1057  
 – функциональный 3/795  
 буферные растворы 1/652, 653  
 потенциалы 3/667, 669, 767; 1/652, 653, 972; 2/334, 335, 450; 4/155, 820  
 титрование 1/669, 670; 2/450, 1083, 1218, 1224, 1230; 4/155, 464, 1188, 1189. См. также *Титриметрия*  
 Окислительно-восстановительные реакции 3/663, 10, 661, 662, 664, 665; 1/943, 1050, 1129; 2/154, 710, 711, 794, 933, 934, 1253; 4/415, 669, 670, 1021; 5/105, 220, 489, 535, 703, 735. См. также *Восстановление, Окисление, Окислительные процессы*  
 быстрые 4/881  
 в звуковых полях 5/59, 60, 62  
 в растворах электролитов 3/667  
 в элементах гальванических 1/972, 973; 5/487–489  
 – – топливных 4/1210, 1211  
 внутримолекулярные 1/1025; 2/537, 604; 3/664  
 Гербе 1/1025  
 гетерогенные 1/1051, 1054  
 гомогенные 1/1159  
 деметаллизация 2/1327  
 дисмутация, см. *Диспропорционирование*  
 допирование 3/1215, 1216  
 дыхательные, см. *Дыхание*  
 замещение 2/314, 651  
 и брожение 1/608–611  
 и горение 1/1164–1171; 4/1057  
 и методы, см. *Окислительно-восстановительные методы*  
 и оптическая сенсibilизация 4/625, 626  
 и очистка газов 1/901, 903, 904  
 и пассивация металлов 3/888  
 и радикальные пары 4/309  
 и соединения, см. *Окислительно-восстановительные соединения*  
 и хемилюминесценция 2/1219; 5/444, 446  
 изомеризация 2/364  
 интенсификация 2/491  
 ионный обмен 2/514  
 каталитические, см. *Катализаторы окисления, Окислительно-восстановительный катализ*  
 колебательные 2/851  
 межмолекулярные 1/1025; 2/537; 3/664  
 нестехиометрические 3/434  
 нуклеофильные 2/645, 944  
 обжиг 3/1000  
 обменные 5/142  
 оксидирование 3/695, 696  
 присоединение 3/10  
 реагенты 2/915; 4/397. См. также *Восстановители, Окислители*  
 туннельный эффект 2/755  
 ферментативные 1/560; 2/241, 364, 1140; 3/469, 697  
 электродные 2/1097–1100; 5/363, 384. См. также *Электролитные процессы, Электролиз, Электрохимические процессы*  
 электрофильные 2/945  
 Окислительно-восстановительные соединения (материалы)  
 волокна 5/447  
 индикаторы 2/437, 442, 443, 446, 450, 455, 460; 3/113; 5/118, 531  
 инициаторы 2/465; 4/305  
 ионообменные смолы 3/662, 663; 2/520  
 электроды 5/841  
 Окислительно-восстановительный катализ 3/665, 77–79, 664, 666–668; 2/364, 663, 664  
 Окислительное число, см. *Степень окисления*  
 Окислительные процессы 5/8  
 азосочетание 1/91  
 аминирование 2/415, 417; 3/672, 673; 5/778  
 аммонолиз 3/672, 116, 241, 449, 516, 673, 708; 2/665, 667, 672, 858, 1091–1093; 4/263; 5/381  
 в лазерной технологии 3/1103–1105  
 в цветной фотографии 2/455  
 внедрение 1/758  
 внутриклеточные 2/475  
 выщелачивание 3/475  
 газофазные 2/850, 851  
 галогенирование 1/955  
 гетерогенные 3/672, 673  
 гидрохлорирование 5/133  
 гомогенные 1/1158; 2/757  
 горение 1/1164–1171  
 дегидрирование 2/13, 642, 665, 672, 747; 3/390; 4/869; 5/222, 223, 535, 735  
 дегидроизомеризация 3/101  
 дегидрополиконденсация 2/15; 4/59, 61  
 деградация 2/794  
 дезаминирование 1/1123; 2/17, 696; 3/253, 254, 810–812; 4/654, 900  
 декарбосилирование 2/29, 1193; 3/347; 4/523, 1119; 5/133  
 декарбонилирование 2/924  
 деметилирование 3/293  
 деструкция полимеров 2/39, 40, 1013, 1256  
 димеризация 2/106, 400; 3/1250  
 жидкофазные 3/860, 862; 5/56, 445, 722, 982  
 изотопный обмен 2/388  
 иминирование 5/7, 241, 279  
 карбосилирование 1/956  
 карбонилирование 2/640  
 каталитические, см. *Катализаторы окисления, Окислительно-восстановительный катализ*  
 колебательные 2/850, 851  
 конденсация 2/441, 889  
 контролируемые 4/1152; 5/610  
 крашение 2/998, 999  
 металлизирование 3/72  
 минерализация 3/168, 169  
 низкотемпературные 3/346  
 нитрование 2/900; 4/1267, 1268  
 нитрозирование 3/535  
 обжиг 3/244, 305, 1000, 1053, 1068, 1069; 4/615, 639; 5/610  
 отверждение 3/839  
 парофазные 2/1272–1274; 3/323, 860; 5/378, 379  
 пиролиз 2/1005; 3/449, 450, 1065; 4/697  
 полимеризация 2/286; 3/445  
 присоединение 1/758; 2/276, 537, 626, 934; 3/10, 72, 77, 79, 476, 477, 1130  
 радиационные 3/860; 4/293  
 радикальные 1/31; 2/91, 313, 464, 465, 651; 3/79, 101, 146, 666; 4/165, 310, 313, 314, 768; 5/548, 942  
 расширение 2/107, 745, 747  
 с переходом электрона, см. *Одноэлектронный перенос, Фотоперенос*  
 селективные 2/1270, 1271  
 симметризация 4/976  
 сочетание 2/15  
 «сухие» и «мокрые» 3/168, 169  
 ферментативные 1/558; 2/364, 797, 1188; 3/293, 624, 625; 5/445  
 фосфорилирование 3/668, 469, 470, 559, 612, 624, 625, 697; 1/43, 558, 1026; 2/240, 241, 655, 1004; 4/524, 894, 1259; 5/34, 159, 312, 770. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*  
 – и брожение 2/608–611; 3/668  
 – и гликолиз 2/1135, 1136; 3/668  
 – и дыхание 2/240, 241; 3/668–671  
 фотохимические, см. *Фотоокисление, Фотосинтез*  
 фторирование 5/391  
 хлорирование 3/449; 4/265, 393, 908, 938, 1206; 5/13, 502, 580  
 хлорфосфорирование 3/671, 672  
 хлоросфенирование 3/671, 672; 5/295  
 ценные 2/313, 433, 755; 3/79, 146, 666; 4/165; 5/548, 682–688, 690, 692  
 цианирование 5/704  
 циклизация 2/381, 455; 4/801, 803  
 электрохимические, см. *Электроокисление*  
 Окклюзия 1/4; 4/760, 770  
 Околорепрельные газовые смеси 1/831  
 Окружающая среда 3/1194  
 защита водного бассейна 3/851, 855, 856  
 – воздуха, см. *Воздух, загрязнение и защита*  
 – и химия 3/865  
 – от теплового загрязнения 3/850, 864, 865  
 и антропогенез 3/848–852  
 и коррозия, см. *Коррозия металлов*  
 и радиэкология 4/332, 336–338  
 и техногенные радионуклиды 4/318, 319, 331, 332  
 мониторинг 4/337, 338  
 радиоактивность 4/318–322, 331, 332, 337  
 1-Окса-4-аза-2-борадициклопент-4-ены 1/598  
 2-Оксабицикло[3.2.0]гепта-3,6-диен 3/684  
 12-Оксагексадеканол 3/291, 292  
 1,2,5-Оксадиазол-N-оксид 5/431  
 1,3,4-Оксадиазолы 5/239  
 Оксадiazолы 3/673, 674, 675; 4/74; 5/432  
 Оксадiazон 1/1031  
 Оксаликисл 5/420  
 Оксазепам 1/504; 4/269, 1224, 1225  
 1,2-Оксазетидиноны 2/741  
 Оксазетидины 3/540; 4/1104; 5/9  
 Оксазиновые красители 3/675, 536, 676, 677, 697, 1017; 2/438, 460, 700, 980, 1125; 4/1116; 5/132, 530, 531  
 Оксазины 3/694  
 Оксазиридин(ы) 3/677, 548, 549, 678, 734; 1/1094; 2/909; 5/783  
 Оксазолдиндионы 1/1031; 5/239

- 1,3-Оксазолидин-4-карбоновая кислота 4/642
- 1,3-Оксазолидин-2-тион 4/652, 653
- Оксазолидины 3/679, 680–682; 1/268; 2/114; 5/975
- Оксазолидоны 1/255; 4/200
- Оксазолиния соли 3/682
- Оксазолины 3/681, 276, 682, 683; 1/77, 254, 255, 1128, 1129; 2/114, 419, 645; 5/692, 988
- Оксазол-4-карбоновая кислота 3/679
- 5-Оксазолины 3/679
- Оксазолы 3/678, 679; 1/85, 236, 432, 720, 742; 2/11, 22, 76, 360, 1125, 1228; 4/74; 5/759
- Оксазонитрон 1/350, 351
- Оксалат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Оксалаты 1/1072, 1122; 2/545, 547, 710, 711, 1271, 1277; 3/164, 974; 4/543; 5/795, 967, 1011
- Оксалимочевина 5/84
- Оксалилуксусная кислота 5/1015
- Оксалилхлорид 1/494, 943; 2/88, 105, 135, 633; 3/347, 378, 580; 5/795
- Оксалоацетат 1/556; 3/613, 617–620, 683, 812, 1083; 4/1259, 1261, 1262; 5/270, 1015
- Оксалоацетатдекарбоксилаза 3/683, 684; 2/1168
- Оксалоацетат-карбоксилаза 3/683, 684
- Оксалоацетат-таугомераза 2/364
- Оксалодинитрил 5/699, 700
- Оксалон 1/805; 4/26, 1082–1084
- Оксалурамид 5/84
- Оксалуровая кислота 5/84
- Оксамат 4/494
- Оксамид 5/700, 795, 796
- Оксамил 3/405
- Оксаиридин 1/1118
- Оксанилиды 4/589
- Оксанолы 1/161; 3/718
- Оксанены 2/1134, 1136
- 12-Оксатетрадеканол 3/291, 292
- 1,4-Оксатиаин 5/991
- Оксатины 5/418, 419, 422
- Оксатиол 2/175
- Оксафен 2/1019
- Оксафенамид 2/277
- Оксафосфетан 5/313
- Оксацефалоспорины 5/697
- Оксацианины 4/625
- Оксациклобутаны 1/198
- Оксациллин 2/361, 1134
- Оксепан 3/684
- Оксепин 3/684, 685
- Оксетан(ы) 3/685, 891; 1/198; 2/746; 4/208; 5/355, 738
- 2-Оксетанон 4/205
- Окснзокрасители 2/139
- Окснлциамиды жирных кислот 3/685, 686; 4/699
- Окснлцилирование 5/987
- Окснльдегиды и оксикетоны 3/686, 687–689; 1/444; 4/800. См. также *Гидроксиальдегиды и гидроксикетоны*
- Оксннтрахиноны 3/689, 686, 690, 691. См. также *Гидроксиантрахиноны*
- Окснпатиты 1/358
- Окснбензальдегиды 3/691, 692. См. также *Гидроксибензальдегиды*
- Окснбензойные кислоты 3/692, 693. См. также *Гидроксибензойные кислоты, Салициловая кислота*
- Окснгалогенды 1/949–951, 1193; 3/493–496; 4/947, 948; 5/369, 393, 396. См. также *Оксгалогениды*
- Окснгемиоглобин 1/96, 1007, 1008; 3/971
- «Оксиген» («окс») 3/575. См. также *Кислород*
- Окснгеназы 1/740; 2/241; 3/697
- Окснгенация (окснгнирование) 1/1007; 4/149
- Окснгидрохиноновая кислота 3/692, 693
- Окснгруппа 1/1093, 1096
- Окснлазы 2/241, 475; 3/293, 697; 4/524; 5/150, 151, 1035
- Окснладоновые красители 3/694, 695
- 4,4'-Оксндибензолсульфонилгидразид 1/1069
- Оксндирование 3/695, 696; 2/1130, 1192; 4/808; 5/451, 913
- Оксндифениламины 3/696, 697; 1/286, 334, 628
- Оксндредуктазы 3/697, 253, 254, 271, 503, 504; 1/1143, 1149; 2/364, 968; 4/519, 523, 861, 894, 940, 1095, 1096, 1228, 1242; 5/158, 159, 770
- Окснды 3/698, 699
- «вельц» 5/749
- как «земли» 4/434, 436, 437
- как катализаторы 2/662–673, 674–677, 699
- как минералы 3/165, 166, 698; 4/560
- как оксидители 3/662
- как пассиваторы 3/888–890
- как фазы внедрения 3/75, 76
- кластерное состояние 2/796
- материалы, бронзы 1/618, 332, 671, 673, 813; 3/76, 241, 246, 273, 433, 434, 489
- волокна 3/329, 417
- нониты 2/504
- керамика 2/733, 734, 736, 737, 777, 903
- красящие, см. *Пигменты*
- огнеупоры 3/649, 650
- оптические 3/774–777; 4/835–840
- полупроводниковые 1/896; 3/241, 698; 4/599, 600, 627, 948, 1062
- радиоплощающие 4/332
- сверхпроводниковые 3/414, 415; 4/584–587
- электролиты 4/821; 5/841, 842, 844, 855, 901, 902
- неорганические 1/1051, 1055–1057, 1191, 1193, 1218; 2/767, 777, 784; 3/98, 99, 650, 818, 949, 1000, 1055, 1056, 1068, 1069. См. также соединения отдельных химических элементов
- азота, см. *Азот, оксиды*
- ангидриды, см. *Ангидриды неорганических кислот*
- водорода, см. *Вода*
- гидратированные 1/1076; 2/504, 709; 4/948
- двойные 2/662, 1278
- металлтермия 3/88–91
- напыление 2/250, 251; 3/334
- определение 5/497
- оснóвные 2/783; 3/99
- получение 1/951, 1164; 2/768, 1153; 3/504, 505; 5/207, 208. См. также *Оксидирование*
- пористые 4/132
- порошковые 4/139
- расплавы 4/359
- свойства 4/515, 598, 1062, 1082; 5/8, 44, 438, 552, 553, 838, 938
- сложные 4/575
- тугоплавкие 2/250, 251
- углерода, см. *Углерода диоксид, Углерода оксид*
- шлаки 3/1068
- нестехиометрия 3/433–435
- органические 2/1251, 1252; 3/760–763; 4/302, 595, 867; 5/304, 305, 355. См. также *Окиси*
- молекулярные комплексы 1/1193
- полимерные 3/760
- цис-формы 4/169
- N-формы 1/98, 112, 325; 2/636, 1251, 1252; 3/547–550, 740, 1043, 1045, 1050, 1082, 1229; 4/99, 100, 287, 699; 5/262
- S-формы 4/634
- α-формы, см. *Олефины, оксиды*
- радиационная стойкость 4/290
- сцепления 5/943
- Окснкарбиды 3/649, 650
- Окснкарбоксии 5/418, 419
- Окснкарбинитриды 3/650
- Окснкетоны 1/444, 445; 4/800
- Окснкислоты 3/699, 700, 707; 1/940, 956; 2/643; 4/800; 5/1015. См. также *Гидроксикарбоновые кислоты гидроксинафталинкарбоновые, см. Оксинафтоиные кислоты*
- дигидроксиантарные, см. *Винные кислоты*
- Е 3/386
- Казеллы 3/386
- Коха 3/386
- метаболизм 3/623, 700
- пери-форма 3/386
- рицинолевая 4/527
- уроновые, см. *Уроновые кислоты*
- Фрейнда 3/386
- Окснкислаланин 1/742, 743
- Окснксантоновые красители 5/128
- Окснлидин 3/701; 2/371; 4/1225; 5/537
- Окснликвиты 1/608; 4/731
- Окснльные радикалы 4/1123
- Окснмагнетит 2/254
- трис-(Окснметил)амниометан 3/701
- Окснмиоглобин 3/175, 176
- Окснмкарбаматы 2/473
- Окснмирование 3/796
- Окснмы 3/701, 26, 128, 388, 438, 439, 535, 540, 549, 554, 557, 558, 571, 702, 703, 725, 796, 870, 1074; 1/172, 195, 196, 423, 464, 465, 469, 681, 708, 1092, 1094, 1116; 2/74, 251, 326, 600, 629, 742, 743, 1081, 1153, 1252; 4/208, 855, 1148; 5/8, 305, 427, 709, 785
- Окснны 3/713, 714
- Оксннафталяльдегиды 3/703, 687, 688, 704
- Оксннафтоиные кислоты 3/704, 388, 705. См. также *Гидроксинафтоиные кислоты*
- Оксннафтохиноны 3/705, 389, 686, 689, 706, 707; 2/138
- Оксннидол 2/457
- n-Оксннеозон 1/334
- Оксннитриды 3/649, 650
- Оксннитрилы 3/707, 516, 708; 4/800. См. также *Гидроксинитрилы*
- Окснпирхлораты 3/990
- Окснпиридины 3/708, 709, 710; 1/261, 1160
- Окснпролин(ы) 3/711, 809. См. также *Гидроксипролины*
- Окснпропилцеллюлоза 3/711, 712
- 15-Окснпростагландиндегидрогеназа, НАД-зависимая 4/212
- Окснран(ы) 1/656, 941, 966, 1116, 1147, 1221, 1222; 2/120, 410, 637; 3/316, 730–732, 734, 887, 1024; 4/169, 914, 918, 924, 1108, 1138; 5/259, 442, 705, 990, 991, 1008. См. также *Этиленоксид*
- Окснрен 1/811
- Окснсоли 1/536, 537. См. также *Соли*
- Окснсульфиды 2/547, 548; 4/909
- Окснтеллуриды 4/1024
- Окснтерпеновая смола 4/1089, 1090
- Окснтетрациклины 4/1109, 1110
- Окснитоин 3/712, 401, 626, 713, 929; 1/552, 559, 660, 1171, 1172; 2/1321; 4/1194
- Окснфенилон 2/743
- Окснфосфаты 5/249–252
- N-формы 5/292, 293
- Окснфосфоры 1/164
- Окснфториды 1/618, 1191; 2/496, 769, 1031; 4/983, 1176; 5/82, 390, 396, 765
- Окснфторотитанаты 4/1176
- 8-Окснхиялидин 3/714
- Окснхиялины 1/453. См. также *Гидроксилины*
- 4-изомер 4/232
- 8-изомер 3/713, 714; 2/1218; 4/232
- Окснхлориды 4/1174; 5/555, 765
- Окснхлоронептуаты 3/424
- Окснхлоридифосфоновая кислота 3/714, 715; 2/872
- Окснхлорирование 1/960; 2/211, 627; 3/715–719; 5/15, 660, 974, 976, 990
- Окснхлорированные соединения 1/960; 2/211, 627
- алкиламины 3/715, 716, 1165, 1169; 4/699
- алкилфенолы 3/716, 717, 1165, 1168, 1169; 4/699, 1012; 5/950
- бетаны 3/1167
- гидразины 1/1074
- дифенилпропан 4/54
- жирные кислоты 3/717, 718, 1165, 1169; 5/950
- неионотенные ПАВ 3/1165, 1166
- поли-ε-капроамид 3/1251
- спирты 3/718, 992, 1165, 1166, 1168, 1169; 4/699, 700
- стеарокс-6 4/1012
- целлюлоза 3/718, 719; 4/888; 5/664, 667
- 2-Окснсоадипат, метаболизм 3/617–620; 4/1260
- 2-Окснсоальдегиды 3/814
- 5-Оксн-2-аминопентановая кислота 3/809
- Окснсоаммониевые соли 3/545
- Окснсопрофины 2/400
- β-Окснсоэталы 3/285
- Окснсоэталы 5/751
- 2,2'-бис-(3-Окснбензо[б]тиенилиден) 4/1128, 1129
- Окснсорбаты 1/580–582
- 3-Окснбутаналь 2/742
- 2-Окснбутановая кислота 3/133
- 2-Окснбутират, метаболизм 3/617–621; 4/1260
- 3-Окснвалерат, метаболизм 3/617, 618
- 4-Окснвалериановая кислота 2/1153
- Окснгалогениды 1/815, 816, 949–951; 2/267, 1032, 1088, 1090; 3/245, 246, 424, 577, 750, 751; 4/358, 711, 947, 983, 985; 5/438, 611–613, 616. См. также *Окснгалогениды*
- Окснгалогенметаллаты 1/950; 3/246, 247, 489, 493–496
- 2-Окснгексаметиленмин 2/616, 617
- Окснгексафторвольфрамовая кислота 1/822
- Окснгидроксиалюминаты 1/205, 206
- 2-Окснглутарат, метаболизм 3/617–620; 4/1259, 1260, 1262
- 2-Окснглутаратдегидрогеназа 3/880; 4/1119, 1260
- 4-Окснглутарилполуальдегид 3/619, 620
- Окснглутаровые кислоты 1/395, 1149; 2/1193; 3/810, 811; 4/1119
- Окснгруппа 3/573
- 3-Оксн-3Н-диазирин 2/69
- 2-Оксндигетерофосфоринаны 2/94
- 10-Оксн-3,6-диокса-9-азануедекановая кислота 3/574
- 2-Оксн-1,3-диоксолан 5/990
- 2-Окснизоалерат, метаболизм 3/617–620
- 2-Окснизоалериановая кислота 3/878, 879; 4/1119
- 2-Окснизогексаноат, метаболизм 3/617–620

- бис-(3-Оксо-2-индолинлиден) 2/440, 441
- Оксокарбены 1/811; 2/970
- 2-Оксо-3-карбокснизогексаионат 3/617, 618
- Оксокарбонаты 5/762
- Оксокарбоновые кислоты 1/194, 195; 3/617-620; 5/641, 642. См. также *Альдегидо- и кетокислоты, Оксо-кислоты*
- Оксокислоты 1/194, 195; 2/783, 784, 1193; 3/617-622, 1021; 4/1242. См. также *Альдегидо- и кетокислоты, Оксокарбоновые кислоты*
- Оксолактоны 3/291, 292
- Оксолин 3/719; 4/218
- Оксониниевая кислота 1/453
- 7-Оксолитолевая кислота 2/278
- «Оксоль» 3/750
- Оксольяния 1/1092, 1093, 1097
- 2-Оксомасляная кислота 5/767
- Оксометаллаты 1/382; 2/1207; 4/519
- 2-Оксо-3-метилбутановая кислота 2/1158
- 2-Оксо-3-метилвалерат 3/619, 620
- 1-Оксо-5-метил-1,2-дигидрофенантин 2/975
- 2-Оксо-4-метилпентановая кислота 2/1158
- (2-Оксо-1-метил-3-пирролидинил)-3-пиридилкетон 3/120
- 2-Оксо-4-метилтиобутановая кислота 3/133
- Оксониевые соединения 3/719, 720-723, 731, 797, 923, 1043; 1/767, 958; 2/6, 118, 214, 697, 698; 5/400, 407, 428, 1007. См. также *Карбоксий-катионы*
- Оксонитраты 3/504; 4/598
- α-Оксонитрилы 5/427
- D-4-Оксопантоевая кислота 3/879
- 4-Оксопитановая кислота 2/744
- Оксопираны 3/1073-1075
- Оксопропенол 1/49, 50
- 2-Оксопропаналь 2/742
- 15-Оксостатамандины 4/212
- Оксоселениды 4/618
- Оксосинтез 1/648, 649, 865, 867; 2/98, 359, 642, 646, 1298; 3/728; 4/208. См. также *Гидроформилирование*
- Оксосомыяные кислоты 2/361; 4/741, 1247
- Оксосолы 3/577, 1056
- Оксоспирты 1/864
- 4-Оксо-2-тиоксо-1,3-тиазолидин 4/530, 531
- 3-(4-Оксо-2-тиоксо-5-тиазолидинил-азо)бензолсульфокислота 4/531
- Оксоуглеродные кислоты 3/723, 724
- Оксоуглероды 3/723, 724, 986
- 9-Оксохинуклидин 5/537
- 6-Оксо-8-хлороктановая кислота 2/1194
- Оксохроматы 5/630-633
- Оксоцераты 5/695
- Оксоеантарная кислота 5/1058
- Октаалкилпорфиррины 4/146
- Октабораны 1/588, 589
- Октабораты 1/580
- Октагидроденидрат-анион 2/984
- Октагептаны 2/1102
- Октагидробензофуран 1/531
- Октагидроизохинолин 3/1022
- Октагидроксидиклобутан 3/723
- Октагидроперилен 3/950
- Октагидрофеантрен 3/308; 5/117
- Октагидрохинолидин 5/523, 524
- Октадекаборан 1/588, 589
- Октадекадиеновая кислота 1/863, 864; 4/527
- 1-Октадеканамиин 3/724
- Октадекановая кислота 1/827, 863-865; 2/643, 644; 5/973. См. также *Стеариновая кислота*
- α-Октадеканол 1/826
- 6,9,12,15-Октадекатетраеновая кислота 3/396
- Октадекатриеновая кислота 1/863, 864; 3/395-397; 5/26
- N-Октадеценил-N,N'-триметилэдиамонийдиолеат 2/83
- Октадеценовые кислоты 1/863, 864; 3/729, 730; 4/377, 378
- Октадецилламины 3/724, 725; 1/339; 4/833
- Октадецилламоний-О,О-дизетилтиофосфат 4/230
- 1-О-Октадецил-2-ацетил-ш-глицеро-3-фосфохолин 1/165
- Октадецилозианат 2/401
- Октадецилнитрил 3/724
- Октадециловый спирт 1/866; 4/833
- 3-Октадецилокси-1,2-пропандиол 2/1155, 1156
- Октадецилсилан 2/1172
- Октадин 3/725; 1/1120; 4/694
- Октакарбонилдизелесо-анион 2/252
- Октакарбонилкобальт 2/417, 830
- Октакозанол 1/827
- Октаметилвольфрам 2/925
- 1,2-Октаметилэдиамины 2/82
- Октаметилтетраамидпиррофосфат 3/1077
- Октаметилциклотетрасилази 3/805
- Октаметилциклотетрасилоксан 3/807
- Октааль 3/725, 727; 2/251
- 1,8-Октадикарбоновая кислота 4/606, 607
- Октаоаты 1/1027
- Октановая кислота 1/863, 864; 2/643, 644; 3/728, 1089; 5/973
- Октановое число 3/725, 278, 448, 462, 463, 726-728, 913, 918, 1129; 1/47, 499, 668; 2/46, 309; 4/174; 5/696, 980, 994. См. также *Антидетонаторы моторных топлив, Бензины*
- Октаноил 1/838; 2/140, 252; 3/727-729; 4/527; 5/67, 131. См. также *Окшиловые спирты*
- Октантиол 4/1136
- Октантов правило 3/773; 5/542-545
- Октантрен 5/117
- Октаны 3/726, 345, 727, 728; 1/560, 909; 2/686; 5/71
- Октаграницыциклотетрасилоксаны 2/1011
- Октапептиды 1/1120
- Октасахариды 1/1138
- Октагетраен 5/647
- Октаион 4/230
- (E,E,Z)-1,3,5-Октатриен 1/415
- Окта(фенилтио)нафталин 3/982
- Октафторизобутилен 5/401
- Октафторинафталин 4/66
- 2,2,3,3,4,4,5,5-Октафторпентагол 4/805
- Октафтортрисилан 2/1031
- Октафторциклобутан 3/985
- Окталортрисилан 2/1032
- Окталорциклопентен 1/997
- Октациклофосфаты 5/249
- 1-Октен-3-ол 3/1089
- Октемы 3/118, 727
- Октега правило 4/106, 107
- трет-Окталазометин 2/68, 69; 5/460, 461, 463
- L-Октил-3-гидроксн-4-хлорбутират 2/655
- Октиловые спирты 3/728, 711, 725, 727, 729; 1/866; 2/799
- Октиловые эфиры 2/616; 3/728
- Октиловый альдегид 3/725
- Октил-3-оксо-4-хлорбутират 2/655
- 2-(Октилтио)этанол 4/494
- n-Октилфенол 1/156; 5/999
- Октилфталат 5/377
- 2-Октилциклопропанкарбоновая кислота 4/230
- 8-(2-Октилциклопропенил)октановая кислота 5/731
- Октицил 2/623; 4/230
- Октоген 3/729, 263, 503, 530; 1/608, 705, 706; 4/731, 1082
- Октол 3/729; 4/731
- Окуания метод нанесения лакокрасочных материалов 2/1130, 1131
- окрашивания, см. *Крашение формования* 4/11
- Окусование 3/93, 1000, 1001
- Олгестон ацетонид 1/1048
- Ол-группы 1/1097
- Олеанан 4/579, 580
- Олеандиомиды 2/1262
- Олеанены 3/939, 940
- Олеаноловая кислота 4/1092
- Олеаты 3/730
- Олеиловый спирт 3/730
- Олеми 3/730
- Олеиновая и элаидиновая кислоты 3/729, 301-304, 325, 395, 396, 659, 730, 834, 897, 922, 1186, 1227; 1/19, 64, 863, 864, 1085, 1144; 2/83, 108, 114, 303, 307, 660, 735, 1215; 4/34, 133, 165, 172, 527, 580, 725, 726, 769, 770, 833, 903, 918, 977, 990, 1012; 5/26, 143, 551, 671, 951
- Олеиновый спирт 3/730
- 1-Олеил-2-пальмитоил-ш-глицеро-3-фосфо-ш'-глицерин 5/244
- Олеофильность и олеофобность 2/1181, 1182; 5/394, 395
- Олеомаргарин 2/308
- Олеум 1/944, 945, 1065; 2/79, 119, 1096; 3/280, 383, 524, 528, 529, 662, 676, 690, 913, 981, 1045; 4/71, 448, 642-646, 648, 658, 659, 744, 917, 919, 923, 928, 935, 1083, 1204, 1205; 5/139, 142, 412, 521, 523, 974
- Олефины 3/737, 738-740, см. также *Алкены*
- активированные 2/410
- иономеры 2/515, 516
- как нигибиторы 2/432
- комплексы переходных металлов 3/735, 82-84, 251, 475, 476, 478, 659, 736, 737, 826, 874, 875, 1130, 1131; 1/823; 2/274-276, 337, 338, 1147, 1289; 4/468, 565, 641; 5/538, 634. См. также *Цейзе соль оксиды* 3/730, 708, 731, 732, 1265; 2/921; 5/607
- метилоксиран, см. *Пропиленоксид*
- оксиран(ы), см. *Этиленоксид*
- полиоксипропилен, см. *Полипропиленоксид*
- полиоксиметилен, см. *Полиэтиленоксид*
- определение 1/616; 3/740
- полимеры 2/921; 3/907; 4/23, 81, 766. См. также *Полиолефины*
- получение 1/140, 177, 183, 198, 210, 243, 271, 658, 998, 1180, 1203; 2/11, 14, 16, 246, 410, 665, 751, 845, 846, 934, 935, 966, 1005, 1143, 1171, 1172; 3/61, 316, 346, 443, 449, 450, 552, 734, 739, 740, 743, 765, 786, 790, 791, 833, 884, 1005, 1008, 1058, 1059; 4/343, 802, 805, 872, 922, 931, 1025, 1058-1060, 1133, 1137, 1258; 5/195, 259, 311, 606, 607, 1008
- применение 3/740
- свойства 1/31, 149, 157, 158, 161, 163, 198, 199, 210, 506, 512, 596, 600, 601, 602, 606, 638, 640, 642, 643, 648, 659, 709, 711, 715, 752, 753, 864, 865, 942, 947, 951-953, 960, 964, 969, 1053, 1056, 1057, 1060, 1077, 1082, 1084, 1095, 1096, 1108, 1113, 1116, 1160-1162; 2/13, 92, 98-100, 113, 129, 135, 140, 158, 246, 247, 275-277, 310, 311, 381, 537, 622, 623, 633, 640, 646, 663, 667, 670-672, 674, 697, 698, 741, 747, 750, 824, 874, 887, 889, 919, 921, 935, 970, 971, 1172, 1205; 3/46, 78-80, 84, 103, 104, 241, 257, 289, 325, 347, 406, 444, 449, 514, 516, 528-531, 535, 540, 541, 554, 558, 659, 660, 667, 678, 680, 732, 734, 735, 791, 875, 876, 891, 976, 985, 986, 1049; 4/101, 157, 158, 168-170, 176, 177, 202, 203, 418-421, 499, 500, 525, 534, 581, 737, 738, 803, 857, 895, 896, 914, 928, 947, 1027, 1104, 1111, 1137, 1156, 1227, 1258; 5/20, 56, 132, 222, 261, 279, 280, 311, 332, 359, 365, 367, 368, 392, 439, 442, 534, 545, 581, 605, 684, 705, 711-713, 731, 735-738, 740, 785, 791, 794, 903, 907, 961, 976, 982, 983, 1009, 1011, 1012
- сульфонаты 3/740; 4/927, 928
- терминальные 1/1180; 2/311, 312; 5/199
- тиооксиды 3/733, 62, 63, 310, 734, 735; 2/173, 175; 4/634, 911; 5/14, 261-263. См. также *Тираны фторированные* 2/707, 708. См. также *Фторолефины*
- Олеформ 4/30, 31
- Олибановое масло 2/1113
- Олибанум 2/1113
- Оливановая кислота 2/1135, 1136
- Оливинит 1/382
- Оливиниты 4/561
- Оливны 2/1233; 3/740, 741; 4/674, 675, 679-681
- Оливковое масло 2/175; 3/304, 395, 730; 4/378-381, 383, 713, 721
- β-D-Оливоза 3/740
- α-L-Оливомикоза 3/740
- Оливомицины 3/740, 741; 4/236
- α-D-Оливомоза 3/740
- Олигоацетилят 4/518
- Олигоалкиленгликольмалеинатфталаты 4/91
- Олигоамиды 3/741, 742, 743
- Олигоарилаты 3/1213
- Олигобутадиеи 2/286
- Олигобутадиеинакрилонитрил 2/286
- Олигобутадиеициол 2/284
- Олигобутадиенкарбоновая кислота 2/284
- Олигогидроксифиры 4/51
- Олигогликозилцерамиды 1/1139, 1140
- Олигогликоли 4/54; 5/85
- Олигогликольмалеинатбензоаты 5/951
- Олигодезоксирибонуклеотиды 3/589-593
- Олигодиендиамины 2/285
- Олигодиендигидразиды 2/286
- Олигодиендиизонаматы 2/286
- Олигодиендикарбоновые кислоты 2/285, 286
- Олигодиендиолы 2/285, 286; 4/54
- Олигодиендиэноксиды 2/286
- Олигодиенуретандиметакрилат 2/285
- Олигодиенуретандиэпоксины 2/116, 285
- Олигодиены, см. *Жидкие каучуки*
- Олигодиметил(метил)дихлорфенилсилоксановые жидкости 2/1011, 1012
- Олигодиметил(метил)-γ-трифторпропилсилоксановые жидкости 2/1011, 1012
- Олигодиметилсилоксановые жидкости 2/1011, 1012
- Олигодиметилсилоксаны 5/998
- Олигодиетилсилоксановые жидкости 2/1011
- Олигоэнды 1/1127, 1128
- Олигоизобутилен 2/286
- Олигоизопрен 2/286



- Олигоминокислоты 2/807  
Олигомины 2/807; 3/1121  
Олигокарбонатакрилаты 2/806; 3/744–746  
Олигокарбонаты 3/1253, 1254  
Олигоклаз 3/1192  
Олигоконденсация 5/794  
Олигомергомологи 2/1144  
Олигомеризация 3/78, 79, 84, 449, 737, 743, 744, 876; 4/177, 928, 1026; 5/60, 370, 394, 636, 713  
Олигомеры 3/742; 5/59, 72, 73, 134–136, 386, 429, 813–817, 962–965, 982  
акриловые 3/744, 743, 745, 746. См. также *Олигоэфиракрилаты*  
водорастворимые 1/789  
вспенивающие, см. *Пенопласты*  
жидкие, см. *Жидкие каучуки*  
иммобилизованные 2/1324, 1325  
макромономеры 2/1266, 1267  
окрашенные, см. *Полимерные красители*  
оксультероды 3/723  
полиалкиленгликольмалеинаты и полиалкиленгликольфумараты 3/1200, 1201  
полиамины 3/1210, 1211, 1212  
полиассоциированные 1/1086; 2/596  
полиины 3/1249  
пигментированные 3/1010, 1012  
получение 1/334, 990, 995; 2/95; 3/123, 743, 891, 983, 1167, 1230; 4/1000–1002. См. также *Олигомеризация*, *Поликонденсация*, *Теломеризация*, индивидуальные представители и их группы  
предполимеры, см. *Форполимеры*  
применение 1/1043–1046; 2/295; 3/743, 773, 774, 750, 1139, 1140  
свойства 1/711, 712, 1045; 2/118, 806, 1016, 1017; 3/34, 35, 104, 742, 743, 800, 838–840, 870, 1121, 1254–1258; 4/51, 52, 54, 55, 57, 487  
сплавы 4/732, 734  
телехеловые 3/742  
функциональность 2/299; 3/660; 5/425, 426  
элементоорганические 2/804, 1014, 1015, 1237; 3/714, 759, 762, 763, 800, 803, 806  
Олигометилбензола 5/138  
Олигометилфенилсилоксановые жидкости 2/1011, 1012  
Олигомины 3/670  
Олигонуклеотиды 3/584–594, 601, 643; 4/496, 497, 1000–1002  
Олигоолефины 3/743  
Олигоорганосилазаны 2/1014  
Олигоорганосилоксаны 2/1011, 1012, 1014; 3/743, 744  
Олигопептиды 3/399–401, 743, 924, 925, 929, 930; 5/1028  
Олигосахариды 3/746, 269, 614, 655, 656, 747–749; 1/198, 232, 1097, 1126, 1127, 1137, 1138, 1154; 2/31, 732, 988, 1144, 1178, 1189, 1190, 1228; 4/35–38, 215, 216, 381, 581, 582, 1242; 5/37–39, 93, 195, 196, 271, 373, 375, 661, 995  
Олигоурета акрилаты 3/744–746  
Олигоуретаны 2/406, 805; 3/742; 4/54  
Олигофосфаты 5/247  
Олигоэтилендиаминаты 3/742  
Олигоэтоксисилоксаны 5/997, 998  
Олигоэфиракрилаты 1/847; 2/212, 743–745, 804, 806, 839, 907, 1114; 4/54, 91, 92, 95  
Олигоэфирдиолы 3/743  
Олигоэфируретаны 4/51  
Олигоэфирэпоксиды 3/905  
Олигоэфирзы 2/202, 805; 3/743, 744, 905, 1121; 5/84–86. См. также индивидуальные представители  
β-D-Олиоза 3/740  
Олифы 3/749, 750, 822, 1032, 1140; 2/312, 799, 982, 1129, 1296; 4/383, 600, 1115; 5/551  
Олтреда–Рокоу шкала 5/897  
Олово 3/755, 575; 5/936, 937  
амальгамы 1/223; 4/552  
белое 4/105  
галогениды 3/750, 63, 86, 89, 90, 244, 515, 526, 545, 553, 565, 682, 718, 722, 751–753, 755, 757–763, 977, 1227, 1241; 1/257, 348, 526, 717, 814, 833, 958, 1024, 1093, 1216; 2/10, 73, 134, 140, 203, 239, 336, 645, 697, 770, 779, 1125; 4/169, 170, 539, 627, 718, 865, 866, 916, 946, 1025, 1027, 1122, 1138, 1157; 5/7, 16, 123, 142, 224, 367, 372, 432, 457, 991  
германевый гранат 1/1035  
гидриды 1/592, 1079; 2/1205; 3/82, 576, 757  
гидросилы 1/1092; 2/1079; 3/753, 757  
жидкое 2/300  
интерметаллиды 1/331, 332, 384; 2/480, 481, 483–486, 1331; 3/348, 754; 4/556, 601; 5/655  
кислоты 3/750, 753, 757, 758  
кластеры 2/792, 793  
комплексы ионные 2/1089  
– полиядерные 1/1099; 4/97  
металлаты 3/751, 757; 4/227  
нитраты 3/757  
оксиды 3/752, 67, 504, 698, 699, 751, 753, 756–759, 1069; 1/339, 754; 2/222, 453, 567, 627, 838; 5/332, 333  
определение 1/615, 670, 739, 1060; 2/205, 499, 566, 709, 731, 1090, 1104, 1217; 3/758, 969, 1044, 1058; 4/1126, 1202; 5/128, 431, 837  
органические соединения 3/759, 84, 252, 317, 432, 751, 757, 758, 760–763, 978, 1016, 1056, 1124, 1130, 1241; 1/9, 168, 193, 668; 2/128, 174, 183, 362, 401, 731, 792, 793, 1022; 4/51, 54, 302, 594, 596, 641, 816, 946, 986, 1127; 5/265, 383, 421, 439, 449, 735, 740, 934  
перхлорат 3/757  
полимеры 3/419  
получение 1/811, 977; 2/821; 3/93, 412, 635, 756, 758, 763, 1001, 1070; 4/139, 560, 561, 593, 712; 5/205, 206, 651, 854, 895, 923  
применение 1/337; 2/671, 676, 685, 801, 1329; 3/71, 85–87, 96, 758, 759; 1126; 4/105, 106, 108, 114, 115, 359, 1007; 5/470, 753, 796, 915, 920. См. также *Оловянирование*  
свойства 1/617, 652, 944, 1015, 1017; 2/282, 383, 574, 618, 1153, 1331; 3/89, 90, 96, 98, 538, 539, 553, 561, 756–758, 955, 958; 4/105, 591, 723, 813, 1003, 1022, 1100; 5/85, 455, 656  
серое 4/105, 108  
сплавы 3/753, 82, 306, 754, 758, 759; 1/343, 617, 1039; 2/453, 454, 801, 948, 1122, 1331, 1333; 4/594, 601, 602, 640, 809, 945, 975, 1180, 1181; 5/371, 753, 766  
сульфаты 1/974; 2/709, 710; 3/757  
феррит 5/163  
фосфаты 3/757; 5/250–252  
халькогениды 3/754, 243, 250, 755, 756, 763, 1069; 2/443; 4/109, 111, 112, 584, 585, 617–619, 1023, 1024  
цианаты 5/702  
Оловые соединения 1/1096, 1097  
Оловянирование 1/974, 976; 2/321  
Оловянные кислоты 3/750, 753, 757, 758  
Оловянный камень 3/753  
Ольяхоро модификация 3/966  
Оляция 1/1092, 1097; 2/933  
Ома закон 4/1067  
Омагичивание водных систем 3/764, 634, 637  
Омайт 1/107  
Омегаатроны 2/1313  
Омефин 1/330; 2/439  
Омнипак 4/478  
Омыление 3/764, 106, 268, 519, 524, 894; 2/117, 439; 5/781  
число 3/764, 1186; 2/304, 306, 769; 5/25, 1002  
Ониевые соединения 3/764, 21, 765, 936, 988, 989; 2/411, 697, 698; 4/177, 244, 428, 429  
аммониевые, см. *Аммониевые соединения*, *Аммоний*  
галогенионные 1/957, 958, 959; 3/722  
карбоксоний-катионы 2/628, 629, 642; 3/720, 722, 1023, 1024  
оксониевые 3/719, 720–723, 731, 797, 923, 1043; 1/767, 958; 2/6, 118, 214, 697, 698  
фосфониевые, см. *Фосфониевые соединения*  
фотосенсибилизаторы 5/341  
цигтер-ионы, см. *Илиды*  
цианалы 5/700  
Ониксы 2/1027  
Онкогенные вещества, см. *Канцерогенные вещества*  
Онсагера  
коэффициенты 4/830, 1067  
линейные законы 4/1067, 1068  
принцип 4/1068, 1069  
соотношения взаимности 2/848; 4/1067–1069; 5/849, 850, 919  
теорема 3/947; 4/831, 1068  
уравнение 4/409, 749; 5/900  
Онсагера–Махлупа функция 4/1069  
Опалесценция 2/1072–1074; 3/1193; 5/103  
Опалы 2/153, 222, 223, 1026, 1027; 3/164, 838; 4/680  
Оператор(ы)  
Брейта–Паули 4/788  
Гамильтона, см. *Гамильтониан(ы)*  
момента квантового перехода 2/727  
химико-технологических схем 2/748, 750  
эрмитовы 2/718, 720  
Опероны 3/212; 4/1229, 1231  
Опиановая кислота 5/380  
Опиаты 3/765, 766; 4/516  
Опий 3/1080  
Опиолон 4/49, 50  
Опимис 5/1004  
Опионидные пептиды 3/765, 133, 400, 766; 1/138; 4/516; 5/1040, 1041  
Опоки 1/52; 3/838; 4/834  
Опорное давление 1/661  
Оппази красный 2/1003  
Оппенауэра реакция 3/767, 10, 768, 1243, 1244; 1/170, 199, 436; 4/803  
Оппозитные компрессоры 2/882, 883, 886  
Определители Слейтера 3/232  
Опреснение воды 1/772, 847, 912; 2/799, 1043; 3/56  
Опробование материалов 4/179–183  
Опси 1/741; 4/537, 538  
Оптан 5/87  
Оптимизация 3/769, 197, 770–772; 1/25, 1201, 1202; 2/747; 5/194, 467, 472, 473, 717, 810, 811, 830  
Оптическая активность 3/772, 210, 773, 786, 1040, 1041; 1/619; 2/228, 1172; 4/858; 5/546  
аминокислот 1/249, 251, 254, 550; 2/905, 1169, 1172; 3/924; 4/391, 524, 535  
в магнитном поле, см. *Фарадея эффект*  
и пирамидальная инверсия 3/1036, 1037  
и получение соединений, см. *Асимметрический синтез*, индивидуальные представители  
и хиральные элементы, см. *Асимметрические атомы*, *Хиральность*  
и число фаз в системе 5/97  
и эффект клетки 2/810  
– – Фарадея 5/546  
конформеров 3/773. См. также *Конформации молекул*  
мера, см. *Оптическое вращение*, *Хироптические методы*  
полимеров 2/674  
энантимеров, см. *Изомерия оптическая*, *Рацематы*, *Рацемизация*  
Оптическая изомерия, см. *Изомерия оптическая*  
Оптические материалы 3/773, 354, 418, 489, 774–778; 2/1245; 4/877, 911, 985, 997, 998; 5/214, 658, 754. См. также индивидуальные представители  
акустические 1/136–138  
белые пигменты 3/1011–1013  
бескислородные 3/777  
волоконные, см. *Волоконная оптика*  
грандиентные 3/776, 777  
двойное лучепреломление, см. *Керра эффект*  
иммерсионные жидкости 3/776  
ион-радикальные соли 3/225  
катализаторы 3/25  
кварцевые 1/392; 3/772–777  
керамика 2/734, 735; 3/774  
клеи 1/454; 3/776  
красители 3/132; 4/624–626  
лазерные 2/1072, 1123, 1124; 3/776  
магнитные 2/1243; 3/777  
минералы 3/167  
оксидные 3/774, 777; 4/835–840  
отбеливающие, см. *Отбеливатели оптические*  
пьезоэлектрические, см. *Пьезоэлектрики*, *Сегнетоэлектрики*  
сенсibiliзирующие, см. *Сенсibiliзаторы*  
стекла 2/590; 3/410, 774–777, 1193; 4/724, 835–838, 840, 841, 876, 975, 1022; 5/751  
стеклокристаллические, см. *Ситаллы*  
цемент 1/454  
эллисометрия 5/941  
Оптические методы  
газовый анализ 1/888, 889, 915, 916  
дефектоскопия 2/49  
детектируемый ЭПР 5/893  
накачка лазеров 2/1116, 1117, 1119  
обесцвечивание 5/678  
спектроскопия 1/407, 412–414; 3/404. См. также *Спектрофотометрия*  
– акустическая 3/768, 769  
– гальваническая 2/1121  
– ИК, см. *Инфракрасная спектроскопия*  
– калориметрическая 2/1121  
– КР, см. *Комбинационного рассеяния спектроскопия*  
– молекулярная 3/220, 209  
– ультрафиолетовая 5/64, 65, 66  
– Фуры 5/435, 436  
тензиметрия 4/1032, 1033

- Оптические отбеливатели, см. *Отбеливатели оптические*
- Оптические устройства анализаторы газов 1/888–890  
– жидкостей 2/291  
влагомеры 1/756  
гигрометры 1/756  
датчики давления 2/1284  
квантовые генераторы 2/1084  
лазерные, см. *Лазеры*  
печи 3/999  
пирометры 3/1070, 1071, 1072; 2/574  
племетры 4/279, 280  
сенсоры 4/627  
сигнализаторы 4/666
- Оптический выход 1/388–392
- Оптическое вращение 1/388, 619; 2/128; 3/298, 299, 773; 5/539. См. также *Хироптические методы*  
знак и величина, см. *Брюстера метод*, *Муаротация*
- Оразоли-1/438
- Оранжевые красители акридиновый 5/649  
дифениламинный 5/19  
кислотный 5/19  
ксиленоловый 5/379, 750  
метиловый 5/553  
метиновый 2/980  
септациленоловый 5/379  
тропеолины 5/19, 20
- Орбенкарб 4/1132
- Орбитали 3/778; 1/405  
атомные, см. *Атомные орбитали*  
базисные 3/783  
водородоподобные 3/778, 779  
вырожденные 3/232  
гауссовы 3/223, 783  
гибридизация, см. *Гибридизация атомных орбиталей*  
граничные, см. *Граничные орбитали*  
декартовые 3/783  
кубические 3/778, 779  
локализованные 3/236, 237, 781–783  
магнитные моменты 2/1244; 3/881  
модели 3/227  
молекулярные, см. *Молекулярные орбитали*  
несвязывающие 3/781, 965  
разрывающие 2/794, 912; 3/781, 782; 4/420  
связывающие 3/781, 782, 965  
симметрия 2/127, 129, 724; 3/227, 651; 4/691–693. См. также *Вудворда–Хофмана правила*  
слэйтевские 3/783  
спиновые 3/232  
тессеральные 3/778, 779  
электронная корреляция 2/905  
энергии 2/1104; 3/233, 235, 236, 778, 780–782
- Организационно-технологические автоматизированные системы управления 1/26, 27
- Организованные выбросы 3/852
- Органилазиды 5/791
- Органилгалогениды 4/759, 1024, 1025; 5/195, 305
- Органилдиалорфосфини 5/278
- Органилполисульфиды 4/42, 43
- N-Органилсиланы 3/805
- Органилсилатраны 4/672
- Органилтетрагалотеллулаты 4/1024  
*трис*-(Органилтио)карбенные соли 4/1155
- Органилтитриметафосфаты 4/1163
- Органилфосфиды 5/264
- Органилфосфонистые кислоты 5/261
- Органилфосфоновые кислоты 5/275
- Органилфторфосфорные кислоты 5/253
- Органилхлорфосфонаты 5/279
- Органическая масса угля 1/1086; 2/596
- Органическая геохимия 1/1020
- Органическая химия 3/783, 29, 30, 784–788; 2/932–942; 5/42, 481, 492–495, 508, 903, 904
- Органические соединения 3/783. См. также индивидуальные представители, их классы и группы  
анализ, см. *Органических веществ анализ*  
«влажное сожжение» 3/987  
возникновение 3/788  
классификация 3/784, 785  
номенклатура 3/568–575  
получение, см. *Органический синтез*  
стекло, см. *Стекло органическое*  
строение 3/29, 30, 786, 789  
удобрения, см. *Органические удобрения*  
фрагментация, схемы 2/1316; 4/511, 512  
цвет, см. *Цветность органических соединений*
- Органические удобрения 3/789, 790; 1/1210; 2/498; 3/279; 4/1223; 5/54
- Органический синтез 3/790, 784–787, 791–794. См. также *Перегруппировки*, *Реакции химические*, включая именные  
искусственной пищи 2/534, 538, 539  
катализ 2/664–666  
компьютерный 2/886; 3/784, 793; 4/512  
на матрицах, см. *Матричный синтез*  
основной 3/832, 441, 784, 833; 2/594; 4/1208  
синтоный, см. *Ретросинтетический анализ*  
темплатный 2/1326  
тонкий 4/1207, 1208; 2/594; 3/784, 833; 5/153  
тяжелый 3/832, 833
- Органических веществ анализ 3/794, 795–799; 5/425, 693. См. также *Минерализация*, индивидуальные методы и их группы
- Органоалкоксансораны 3/316
- Органоалкоксисиланы 2/1010, 1024
- Органоаминсиланы 2/1019, 1022
- Органоарсениды 3/314, 315
- Органоарсенистые кислоты 3/310
- Органоарсиновые кислоты 3/310
- Органоарсини 3/314, 315
- Органоарсиновые кислоты 3/310, 314
- Органоарсоновые кислоты 3/309, 315
- Органоацилосиланы 2/1019
- Органобораны 1/594–603
- Органобораты 1/594, 595, 598–600, 602
- Органоолокниты 1/807; 5/144
- Органогалогениды 1/1040; 3/761, 763
- Органогалогенсиланы 3/799, 125, 126, 800, 801; 2/1010, 1018–1023; 5/128
- Органогеи 1/1001, 1002
- Органогены 3/785
- Органогерманы 1/1039
- Органогетинакс 1/1062, 1063
- Органогидробораты 1/602
- Органогидросиланы 2/1019
- Органоидистаннаны 3/760
- Органоидтиоарсенистые кислоты 3/310
- Органоиды 2/154, 331, 332; 3/86, 1114
- Органоизопротилденаминооксисиланы 2/1022
- Органокарбораны 1/594
- Органокарориноиды 2/945
- Органолюминофоры 2/1227
- Органо-минеральные удобрения 3/789; 5/54
- Органооловооксиды 3/760–763
- Органоластики 3/802, 327, 803, 804, 1119, 1122; 1/370; 2/878, 880; 4/723
- Органоразбавляемые лакокрасочные материалы 2/1130
- Органоселенилгалогениды 4/620
- Органосиланы 3/803, 800, 804, 805; 2/1019, 1020, 1022
- Органосилоланы 2/1019
- Органосиланы 2/1019, 1020
- Органосилиланы 2/1019
- Органосилильные материалы 3/805, 806
- Органосилоксаны 3/806, 799, 800, 807, 808; 2/1019, 1020, 1022, 1023
- Органостанноновые кислоты 3/760–762
- Органотекстолиты 4/1013, 1014
- Органотриоарсоновые кислоты 3/309
- Органотрифторфосфораны 5/294
- Органохлорсиланы, см. *Органогалогенсиланы*
- Органоциклодисиланы 3/803–805
- Органоциклоксиланы 3/806, 807
- Органский балзам 1/454
- Орекс-40 4/134
- Орсин 2/142
- Ореолы рассеяния полезных ископаемых 1/1016, 1019, 1021
- Ореховое масло 4/377–380
- Ореховые взаимодействия 2/206, 207; 3/16, 142; 5/958
- Орехитованное состояние полимеров 3/808, 144, 202, 809, 1121, 1135, 1136, 1138, 1203, 1207, 1251; 1/859; 2/1061; 4/2, 27; 5/229–231, 237
- Ореховых волокон 4/844, 845
- Оризил 1/1027
- Оризон 2/836
- Орлон 2/1166; 3/192, 1198–1200
- Ормозан 5/525
- Ормид 4/694, 695
- Орнитин 3/809, 619, 620, 810–812, 928; 1/144, 148, 250, 362, 1152; 2/81; 4/1260–1262
- Орнитинный цикл 3/810, 280, 619, 620, 622, 623, 809, 811, 812; 1/362; 4/1259
- Оропон 2/835
- Оротат, метаболизм 3/613, 619, 620
- Оротидиловая кислота 3/813
- Оротидин-5'-фосфат 3/813
- Оротовая кислота 3/812, 578, 613, 813, 1051; 1/750
- Ортит 4/570; 5/23, 965
- Орто (o), мета (m), пара (p) 3/813
- Ортоантимонаты 4/943, 944
- Ортоарсенаты 1/381, 382
- Ортобораты 1/580, 582
- Ортоборная кислота, см. *Борные кислоты*
- Ортованадаты 1/670–672
- Ортованадиевая кислота 5/773
- Ортовород, см. *Водород*
- Ортогаллаты 1/935, 936
- Ортогаллиевая кислота 1/935
- Ортогерманаты 1/1034, 1035
- Ортогерманевая кислота 1/1034, 1042
- Ортодейтерий 2/23, 24
- Ортодиитоугольная кислота, эфиры 4/1154
- Ортокарбоновые кислоты 3/815
- Ортоклад 1/221; 2/559; 3/167, 1193; 4/678
- Ортокремневая кислота 2/1006; 3/147, 813
- Ортолевы 1/170–172, 1032; 4/672, 698, 1050
- Ортолевы–Кинга реакция 3/813, 814; 2/1033
- Ортомергалловатистая кислота 2/1287
- Ортометаллурование 3/72, 73
- Ортомолблаты 3/240
- Ортомолбленовая кислота 3/240
- Ортомурьяная кислота 3/813
- эфиры 1/199, 1147, 1203; 2/746; 3/285, 562, 674, 675, 815, 816; 4/1163; 5/224
- Ортомышьяковистая кислота 2/80; 3/305, 306, 311, 576
- Ортомышьяковые кислоты 2/38, 86; 3/305, 312
- Ортона перегруппировка 3/814, 815
- Ортониловый C 1/459
- Ортонобаты 3/488, 489
- Ортоволаки 3/568; 5/137
- Ортоволяная кислота 3/757
- Ортоперодаты 2/495
- Ортоплюмбаты 4/600
- Ортосиликаты 4/674–676, 682; 5/746, 748
- Ортосурьмяная кислота 4/948
- Ортеллурувая кислота 4/1022
- Ортоугольные кислоты 4/1152, 1154, 1155
- Ортотитановая кислота 2/1015; 4/1173, 1178, 1179, 1183; 2/1015
- Ортоугольная кислота 1/1210; 2/639; 3/813, 815
- эфиры, см. *Ортоэфиры*
- Ортофен 1/297
- Ортоферриты 2/1240, 1241; 5/163, 164
- Ортофосфатацетилтрансфераза 5/243
- Ортофосфаты 1/284; 2/1130; 3/365, 366; 4/711, 712; 5/247–251, 288, 297
- Ортофосфорная кислота 1/40, 484, 1131; 2/1189; 3/695, 696; 4/133; 5/249, 271, 286, 287, 298, 299, 307, 981, 996. См. также *Фосфорная кислота*
- Ортофталевая кислота 2/809
- Ортохроматические фотоматериалы 2/37; 4/624, 625; 5/317
- Ортохромиты 5/633
- Ортоциклофаны 5/743, 744
- Ортоэфиры 3/813, 722, 815, 816, 817, 1028, 1049; 1/423, 1128, 1129, 1203; 2/420, 639, 732, 747, 913, 1215; 5/10
- Орципренилин, сульфат 3/817; 1/51
- Осадочная хроматография 3/817, 818; 1/625; 2/294
- Осадочные горные породы 1/1141, 1177; 2/349; 4/674
- Осаждение 3/818, 819–822; 1/1105, 1106; 5/489
- автофорез 1/775
- высаливателями, см. *Высаливание*  
газофазное, см. *Десублимация*, *Химическое осаждение из газовой фазы*  
гель-поддерживающее 2/340  
гидроавтоклавное 3/7  
гомогенное 1/1182  
гравитационное, см. *Каплеулавливание*, *Пылеулавливание*  
диффузионное 4/282  
дробное 4/833  
и адсорбционные индикаторы 1/362; 2/1217  
и аргентометрия 1/362  
и воздушная сепарация 4/628  
и гидравлическая классификация 2/790–792  
и гравиметрия 1/1182  
и качественный анализ 2/709–711  
и концентрирование 2/916  
и микрокристаллоскопия 3/160, 819  
и остаточные концентрации, метод 5/175  
и очистка стоков 3/858, 859  
и полимеризация 3/1195  
и потенциометрия 4/155  
и произведение растворимости 4/187  
и разделение смесей, см. *Осадочная хроматография*  
и соосаждение 3/819; 4/760–762  
и фильтрование 5/183

- и титрование 2/205, 449, 896; 4/155, 1188, 1189  
и флотация 5/206  
и формование волокон 1/731, 732  
инертное 2/613, 614; 4/282, 283, 285, 286  
катализаторов 2/668–670, 675, 676  
контактное 5/503  
лакообразующих материалов 2/1130, 1131  
металлов 2/851; 3/71. См. также *Гальванотехника*  
обменное 4/670  
органическими реагентами 3/637; 4/395, 396  
осветительное, см. *Освещение*  
особо чистых веществ 3/835  
оставальдо созревание 2/319, 1048, 1049; 3/819  
отстаивание, см. *Отстаивание*  
радиоактивных отходов 4/320, 321  
сгущением, см. *Сгущение*  
седиментационное, см. *Седиментация*  
суспензий 2/819–822; 4/951–953  
тонких пленок 3/1105  
фотокаталитическое 5/333  
центробежное 1/1105, 1106; 2/614, 791; 4/282, 285, 286; 5/673–677  
электрическое 4/283, 286  
электрохимическое 1/775; 2/1099; 3/7; 4/807; 5/62. См. также *Электроосаждение*
- Осарит** 3/823  
**Осарсол** 3/310, 318; 5/143
- Осветительные материалы**  
керосины 2/738, 739, 1175; 3/441, 445, 446, 448  
пиротехнические, см. *Пиротехнические составы*
- Освещение** 5/674  
как осаждение 1/770; 3/351, 819–822, 859, 881, 896, 1089  
оптических стекол 3/775; 4/838  
фотоматериалов 5/453, 455
- Осевые устройства**  
вентиляторы 2/877, 878  
диффузия 3/1100  
компрессоры 2/885, 886  
насосы 1/849; 3/340, 341  
пленочные аппараты 3/1143
- Оседание** 3/819  
**Осколочные ионы** 2/1309, 1311, 1316
- Ослабление фотоизображения** 5/454, 455
- Осмат** 3/824  
**Осминая кислота** 3/824  
**Осминовый лаурит** 3/824  
**Осминый 3/823**; 1/570; 4/431; 5/937  
антимонид 1/331  
арсенид 1/384  
галогениды 3/824–826; 5/391  
гидроксид 3/824  
дисульфид 3/824  
кластеры 2/794, 795  
минералы 2/535, 537; 3/823, 1132; 4/532  
оксиды 1/727; 2/536, 537, 657, 739, 823–825; 4/848, 868; 5/428  
определение 1/242, 529; 2/84, 183, 1230; 3/1133, 1134; 4/1142  
органические соединения 3/825, 79, 91, 826; 1/169, 364; 2/362, 641, 651, 794, 795; 4/1160; 5/45, 384  
получение 3/824, 825, 1193; 4/561, 562  
применение 3/825  
свойства 1/1015; 2/387, 671, 677; 3/97, 98, 823, 824, 949, 955, 956, 958, 959, 1132–1134, 1142, 1146; 4/803, 813, 1097; 5/929  
сплавы 3/823, 825; 4/565  
цианид 5/703
- Осмистый иридий** 2/535, 537; 3/823, 1132; 4/532  
**Осмодуриетки** 2/181, 1078  
**Осмол** 3/826; 2/600, 602, 1165; 4/714, 739  
**Осмометрия** 3/826, 216, 827; 1/127  
**Осмол** 3/827, 826, 828–830; 2/156; 5/465, 857  
в электрическом поле 2/1300  
давление, см. *Осмотическое давление*  
и коагуляция 2/817  
и набухание полимеров 2/1264–1266  
и связанная влага 4/954  
и стабильность нонитов 2/504  
капиллярный, см. *Электроосмотические явления*  
обратный 1/772; 2/196, 859, 1300; 3/39–41, 45, 196, 827, 828, 859, 861  
термический 2/1300  
химические потенциалы 5/499  
**Осмотическое давление** 2/181, 293; 3/39, 40, 216, 624, 826–830; 4/79, 365, 372, 373; 5/465, 499, 856, 857  
определение, см. *Осмометрия*
- Осмоген** 3/91, 826  
**Основания** 5/95–97, 422–424  
«жесткие» и «мягкие» 1/225; 2/281, 282  
ионные и неионные, см. *Псевдооснования*  
как дегазирующие вещества 2/9  
как индикаторы 2/446–449  
как катализаторы и их яды 1/1054, 1056; 2/770–774; 5/1047  
как растворители 4/359, 360  
как связывающие агенты 4/969  
комплексы Джексона–Майзенхаймера 2/132  
комплементарные 2/877  
Льюиса, см. *Льюиса кислоты и основания*  
Манниха 1/312; 2/1279; 3/709, 1081; 4/173, 528, 529; 5/962  
Миллона 4/545  
неорганические 1/1098, 1099; 2/587; 4/744. См. также *Аммиак*, *Гидроксиды*, *Известь*, *Сода*, *Щелочи*  
номенклатура 3/576, 577  
определение, см. *Кислотно-основной анализ*  
органические 3/830, 831, 832, 1238; 1/145, 228, 270, 524, 571, 1137, 1209; 2/69, 81, 110, 114, 115, 397–400, 458, 459, 593, 594, 620, 628, 639, 862, 877, 1031, 1191; 4/866, 867; 5/123. См. также *Алкогалиты*, *Металлоорганические соединения*  
– красителей, см. *Основные красители*  
– пиридиновые 1/199; 2/593, 845, 858, 963, 964, 1215; 3/1044, 1081  
– пиридиноновые, см. *Пиридиноновые основания*  
– пуриновые, см. *Пуриновые основания*  
сфингозиновые 5/693  
сильные и слабые 1/1070, 1098, 1099; 2/114, 116, 456; 4/343. См. также *Щелочи*  
теория, см. *Кислоты и основания*  
тиминовые 5/342  
Трегера 3/1037; 4/390  
Фишера 3/131  
Хюнига 3/832  
четвертичные, см. *Аммоний*  
Шиффа, см. *Шиффа основания*  
**Основной(ый) катализ**, см. *Кислотно-основной катализ*
- Основной органический синтез** 3/832, 441, 784, 833; 2/594; 4/1208  
**Основность кислот** 2/813; 5/423, 424  
**Основные соединения**. См. также *Амфотерные соединения*  
горных пород 4/561  
ионообменные смолы 1/289, 290; 2/520  
красители 3/833, 536, 561, 834; 1/322, 367, 438, 1061; 2/114, 455, 977, 990, 994–996, 1128; 4/944, 945, 1116, 1199  
– азиновые 1/74, 75; 3/833, 834  
– азокрасители 1/83; 2/699, 700; 3/833  
– арилметановые 1/367; 2/302, 700, 1128; 3/181, 833, 834  
– бриллиантовый зеленый 3/834; 4/230, 945  
– желтые К и О 1/113  
– катионные, см. *Катионные красители*  
– ксантеиновые 2/302, 1082  
– метилвиолет, см. *Основной фиолетовый К*  
– метиленовый голубой 3/113, 834; 1/338; 2/221, 448, 450; 4/466, 945, 1116, 1117  
– метиловый фиолетовый 2/447, 449; 4/944, 975. См. также *Основной фиолетовый К*  
– оксазиновые 2/700  
– периноновые 2/700  
– роданины 4/530; 1/1082, 1083; 3/834  
– синий К 1/367; 2/302, 1128  
– спирторастворимые 3/834  
– тиазиновые 4/1116  
– феноксазиновые 3/536  
– фиолетовый К 1/367; 2/302, 447, 449, 1128; 4/247, 944, 975  
– кристаллический 2/1057, 114, 221, 302, 448, 449; 3/181, 834; 4/230, 396, 397, 945  
– формазиновые, см. *Формазины*  
– фуксины 5/412, 413  
– ярко-зеленый 1/367; 2/302, 1128  
лаки 2/1128, 701, 834, 978, 1083, 1329; 1/367, 1061; 3/1009, 1016; 4/1117  
оксиды 2/783; 3/99  
соли 1/1097; 3/504, 577; 4/744, 904, 943; 5/249–252, 630, 671, 754  
Особо чистые вещества 3/834, 414, 835; 1/121; 2/84, 232, 271, 273, 1043, 1318; 4/400; 5/25, 64  
**Осрутин** 4/562  
**Остаивающиеся кислые растворы** 5/453  
**Остантены** 2/1095  
**Остекальные** 1/750  
**Остаточная дисперсия** 3/642, 643  
**Остаточные продукты** «декстрин» 1/232  
дистилляции нефти, см. *Гудрон*, *Мазут*  
масла 2/6, 7, 168, 903, 1251; 3/277, 446, 466, 472, 995, 1125; 4/167, 171, 438–440, 928, 1237  
**Остаточных концентраций метод** 5/175  
**Остальда**  
закон разведения 5/856, 857, 900  
созревание 2/319, 1048, 1049; 3/819  
**Остальда–Вейля модели** 3/947  
**Остальда** – Де Вилла закон 4/487  
**Остеосинтез** 3/1241  
**Островки стабильности нуклидов и ядер** 3/962; 5/1032  
**Островные кристаллические структуры** 2/1055  
**Остромысленского–Жоба метод** 2/56
- Осушка**  
газов 1/896, 9, 847, 912; 2/327, 613; 4/540; 5/15, 291, 292  
жидкостей и твердых веществ 2/1205, 1334; 4/967  
**Осциллополюрография** 4/127  
**Осциллятор** 2/723, 727, 852, 853; 3/391, 392; 4/996  
**Отавит** 2/551  
**Отбеливатели** 1/656, 657  
оптические 3/835, 132, 284, 360, 523, 679, 704, 836, 837; 1/515, 1076; 2/81, 975, 990, 998, 1228; 4/699, 700, 868, 1158, 1249, 1250, 1253  
фотографические 5/453, 454  
химические 2/569, 585; 3/34, 284, 292, 323, 359, 364, 658, 835, 836, 972, 978, 980; 4/382, 383, 699; 5/551, 560, 564, 568, 631, 664, 665, 754. См. также *Водорода пероксид*, *Хлор*  
– земли, см. *Отбеливающие земли*  
– пищевые 3/838, 1089  
**Отбеливающие земли** 3/837, 967, 968; 1/487; 2/903; 4/612, 649; 5/186  
глины, см. *Бентонит*  
кремнистые 3/838  
– алюмосиликаты, см. *Цеоциты*  
– диатомовые, см. *Диатомит*  
– опки 1/52; 3/838; 4/834  
– трепел 2/733, 1026, 1027; 3/838; 4/834  
**Отбензиненные нефть и газ** 1/929; 2/166, 167  
**Отбора правила**  
для квантовых переходов 4/472, 692; 5/883, 884  
для перидицических реакций 3/964, 965  
**Отвалы** 4/712  
**Отверждение** 3/838, 128, 839, 840; 4/487  
бетонов 1/1076; 2/582, 585, 1175; 3/357, 1265  
воздушной извести 2/350  
древесной смолы 2/227  
жидких каучуков 2/286  
– стекло 4/673  
жиров 2/308  
и коагуляция 2/816  
и реология 4/487  
и сварка 4/583  
клеев 2/799–807; 4/715, 716  
Кремниорганических соединений 2/1014, 1015, 1023  
лакообразующих материалов 2/1014, 1015, 1129, 1139; 4/51, 670  
мастик 2/1319  
органосиликатов 3/806  
пленкообразователей 2/114; 3/282, 568, 1140  
полимеров 1/859; 2/116, 867, 868; 3/114, 202, 542, 724, 742, 743, 745, 746, 1121, 1197; 4/3, 30, 91–93, 446, 822, 969; 5/73, 136, 137, 143, 430, 961, 962, 964  
«полиприсоединение» 2/1023  
радиационное 4/293  
радиоактивных отходов 4/320, 321  
**Отвлекающие средства** 2/617  
**Отдушка** 1/534, 668, 669, 988, 1078, 1096; 2/19, 26, 237, 359, 456, 517, 764; 3/118, 134, 290; 5/67, 130, 438, 774, 938  
**Отжиг** 2/257, 258, 262, 273, 1333; 3/94, 98, 249, 256, 257, 497, 1120; 4/116, 117, 139, 291, 807, 808, 836, 1007; 5/100  
**Отзол** 2/348  
Отказы оборудования 3/320–323  
Отклик, измерение 3/640–643  
**Открыпористые пенопласты** 3/902, 904, 906, 907

- Открытые системы 3/841, 842, 935; 2/312  
диссипативные структуры 3/841, 842; 4/1070  
иерархические, термодинамика 4/1062, 1063, 1064  
концентрации интермедиатов 2/848  
лазерные, см. *Накачка*  
плазма 3/1094  
пламя 3/1189  
реакции в растворах 4/409  
— квази стационарные 2/715  
релаксация 4/463  
самоорганизация 4/573, 574; 3/841  
цикл измеления 2/351
- Отмока шкур 2/995  
Отмучивание 3/820, 822, 868
- Относительные параметры  
молекулярная масса полимера 3/217—219  
плотность 3/1145, 1146
- Отопительный газ 1/878
- Оттошенные спекающиеся угли 2/597
- Отпуск  
металлов и сплавов 2/259—261; 3/94; 4/808  
твердых растворов 4/1007
- Отравленные приманки 3/994
- Отравляющие вещества 3/842, 843—847; 2/187; 4/269, 915, 1197; 5/238, 500—502, 536, 554, 561, 562, 588, 981, 982, 1045. См. также индивидуальные представители  
защиты, см. *Защитная одежда, Противогазы*  
обезвреживание, см. *Дезгазация*
- Отражающие аппараты  
каплеуловители 2/614  
печи 4/597  
покрытия 3/776, 777
- Отражение  
иарушенное полное внутреннее, м-тод 2/493  
света минералами 3/167
- Отрицательная абсолютная температура 4/1030, 1031
- Отрицательные ионы 2/508, 528—532
- Отсадка 3/631
- Отсеивающий эксперимент 3/1107
- Отставание 1/770, 773, 1105, 1106; 2/226, 515, 819—822, 857—859, 1169; 4/272; 5/193, 831, 832
- Отунит 5/281
- Отхаркивающие средства 3/847, 848; 4/393; 5/746
- Отходы производства и потребления 3/629; 5/210  
бытовые 3/789  
газообразные 3/849—855, 864, 865  
галитовые 4/354  
жидкие, см. *Сточные воды*  
жидко-твердые, см. *Шламы*  
как удобрения 2/348, 349; 3/789  
обезвреживание и переработка 3/1000, 1001, 1100; 5/502  
радиоактивные 4/319, 320—322, 332, 337, 876; 2/15, 16; 5/1031  
рекуперация 3/863, 864  
твердые 3/863, 864
- Отщепления реакции, см. *Фрагментации реакции, Элиминирования реакции*
- Офобилины 4/428
- Офлоксацин 4/231
- Оффретит 2/676; 5/679, 680
- Охлаждение  
воздушное 4/1050  
жидкие смеси 1/567; 4/1113, 1114; 5/593  
закон Ньютона 2/574  
и кристаллизация 2/1052, 1053
- искусственное, см. *Холодильные процессы*  
критическая скорость 4/842
- Охотенсимни 2/398, 399
- Охрана природы 3/848, 416, 849—865; 4/319—322, 1210; 5/470, 471, 495, 496, 514, 833  
водный бассейн, см. *Сточные воды*  
воздух, см. *Атмосферы экология, Воздуха загрязнение и защита, Выбросы и отходы, Безотходные производства, Окружающая среда, Отходы производства и потребления*  
и химическое оружие 5/500—502
- Охрана труда 3/865, 866—868; 2/880—882; 4/319—322; 5/470. См. также *Техника безопасности*
- Ократоксин 3/152—154
- Окры 3/868, 869, 1011, 1012; 1/1141; 2/273, 354, 1003, 1296; 4/673; 5/67, 1001
- Оцимен 3/869, 1242; 4/1092
- Оцименол 3/869
- Очаговое самовоспламенение 1/829, 831
- «Очарованные» частицы 5/932
- Очистка  
биохимическая 3/860, 861, 864, 1055  
буровых растворов 5/204, 205  
в неорганическом синтезе 3/420  
в пирометаллургии 3/1069  
вод(ы), см. *Водоподготовка*  
— стоков, см. *Сточные воды*  
выхлопов автотранспорта 2/666, 668  
газов, см. *Газов очистка*  
глубокая, см. *Особо чистые вещества*  
и соосаждение 4/762  
и химический транспорт 5/497  
ионообменная, см. *Иониты, Ионный обмен*  
мембран 3/38, 39, 56, 57  
металлов 3/1069, 1070. См. также *Рафинирование, Электрографирование*  
нефтяных фракций, см. *Нефтепродукты*  
окончательная, см. *Рафинирование*  
сублимационная 4/891—893  
суспензии 4/952
- Очищающие средства, см. *Моющие средства*
- «Ошибочная» репарация 4/493

## П

- Пааля—Кнорра реакция 3/870, 871, 1079; 2/815; 5/713
- ПАВ, см. *Поверхностно-активные вещества*
- Павины 2/398—400
- Падан 5/1046
- Падающий шарика метод 1/729
- ПАИС, стеклопластик 3/1248, 1249
- Пайка 3/753, 754; 4/985; 5/62, 257, 753, 756
- Пайлен 4/27
- «Пайн-ойл», см. *Сосновое масло*
- Пакеты  
ионные, см. *Масс-спектрометрия*  
насадок 3/338, 339
- Паклобутразол 4/429
- Палатника—Ландау правило 5/99
- Палатон 2/1276, 1277
- Палеобиогеохимия 3/871
- Палитоли 1/87
- Палитоксин 4/1194, 1195; 5/1040—1042, 1045, 1046
- Палладий 3/871, 955—958, 1193; 1/570; 4/431; 5/49, 937. См. также *Платиновые металлы*
- галогениды 1/424, 527, 713, 974; 2/1022; 3/477, 677, 739, 872, 874; 4/737, 738; 5/795
- гидриды 1/1081; 3/872
- интерметаллиды 1/383; 2/485; 3/165, 871, 1132
- кластеры 2/795
- минералы 2/334; 3/871, 1128, 1132
- нитрат 3/873; 5/795
- оксиды 3/871
- определение 1/79, 117, 336; 2/183, 709, 743, 1104; 3/536, 703, 1044, 1133, 1134; 4/184, 395, 399, 530, 531, 555; 5/19, 431, 436, 619, 723
- органические соединения 3/873, 735—737, 874—876; 1/432—434; 2/97, 98, 374, 642, 651, 795, 871, 927, 944, 1101; 4/96, 499, 500, 555, 738, 1148; 5/384, 439, 721, 725, 942
- перхлорат 3/990
- получение 1/373, 536, 873; 4/533, 561; 5/333, 926
- применение 1/896; 3/71, 872, 873; 4/266, 628, 958, 1098; 5/164, 365, 733, 735, 739, 915
- самородный 3/873, 1132
- свойства 1/4, 974, 976, 977, 1015, 1055, 1056, 1082, 1083, 1093; 2/26, 383, 615, 616, 645, 664, 666—668, 670—678, 751, 797, 851, 920, 962, 1076, 1077, 1242; 3/72—74, 79, 84, 96, 325, 347, 387, 396, 409, 515, 516, 523, 527, 532, 553, 680, 684, 871—873, 950, 952, 1034, 1043, 1073, 1079, 1132—1134; 4/76, 538, 539, 617, 741, 813, 925, 1055, 1091, 1093, 1106, 1108, 1145, 1157, 1198; 5/13, 45, 87, 115, 124, 127, 133, 141, 264, 361, 722, 726, 740, 973, 1020, 1058
- силициды 3/872, 873
- сплавы 2/949; 3/42, 45, 305, 825, 873, 890, 1129; 4/565, 639, 640, 809
- сульфат 3/873
- фосфины 3/873
- халькогениды 3/872, 873; 4/618, 1024
- цианиды 5/703
- чернь 1/714, 990; 3/873
- Палля кольца 3/338
- Пальгорскит 3/837
- Пальмитаты 3/876
- Пальмитин 5/551
- Пальмитиновая кислота 3/876, 301—303, 325, 1089; 1/740, 863, 864, 1144; 2/15, 226, 303, 307, 643, 1215; 4/377, 378, 580, 744, 769, 770, 833, 903, 968, 990; 5/26, 551. См. также *Гексадекановая кислота*
- sn-1-Пальмитонил-2,3-дистеароилглицерин 2/303
- Пальмовое масло 1/866; 2/657; 3/876; 4/377—380
- Пальмовый воск 1/827
- Пальмовый жир 2/303
- Пальмовозовое масло 1/1024
- Пальмоядровое масло 1/866; 2/616, 1151; 4/377—380
- Пальостровая кислота 2/283; 4/740, 741, 977
- ПАН, индикатор 2/451, 452; 3/1044
- Панакур 4/225
- Пангамовая кислота 3/877; 1/750
- Пандамин 3/924
- Пандаминиин 3/924
- Пандермит 1/581; 2/583, 584
- Паникулатин 1/146
- Панкреатин 2/835
- Панкреатические липазы 1/1098; 2/304, 1184
- Панкреозимин 5/590
- Д-Пантамид 3/879
- Пантенол 3/880
- Пантегин 3/879
- Пантетин 1/1119; 3/877, 878; 4/1156
- Пантетиниаза 3/879
- Пантогам 3/578
- Пантоговая кислота 3/877—879
- Н-Пантоил-3-аминопропанол 3/877
- 3-(Н-Пантоламино)пропионовая кислота 3/877
- Пантолактон 3/877, 879
- Пантосет 5/558
- Д-Пантотенат-4'-фосфотрансфераза 3/879
- Пантотениловый спирт 3/877, 880
- Пантотеновая кислота 3/877, 878—880; 1/138, 139, 751, 956; 2/968, 1298; 5/583
- бис-(N-Пантотеноил-2-аминоэтил)ди-сульфид 3/877, 878
- Пантотенол 3/877
- Пантоцил 1/338; 4/1203; 5/558
- Пантрипин 1/322
- Панхроматические фотоматериалы 2/37; 4/624, 625; 5/317
- Папаверин 3/880; 1/144, 988; 2/398, 399; 4/774, 1193; 5/143, 270
- Папаверрубины 4/398
- Палани 3/880, 176, 881; 1/481, 482, 1098; 2/424, 425
- Паприи 2/232
- ПАР, индикатор 2/451; 3/1044
- Пара, см. *Орто, мета, пара*
- Парааминосалициловая кислота 1/263
- Парабановая кислота 2/412; 3/279; 5/84
- Парабутиральдегид 2/1297
- Параволород 1/776, 778, 835, 1194; 3/813
- Паравольфраматы 1/814, 818, 821—823
- Парагонит 4/723
- Парадеитерий 2/23—25
- Параден 2/1101
- Параизобутиральдегид 2/1297
- Паракавт 1/1032; 2/38, 53, 142
- Параконовые кислоты 3/966; 5/792
- Паракумарат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Параллельные реакции 2/753, 755, 877, 897, 898, 1034; 3/517; 4/149, 721; 5/106
- Параллельные эксперименты, см. *Метрология химического анализа*
- Паральдегид 1/424, 1142; 3/122, 813
- Парамагнетизм 3/881, 882
- Парамагнетики 3/881, 98, 167, 242, 347, 350, 477, 490, 545, 546, 634, 656, 658, 823, 872, 882, 969, 971, 1128, 1152, 1225; 1/207, 341, 407, 457, 673, 812, 935; 2/136, 230, 243, 254, 265, 270, 535, 544, 546, 561, 766, 830, 1111, 1147, 1201, 1231, 1232, 1234, 1237—1239, 1245, 1288, 1290, 1291, 1333; 4/191, 300—302, 464, 532, 563, 624, 711, 789, 874, 911, 979, 997, 1022, 1039, 1173; 5/102, 107, 163, 164, 594, 615, 868
- Парамагнитного зонда метод 4/790—793
- Параметр(ы)  
Димрота 2/942  
Мессис 1/45  
осаждения 4/282, 283  
порядка 2/1072—1074, 1111; 5/103, 104  
растворимости 2/833, 834; 4/355, 356, 368; 5/834

- состояния 3/882, 883; 2/312; 4/823, 1065, 1067, 1073, 1074; 5/98–104, 498. См. также отдельные параметры
- критические, см. *Критическое состояние*
- уравнения, см. *Уравнения состояния*
- Флори–Хаггинса 2/1264; 4/371
- Парамилон 2/1144
- Параоксон 2/470
- Паралериодаты 2/495
- Парапет 4/22
- Параарозанилин 2/80; 5/412
- Парастероидные гормоны 1/747
- Паратормон 3/883, 884
- Парателлуригит 4/1021
- Паратон 2/343, 470; 3/566
- Паратиреоидный гормон 1/1156; 3/883, 884
- Паратирин 3/883, 884
- Паратропные системы 1/378
- Парафен 5/585
- Парафенилендиамин 3/363
- Парафин 3/884, 159, 281, 347, 402, 446, 447, 454, 457, 636, 822, 995, 1125; 1/19, 52, 706, 826, 1000; 2/34, 35, 227, 312, 323, 601, 735, 901, 1044, 1182, 1267, 1318; 4/289, 651, 1013, 1103; 5/631, 693, 694, 781
- Парафиновые масла 3/326; 4/558
- Парафино-нафтеновые углеводороды 2/678, 681; 3/458
- Парафины, см. *Насыщенные углеводороды*
- Параформ, см. *Параформальдегид*
- Параформальдегид 1/337, 534, 669, 1000; 2/118, 202, 251, 802; 3/690; 4/64, 800, 1264; 5/134–136, 221, 223, 566, 567, 700
- Парахлораль 5/556
- Парацельзиан 3/1192
- Парацетамол 1/297; 3/64
- Парацан 3/813; 5/699
- Парацаноген 1/1191
- Парациклофаны 3/333; 5/743, 744
- Парвальбумины 2/577
- Парел 4/203, 204
- Парижские краски
- зелень 1/383; 2/474, 1329
- синяя 2/268
- Париэра–Парра–Попла метод 5/875
- Парилены 3/1262
- Паркеса метод 4/639
- «Паркеты» 2/714
- Паркрекинг 4/1059, 1060
- Парлифты 3/339
- Парлон Р 4/28
- Пармидин 3/884; 2/1215
- Париновый эффект 3/853
- Паровоздушная газификация 1/877, 878
- Парогазовые дегазирющие смеси 2/9
- Парокислородная газификация 1/877–879
- Парокомпрессионные машины 5/597, 598
- Паромоминин 1/246, 321
- Пароструйные насосы 3/342, 344
- Парафазные методы (процессы). См. также *Газофазные реакции*, *Реакции химические*
- анализ 3/884, 885
- аминирование 3/107; 5/978
- выращивание монокристаллов 3/255
- гидрирование 5/127, 723, 724
- гидролиз 4/393
- дегидрирование 5/222, 223
- каталитические, см. *Каталитические процессы*
- крекинг 4/1059, 1060
- нитрование 3/531, 557
- окисление 2/1272–1274; 3/116, 323, 860; 5/378, 379
- фотолит 3/532, 533
- плорирование 4/393; 5/11, 570
- Пароэжекторные машины 5/599
- Пара бомба 1/949
- Парра–Янга теория 4/420
- Партустеиен 4/1194
- Парфюмерные масла 1/487
- Парциальные молярные величины 3/885, 883, 886, 887; 2/347, 667, 671, 672, 1317; 4/361–365, 372–374, 376, 1072; 5/331, 498, 803
- Пары
- ионные, см. *Ионные пары*
- ион-радикальные, см. *Металлы органические*
- куперовские 4/585
- нуклеотидные в ДНК, длина 3/587
- радикальные, см. *Радикальные пары*
- радионуклидов 2/383
- сольватно-разделенные 2/511
- углеродные, см. *Фрикционные материалы*
- электронно-позитронные 2/500, 501, 727
- электронные 1/666, 1059, 1060; 2/905; 3/787; 4/585
- элементарных частиц, рождение 5/931
- Пары
- водяной, см. *Водяной пар*
- давление, см. *Тензиметрия*
- диаграммы состояния 1/923, 924; 2/57, 61, 62
- кислот как ассоциированные газы 2/789
- металлические, нуклеация 2/796
- насыщенные 2/388
- осаждение, см. *Десублимация*
- травильных ванн 2/436
- ПАСК, кислота 1/263; 2/864; 4/241, 242, 569
- Паскоит 1/671
- Пассерин реакция 3/887; 2/373; 5/36
- Пассивация, см. *Пассивность металлов*
- Пассивность металлов 3/888, 15, 99, 695, 889–891, 1086, 1087; 1/315, 1208; 2/208, 209, 271, 320–323, 435, 436, 680, 947, 951, 952; 5/608, 908
- Пассивные методы
- дефектоскопия 2/48
- эксперимент 3/640–644, 1106
- Пастера эффект 1/1136
- Пасты
- абразивные 4/575
- герметизирующие 1/19, 1044, 1045
- грубодисперсные 2/153
- дозирование 2/217, 218
- клеевые 2/284, 799–801, 804
- зубные, см. *Зубные пасты и порошки*
- Лассара 4/569
- палладиевые 3/873
- печатные 2/1093, 1094
- пигментные 2/799, 1093; 3/1010, 1013
- полимерные 2/356
- сушка 4/960, 964
- углесаяные 1/1087–1089
- хлорофиллокаротиновые 2/1166
- чернильные 2/701; 3/834
- Патерно–Бюхи реакция 3/891, 892; 5/738
- Патина 2/1333
- Патронит 1/672, 674
- Патронные устройства 1/899; 5/189–194
- Паттерсона метод 4/883
- Паттинсона метод 4/639
- Патулин 3/152–155
- Паули В.
- матрицы 4/788
- парамагнетизм 3/882
- принцип 3/892, 288, 893, 959, 960; 1/405, 781, 1117; 2/719, 723, 904; 4/787, 789, 826, 995; 5/640
- Паули реакция 3/893; 1/475, 1123; 4/1170
- Паулика–Рота катализатор 4/500
- Пахикарпин 1/979; 2/1321; 5/524, 525
- Пахикураре 2/1105
- Пацил 4/219
- Пачулиевое масло 1/487; 5/1003, 1004
- Пашена–Бака эффект 2/329
- ПВХ, см. *Поливинилхлорид*
- ПДК, см. *Предельно допустимые концентрации*
- Певанил 4/228, 229
- Пеганин 5/520
- Пегматы 3/970; 5/112
- Пелерин 5/1045
- Педикулиин 3/1048
- Пелункуларин 2/457
- Пек
- древесный 3/893, 894; 2/226; 4/771
- каменноугольный 3/894, 895; 1/562, 1190, 1192; 2/592, 593, 595, 606; 5/47, 49, 50
- нефтяной 4/1060; 5/47–50
- талловый 2/1165; 4/977
- электродный 2/593
- Пекарские дрожжи 2/571, 1278; 3/155, 470; 4/1229
- Пекле числа 2/1257, 1301; 3/1183; 4/282
- Пексовые продукты
- кокс 2/840, 594, 841; 3/894, 895; 5/43, 50
- лак 3/894, 895
- пластмассы 3/895
- Пектаты 3/896
- Пектенотоксины 5/1048, 1049
- Пектиказы 1/554, 1127; 3/156
- Пектинаты 3/896
- Пектиновые вещества, см. *Пектины*
- Пектинастеразы 3/896
- Пектины 3/895, 615, 616, 896, 1088; 1/322; 2/1233; 4/35, 36, 38, 200, 978; 5/38, 39, 93
- Пектовые кислоты 3/896
- Пеларгонидин 1/347
- Пеларгоновая кислота 3/897, 659, 729; 1/64
- Пеларгоновый альдегид 3/577
- Пеленган 1/330
- Пельтье эффект 4/1067; 5/604
- Пемза 1/544; 2/13; 3/324, 646, 992; 4/651; 5/12
- Пенамы 2/1134–1136
- Пейга–Робинсона уравнение 5/70
- Пейдметаллы 1/1027
- Пенетрация 1/729; 3/1123
- Л-Пенициллин 3/897; 4/220
- Пенициллиназы 2/1134
- Пенициллинамиды 2/464; 5/160
- Пенициллинацилаза 2/1134
- Пенициллиновые антибиотики 1/555
- Пенициллины 1/71, 320; 2/6, 423, 464, 571, 1134, 1135; 3/385, 928, 1230; 4/634, 1118; 5/111, 150, 160, 698
- Пеницилловая кислота 1/195
- Пенлайм 3/1139
- Пейлайт 3/1251
- Пенинклавин 5/967, 968
- Пенинга ионизация 2/529
- Пениные процессы
- гашение, см. *Пеногасители*
- геиерирование, см. *Пенообразователи*
- Пены
- и газонаполненные материалы, см. *Порообразователи*
- пожаротушение 3/648, 1191; 4/990
- сепарация 3/897, 898–901, 922
- флотация 2/562, 1086; 3/858; 5/205, 206, 209–212
- Пеногасители 1/789, 867; 2/818, 860; 3/922, 993, 1089; 4/189, 700, 770; 5/980
- Пеноматериалы 2/154; 4/809. См. также *Пенообразователи*, *Пены*, индивидуальные представители и их группы
- бетоны 2/580; 3/921; 4/130
- герметики 1/1045
- карбиды 4/1041
- керамика 1/1; 2/733
- мощные средства 2/19; 3/284; 5/780, 974
- полимерные, см. *Пенопласты*
- резина 2/1150; 4/129, 130
- стекло 2/422, 1028; 4/131–133, 835, 839, 1041; 5/996
- Пенообразователи 1/161, 565, 1105; 3/283, 284, 646, 648, 1089; 4/133, 134, 189, 576, 579, 580, 928, 929; 5/208
- Пенопласты 3/901, 202, 328, 743, 902–904, 1119–1122, 1215, 1249; 1/624, 1069; 2/837; 4/2, 133, 1041; 5/138, 549
- винилхлоридные, см. *Пенополивинилхлориды*
- вспенивающие агенты, см. *Порообразователи*
- интегральные 3/904, 328, 902, 905
- карбамидо-формальдегидные 2/619, 620; 3/282, 902
- на основе каучуков, см. *Пористая резина*
- огнезащита 3/646
- олефиновые, см. *Пенополиолефины*
- полиакрилаты 2/1192
- полипропилен 3/908
- полнстирол, см. *Пенополистиролы*
- полиэтилен 3/907, 908; 4/82
- реактопластмассы, см. *Реактопласты*
- с твердой дисперсионной средой, см. *Пены*
- стирольные, см. *Пенополистиролы*
- сэндвич-конструкции 3/904, 905, 911
- термопластмассы, см. *Термопласты*
- уретановые, см. *Пенополиуретаны*
- феноло-альдегидные, см. *Пенофенопласты*
- Пенополивинилхлориды 3/905, 902, 906, 907, 1120
- Пенополиолефины 3/907, 902, 908; 2/1192
- Пенополистиролы 3/908, 902, 907, 909, 1120, 1267; 1/544, 1177; 4/40, 133, 333, 870
- Пенополиуретаны 3/909, 763, 902, 907, 908, 910, 1121; 1/1177; 2/185, 402, 838, 1192; 4/54–57, 1198; 5/288, 549
- Пенофенопласты 3/911, 743, 902, 912, 1121, 1177
- Пенроза узоры 2/714, 715
- Пенсилавин 2/400
- Пентаалкилфосфораны 5/292
- Пентаалкоксифосфораны 5/292, 293
- Пентаацетилгликоза 4/699
- Пентабараны 1/589, 590; 3/576; 4/342
- Пентабараты 1/580, 581
- Пентабромцетон 2/1180
- Пентагерманевая кислота 1/1034
- Пентагидроборат 2/583
- Пентагидроксифлавоны 2/731; 3/272
- 2',3',4',4',6'-Пентагидроксикалкон 2/973
- Пентадекановая кислота 1/863, 864
- Пентадеканоид 1/1061; 3/291, 292
- Пентадециловая кислота 1/863, 864
- Пентадециловый спирт 1/866

- Пента-*m*-дигаллоилглюкоза 4/978  
Пентадиены 2/99, 139; 3/1031, 1032; 5/712, 713  
Пентаза-1,4-диен 2/70  
«Пентазол» 1/233  
Пентазолин 1/296, 297  
Пентакарбонилжелезо 2/252, 273–276, 404, 641  
Пентакарбонил(*транс*-стильбен)вольфрама 1/823  
Пентакарбофосфораны 5/241, 278, 292, 293  
Пенталарм 3/653  
Пентален 1/377  
Пенталкальные комплексы переходных металлов 2/622  
Пентамельоксацинкд 2/481, 483  
Пентаметилсоран 3/317  
Пентаметилдизилтриамины 2/123  
Пентаметилендиамин 2/81  
Пентаметилендтиокарбамат 3/1030  
Пентаметиленимины 3/1029, 1030  
1,5-Пентаметилентетразол 4/1100  
Пентаметилолмеламин 3/35  
1,2,2,6,6-Пентаметилпиперидин 3/831, 832  
2,2,4,4,6-Пентаметил-2,3,4,5-тетрагидропиримидин 4/1256  
Пентаметилхлордисулан 3/799  
Пентамицин 2/975  
Пентадиолы 1/428, 1133; 3/1032  
2,4-Пентаидион 1/428  
Пентакислещинкд 2/483  
Пентаирироанилин 1/991  
Пентановая кислота 1/667; 2/643, 644  
5-Пентаноид 2/1141, 1142  
Пентанолы 1/428; 2/11; 4/558; 5/656.  
См. также *Амидовые спирты*  
2-Пентанон 2/744  
Пентаптолы 3/653; 4/1136  
2,3,4-Пентаптроин 1/428  
Пентаны 3/912, 345, 441, 461, 462, 507, 726, 902; 1/233, 909, 912–914, 917, 927–930, 991, 1197; 2/365, 369, 907, 908, 925; 4/1078; 5/681, 785. См. также *Изопентаны*  
Пентаоксидифторид 2/769  
Пентаорганосораны 3/316  
Пентаорганофосфораны 2/716; 3/914; 5/292, 293  
Пентапептиды 3/765; 4/468; 5/518  
Пентапласт 3/913, 1120; 1/334, 502; 4/94  
Пентаплекс 4/841  
Пентасахариды 1/1139  
Пентасереброоктакадмид 2/483  
Пентасил 2/676  
Пентатриены 2/1103  
Пентафенилфосфор 3/913, 914  
Пентафенилфосфоран 3/913, 914; 5/292  
Пентафенилэтан 3/330  
Пентафталевые смолы 1/150; 5/787  
Пентафтор-2-азаропен 3/914  
Пентафторанилин 3/914, 915  
Пентафторбензол 3/916; 5/406  
Пентафториодэтан 3/981  
Пентафторогерманат диоксигеиала 2/136  
Пентафторосиликаты 5/407  
Пентафторотеллулаты 4/1020  
2,2,3,3,3-Пентафторпропанол 4/805  
1,1,3,3,3-Пентафторпропен 1/1085  
1,1,3,3,3-Пентафторпропилен 5/401  
1,1,3,3,3-Пентафтор-2-трифторметилпропен 3/982  
Пентафторфенилиитрен 5/442  
Пентафторфениловые эфиры 3/931, 1209  
Пентафторфенилуксусная кислота 4/66  
Пентафторфенол 3/915  
Пентафторхлорбензол 3/915, 916  
Пентафторхлорэтан 4/195  
Пентафторэтилгипофторит 5/399  
Пентахлор-2-азаропен 3/914  
Пентахлорбензол 1/995; 2/201  
Пентахлордифенил 4/172, 439  
Пентахлордибензол 2/497  
Пентахлормеламин 1/452  
Пентахлорнитробензол 4/247; 5/417  
2,2,3,4,5-Пентахлор-2*H*-пиррол 4/895  
Пентахлортеллулаты 4/1020  
Пентахлортиофенол 1/995; 3/1115  
Пентахлорфениловые эфиры 3/931  
Пентахлорфенол 1/337, 1027; 2/38; 3/252; 5/587, 588  
Пентахлорэтан 3/986; 4/1106, 1192; 5/13  
Пентацен 5/647  
Пентацианонитрозилжелезо 3/534  
Пентацианонфенол 5/705  
Пентациано-1,3-циклопентадиен 5/705  
Пентациклофосфаты 5/249  
Пентаэритрит 3/916, 366, 646, 744, 917, 1165, 1166; 1/150, 199, 204, 424; 2/604, 880; 4/31, 172, 202, 698, 801, 802, 804; 5/73, 134, 222, 660  
дн-н трихлоргидрины 1/960  
дисульфит 3/916  
нитраты 1/280, 705; 3/507; 4/1103  
сульфат 4/1103  
тетра- $\beta$ -меркаптопропионат 3/917  
тетрастеарат 3/917  
тетраэтилогликолят 3/917  
Пентаэтилгексамин 4/86  
Пентеналь 5/1004  
4-Пентеновая кислота 4/499  
Пентены 3/917, 726, 737, 912, 913, 918, 1032; 1/233, 927; 2/11, 245, 312; 4/969  
Пентил 3/569  
Пентиламины 1/232; 2/180  
2-Пентилантрагидрохинон 1/780  
*трет*-Пентилбромид 4/425  
 $\alpha$ -Пентилкоричный альдегид 2/251  
Пентилтриплат 3/519  
Пентилпропионат 4/207, 208  
1-Пентин 1/430  
Пентландит 3/472, 486, 823; 4/562, 1018  
Пентозаны 1/1006, 1092, 1102, 1103, 1111; 2/223  
Пентозилтрансферазы 1/1131  
Пентозный гидролиз 1/1101–1103  
Пентозный путь, см. *Пентозофосфатный цикл*  
Пентозоизомераза 3/918  
Пентозофосфатный цикл 3/918, 469, 614–616, 621, 623, 625, 919–921; 1/1000, 1154; 4/1119, 1229, 1241  
Пентозы 1/1006, 1100–1103, 1154; 2/877; 3/263, 268–270, 614–616, 621–623; 4/1269  
Пентоканн 2/123  
Пентоксил 2/1156  
Пентоксин 2/427  
Пентоксифиллин 4/771  
Пентолит 4/731, 1267  
Пентон 3/913  
Пентопиранин Е 3/596  
Пентопираны 3/596  
D-Пентулозы 3/264  
Пены 3/921, 922, 1167; 2/46, 153, 860; 4/173. См. также *Пенные процессы*  
воздушно-механические 3/648  
гашение, см. *Пеногасители*  
генерирование, см. *Пенообразования*  
Порообразования  
и мономолекулярный слой 3/261  
и черные пленки 5/776  
как искусственная пена 2/539  
капиллярные явления 2/611  
коллекция 3/1172  
отверждающиеся 4/1042  
противопожарные 3/648, 1191; 4/990  
стабилизаторы 4/990  
тонкие пленки 4/1206, 1207  
устойчивость 4/345  
химические 3/648  
Пенка 1/800, 801; 2/992  
Пепломинин 1/571  
Пепсин 3/922, 199, 622, 923, 934; 1/471, 475, 558, 1098, 1219; 2/423, 476, 559, 760; 4/217, 430, 1170, 1247; 5/158, 517  
Пепсиноген 2/423  
Пепстатин 1/417; 2/695; 4/468; 5/518  
Пептидазы 2/476; 3/926  
Пептидгидролазы 1/1097  
Пептидидипептидаза 1/1120  
Пептидил-гРНК-рибосома 3/595  
Пептидидилтрансфераза рибосомальная 3/596  
Пептидные алкалоиды 3/923, 924, 934; 1/143; 4/651, 652; 5/967, 969  
Пептидные антибиотики 3/924, 472, 809, 925–927, 934; 1/320; 2/34; 5/523  
Пептидные гормоны 1/50, 51, 559, 660, 661, 980–982, 1047, 1154, 1163, 1171–1173; 2/241; 3/36, 37, 712, 713, 929; 4/609, 757, 758; 5/590. См. также индивидуальные представители и их группы  
Пептидные связи 1/231, 471, 483, 840. См. также *Пептиды*  
Пептидный синтез 1/138, 231, 482, 994, 1151; 2/6, 629, 1176; 3/133, 915, 931–934; 4/1000–1002, 1136, 1170; 5/1, 36, 53, 197, 239  
Пептидопептиды 3/927, 928, 929; 1/321; 2/364, 1177; 4/1010, 1011, 1240; 5/38, 740  
Пептидолактоны 2/34, 35  
Пептидолипиды, см. *Липопептиды*  
Пептидолипид НА 2/1195  
Пептиды 3/929, 535; 1/1097; 5/517, 518. См. также *Полипептиды*, индивидуальные представители  
алкалоидов, см. *Пептидные алкалоиды*  
амидоэфиры, см. *Депсипептиды*  
анализ 1/35, 252, 476–480; 2/1171  
антибиотиков, см. *Пептидные антибиотики*  
биологически активные 1/359; 2/361; 3/582, 931, 933, 934  
бледной поганки 3/711  
гидроксаминокислотные, см. *Пептолиды*  
гипотензивные 2/759, 760  
гликозильные, см. *Гликопептиды*  
гормонов, см. *Пептидные гормоны*  
дальта-сна 3/400  
как антигенные детерминанты 1/323  
как лиганды 2/1172  
как стимуляторы лейкопоза 2/1155  
лейкотриенов 2/1157, 1158  
молекулярные модели 3/228  
номенклатура 3/929, 930  
олигомерные, см. *Олигопептиды*  
опиоидные 3/765, 133, 400, 766; 1/138; 4/516; 5/1040, 1041  
подсластители, см. *Аспартам*  
полипроизводные, см. *Белки, Полипептиды*  
получение, см. *Пептидный синтез*  
свойства 1/840, 952, 1218; 2/133; 3/930, 931, 934, 1205  
строение 2/635; 3/930  
Пептизация 1/1001; 2/339, 816, 1183; 3/283, 1173; 4/886; 5/203, 208, 247  
Пептолиды 2/34, 35; 3/924, 930  
Пептоны 1/471; 3/1115  
Пербензойная кислота 3/319  
Пербораты 3/979, 980; 4/699  
Перброматы 1/611, 613; 5/922  
Пербромил 3/577  
Пербромилфторид 1/613  
Пербрунан N 1/629  
Первичные соединения (частицы)  
амины, см. *Амины первичные*  
ВВ, см. *Иницирующие взрывчатые вещества*  
газ и смола, см. *Полукоксидные*  
ноны 2/499, 507, 508, 511, 512  
электроны 2/499, 501, 529, 702  
Первое начало термодинамики 3/935, 936; 1/761, 869; 4/825, 1028, 1066, 1085; 5/464, 955  
Пергалогеналкильные радикалы 5/261  
Пергалогенирование 3/938  
Пергалогенкарбонильные соединения 4/623. См. также *Хлораль*  
Пергалогенкарбонильные кислоты, амиды 2/764, 812  
Пергалогенфосфоновые кислоты 5/275  
Пергалоидирование 3/938  
Пергамин 1/563  
Пергидраты 3/974  
Пергидроантрацен 1/35  
Пергидроацетнафен 1/35  
Пергидро-1,4-оксазепины 3/680  
Пергидроксициклоалканы 3/723  
Пергидрол 1/780; 4/285  
Пергидропента[а]феантрен 1/1129; 5/1044  
Пергидропиримидин 1/1061  
Пергидрофенантрен 1/35; 2/171; 3/378; 5/117  
Пергидрофлуорантен 5/212  
Пергидрофурен 5/213  
Перезакилирование 3/936, 61; 2/678; 4/905, 1258  
Переаминирование 3/686; 4/899  
Переаминирование 3/936, 622, 804, 810–812, 937, 938; 2/969; 5/783, 784  
Переацелирование 2/115, 121, 1190  
Переводная набивка 3/998  
Перевулканизация каучука 1/844, 845  
Перегидрацирование 1/1073  
Перегойка 5/996. См. также *Дистилляция*  
в неорганическом синтезе 3/420  
в пористых «кипятыльниках» 2/318  
вакуумная мазута 2/169  
воды 2/159–165  
древесных смолы и угля 3/893, 894, 1054  
изотермическая 2/153, 155, 816; 3/217, 829, 1172  
как метод конденсирования 2/916  
каменноугольной смолы 3/894, 895  
растворителей 4/360  
с водяным паром 5/1005  
степень 2/293  
сухая древесина 3/785, 1059–1061  
Перегруппировки(а)  
алильная, см. *Аллильная перегруппировка*  
Амалори 1/221, 222, 1129  
амидиновая 2/123  
аниотропные, см. *Аниотропные перегруппировки*  
Арбузова, см. *Арбузова реакция*  
ацилиновая 1/444, 445; 4/610  
Байера–Виллигера 1/450; 2/647, 745, 1144; 3/700; 4/610  
Бартона 1/464, 465; 3/518, 535  
Бекмана 1/469, 231, 253, 254; 2/615, 1138, 1213; 3/515, 702; 4/610, 855; 5/725  
Бекмана–Чепмена 1/469  
бензидиновая 1/490, 1073; 4/664  
бензиловая 1/494; 2/104, 621  
Вагнера–Меервейна, см. *Вагнера–Меервейна перегруппировки*  
Валлаха 1/669, 84, 272  
Вернера 1/469  
Виттга 5/905



- внутримолекулярные, см. *Внутримолекулярные реакции*  
 Вольфа 1/810, 370, 758, 811; 2/69, 623, 741; 4/610  
 Вольфа-Шрётера 1/810, 811  
 вырожденные 3/938  
 галогенгидридная 1/960  
 гидрокси-преаршение Коупа 2/965, 966  
 Гофмана 1/230, 469, 1179; 2/83, 405, 416, 1213; 3/1029, 1030; 4/610; 5/380, 785  
 Гофмана-Лёфлера 1/1181  
 Демьянова 2/33, 17; 1/142, 143, 270, 659; 3/939; 4/610, 1190; 5/714  
 Димрота 2/123, 124  
 Зюса 1/810  
 имид-амидная 2/414, 415  
 имид-имидная 2/415  
 камфеиновые 2/598, 599, 600; 1/659; 3/580, 581; 4/1092  
 Канинциаро 2/604  
 катионотропные 3/938, 939; 4/991  
 Клайзена 2/786, 787; 1/185, 199, 717; 5/60, 905, 1008  
 кольчато-кольчатые 4/993  
 Коста-Сагиттуллини 2/963, 964; 5/197  
 Коупа 2/965, 786, 966, 1253; 1/143, 185, 243, 620; 4/664, 993, 1215, 1216; 5/197  
 Курциуса, см. *Курциуса реакция*  
 Ладенбурга 2/1113  
 Лоссена, см. *Лоссена реакция*  
 Майсхаймера 2/1251, 1252; 1/243; 4/867  
 Мак-Лафферти 2/1252; 5/364  
 Мейера-Шюстера 3/33; 4/562  
 молекулярные, см. *Молекулярные перегруппировки*  
 Наметкина 2/599, 600  
 нуклеофильные, см. *Нуклеофильные реакции*  
 Ньюмена-Кворта 3/606, 607; 4/1131, 1143, 1160  
 Ортона 3/814, 815  
 пинаколиновая и ретропинаколиновая 3/1023, 939, 1024–1026; 1/659, 1134; 2/171; 4/610  
 политопаальные 4/46–49  
 политопаые 4/46, 47–49, 256, 257, 1215; 2/907, 925; 3/392, 393, 1036  
 Половоаского 4/100  
 полубензидиновая 1/491  
 прототропная 1/181, 746  
 Пуммера 4/272, 273, 925  
 Рамберга-Бакунда 4/343  
 «ретроарбуозаская» 3/316  
 ретроониллиденная 4/511  
 ретропрототропная 2/1103  
 Руле 4/561, 562, 610  
 секстетные 4/610; 1/659  
 семидиновая 1/491, 1073  
 сигматропные, см. *Сигматропные перегруппировки*  
 скелетные 1/1073; 3/580, 581  
 Смайла 4/728, 729, 933; 2/534; 3/555  
 Соммле 4/913  
 Стивенса 4/866, 867, 913; 1/237, 279; 2/621; 5/905  
 термические 2/1106  
 тираири-тигановая 3/733  
 тион-тиольная 4/1143, 1131, 1160–1162; 1/961; 3/607, 608, 1090, 1091; 5/311  
 Трюса 4/729  
 Фаворского 1/941; 2/621; 4/1255; 5/95–97  
 Фишера-Хеппа 5/199, 200; 3/534, 536  
 фосфонат-фосфатная 5/274, 275, 311; 3/714  
 фотохимические 1/464, 465; 3/1049; 5/353, 354  
 Фриса, см. *Фриса перегруппировка*  
 Хайса 1/222  
 Чепмена 2/419; 5/775  
 Шёнберга 3/606; 4/1152  
 Шмидта, см. *Шмидта реакция*  
 Штглица 2/421; 5/791, 792  
 электрофильные 2/415; 3/938, 939  
 электроциклические 3/939  
 Проблема  
 линейная энергии ионизирующего излучения 4/295, 296  
 цепи 2/1267; 3/1266; 4/305–308  
 Переживающие вещества 5/780  
 Перезарядки реакции 2/508, 509, 531  
 Перенилирование 2/410, 411; 3/540  
 Перекись(и). См. также *Пероксидные соединения*  
 ацетила 1/427, 428  
 безизола 1/505, 506  
 трет-бутила 1/650, 651  
 водорода, см. *Водорода пероксид*  
 и теория окисления 2/756  
 Переоконденсация 2/153  
 Перекрестные реакции  
 альдольная конденсация 1/203  
 Канинциаро 2/603; 5/222  
 Клайзена 2/784, 785  
 Кольбе 2/863  
 Тищенко 4/1191  
 Перекрестные явления  
 термодиффузия 4/1067  
 термоэлектричество 4/1067  
 электрокинетические 4/1067; 5/847–850  
 эффект Дюфура 4/831, 1067  
 Перекристаллизация 1/1109, 1110; 3/420, 819; 4/360, 951  
 зонная, см. *Зонная плавка*  
 многократная 2/1044–1046  
 экстрактивная 2/1044  
 Перемежно-токовая вольтамперометрия 1/809  
 Переметаллирование 2/777, 1204; 3/9, 72, 350; 4/552–554, 641  
 Перемешивание 3/940, 941–945; 1/1105, 1106; 2/146  
 в звуковых полях 5/62  
 и биосинтез 5/718  
 и коагуляция 2/816, 817  
 и коррозионные испытания 2/951, 952  
 и масштабирование 2/1320  
 и метод трассёра 4/1245, 1246  
 и процессы кристаллизации 2/1048  
 – мембранные 3/38, 39  
 – переноса 2/1299, 1307; 3/947, 948  
 и структура потоков в аппаратах 4/881  
 и экстрагирование 5/823  
 идеальная, модель 4/881  
 интенсификация 2/491  
 обратное 3/39  
 продольное 3/39, 948, 1184, 1185; 4/881, 1245; 5/31  
 путь, теория 3/947  
 суспензий 2/491  
 турбулентное 5/30  
 Перемещение сыпучих материалов, см. *Пнеумо- и гидротранспорти*  
 Перенапряжение, см. *Полиризация*  
 Перенилирование 3/945, 513, 946  
 Перенос  
 адсорбционных центров 2/692, 693  
 зарядов 3/17, 19, 224, 225; 5/745  
 нонов, числа 2/194, 864  
 липидов, см. *Липидпереносящие белки*  
 массы, энергии и импульса, см. *Переноси процессы, Электроперенос, Энергия*  
 молекулярный 2/153, 155, 164  
 протонов и электронов 1/548; 4/247; 5/368, 770, 772. См. также *Одноэлектронный перенос, Протонирование, Фотоперенос, Электроны*  
 числа, см. *Электропроводность электролитов*  
 Переноса процессы 3/946, 947–949; 5/169, 170, 178  
 балансовые уравнения 4/995, 1065, 1066, 1069  
 в жидкостях 2/299, 301  
 в электрическом поле, см. *Электромиграционные методы, Электроперенос*  
 и метод трассёра 4/1244–1246  
 и оствальдово созревание 2/319  
 и структура потоков 4/881, 882, 1065–1070  
 и теория столкновений 4/870  
 кинетика 2/1254–1261; 4/829–832; 5/910, 911  
 массообменные, см. *Диффузия, Массообмен*  
 необратимые 4/1073  
 теплообмен 4/1043, 1044  
 турбулентные 5/30, 31  
 экстрагирование 5/820  
 Переохлаждение 2/299; 4/1058, 1063  
 Переплавления металлов 1/315  
 Пересиливание 4/682  
 Перестановочно-инверсионная группа симметрии 3/393; 4/688, 689, 691  
 Перестраиваемые лазеры 2/1120, 1121, 1125, 1311  
 Переходное состояние 1/199, 375; 2/688; 3/258, 602, 963–965, 1176–1178; 4/418–426, 680; 5/450, 642, 737, 779. См. также *Активированного комплекса теория, Интермедиаты*  
 Переходные металлы 2/362; 3/96, 787, 949, 950, 955, 957, 958  
 как микроэлементы 1/1150  
 как парамагнетики 2/1232; 3/98, 882  
 люминесценция 2/1219  
 комплексы, см. *Комплексы переходных металлов*  
 пассивация 3/888–890  
 соединения. См. также индивидуальные представители и их группы  
 – как полупроводники 4/107  
 – как фазы внедрения 3/75, 76  
 – кластерные 1/379; 2/792–797  
 – координационные полимеры 2/923, 924  
 – электронные 2/479, 483, 484  
 четверные связи 2/984. См. также *Химическая связь*  
 Переходные элементы 3/949, 96, 412, 950; 5/936. См. также *Переходные металлы*  
 Переходы  
 квантовые, см. *Квантовые переходы*  
 конформационные 2/906, 907, 913  
 полиморфные 1/1215; 4/23, 24  
 релаксационные 1/873  
 типов *p*–*n* в полупроводниках 4/104, 105, 113, 114, 117  
 Перешливание 3/945, 946  
 Перезтерификация 2/304, 406, 420, 639, 889, 1022, 1191; 3/115, 506, 686, 1221, 1253, 1257; 4/922, 1163; 5/6, 7, 13, 266, 268, 668, 1010, 1011  
 Пери... 3/950  
 Пери кислоты 3/382  
 Перидоксамин 1/741, 742  
 Перидоксол 1/741  
 Перидотиты 4/561  
 Периклаз 2/1248; 3/650  
 Периллен 3/950, 894; 4/108; 5/444, 647, 649, 650  
 Перилленсульфокислоты 3/1016  
 Перилентетракарбионовая кислота 3/950, 371, 951, 953, 1016, 1017; 2/1096  
 Перилен-3,10-хион 3/950  
 Периллово масло 4/377–380  
 Перимидины 3/951, 952, 953  
 Перимидиноны 3/952  
 Периноновые красители 3/953, 954, 1016; 2/700, 981; 4/18, 76  
 Период(ы)  
 индукции 3/954; 2/432, 754; 5/685  
 полуобмена, см. *Изотопный обмен*  
 полураспада радионуклидов 2/383–385; 4/316, 317, 321–324, 331, 335, 1241  
 термализации 4/829  
 Первоначальное окисление 2/1173; 3/599, 749, 791; 4/37, 642. См. также *Малапрада реакция*  
 Первоначальное окисление 2/1173, 1286; 3/549. См. также *Периодатное окисление*  
 Периодиды 2/1103  
 Периодил 3/577  
 Периодическая система химических элементов 3/955, 956–963; 1/403, 406; 5/508, 935  
 граница Цинтля 4/102  
 закон, см. *Периодический закон Менделеева*  
 и полупроводники 4/106–108  
 и принцип Паули 3/893  
 и химическая номенклатура 3/575  
 Периодические коллоидные структуры 2/153, 332; 4/885  
 Периодические процессы, см. *Непрерывные и периодические процессы*  
 Периодический закон Менделеева 3/963, 412, 413, 955; 5/508  
 Перистон Н 2/1078  
 Перитектики 2/59–61; 4/357, 1003, 1004; 5/16, 101  
 Перитектоидные превращения 2/60; 4/1004; 5/100  
 Периациклические реакции 3/963, 964, 965; 1/841–843; 2/100; 4/664, 743  
 внутримолекулярные 2/787  
 «концертные», см. *Согласованные реакции*  
 направление 2/129; 3/788; 4/417. См. также *Вудворда-Хофмана правила*  
 перегруппировка(и) Клайзена 2/787 – Коупа 2/966  
 – сигматропные, см. *Сигматропные перегруппировки*  
 – сопряженных систем, см. *Электроциклические реакции*  
 термические 1/379  
 циклораспад, см. *Диеновый синтез, Циклоприсоединение*  
 элиминирование 5/939  
 Перкина реакция 3/965, 966; 1/197, 299, 487; 2/621, 647, 888, 936; 5/66, 434, 586  
 Перкислоты 3/975  
 Перкова реакция 3/966, 967; 1/361, 941; 4/68, 1264; 5/256, 260, 266, 279, 310  
 Перколяционные процессы  
 выщелачивание 1/868  
 гидролиз 1/1101–1103  
 очистка 3/967, 443, 884, 968, 969; 1/52  
 экстрагирование 5/822  
 Перкислоты 2/1088; 3/414, 575  
 Перкисленаты 2/1088  
 Перкус-Иевика приближение 4/829  
 Перлит 1/544; 2/255–257, 259; 3/646, 992, 1001, 1201; 4/673, 1041, 1042; 5/186  
 Перлон 3/1250, 1251

- «Перлы» 2/709  
 Пермаллон 2/1241; 3/483  
 Перманганометрия 3/969; 2/569, 915, 1180, 1277, 1294; 4/945, 1189.  
 См. также *Перманганаты*  
 Перманганаты 2/1277, 1278, 1287. См. также *Калия перманганат, Перманганатометрия*  
 Перманентная аллильная перегруппировка 1/178, 182, 185  
 Пермеат 1/798; 3/38–44  
 Пермеилоры 2/827, 1241, 1243  
 Перметрин 2/474, 623; 3/1041, 1042  
 Перминвары 2/1241; 3/483  
 Пермутиты 1/1035; 2/504  
 Перосактит(ы) 3/969, 147, 489, 970; 2/672; 4/284, 434, 438, 585, 586, 602, 985, 1172, 1183, 1184; 5/163, 391, 633, 761  
 Пероксиазотная кислота 3/978  
 эфиры, см. *Пероксинитраты*  
 Пероксидазы 3/970, 697; 2/1233; 5/148, 149, 151, 202  
 Пероксидкарбонаты 3/975, 976  
 Пероксидно-оксальная хемилломинесценция 5/444  
 Пероксидные соединения. См. также *Перекиси*  
 неорганические 3/970, 359–361, 971–975; 1/779; 2/464, 767, 783; 5/654  
 – гидропероксиды 3/971, 973, 974  
 – диоксигенильные 2/136, 137, 767, 769; 3/575, 872, 971  
 – номенклатура 3/576  
 – озониды 3/658, 575, 576, 657, 659, 698, 739, 971, 973; 2/139, 767  
 – пероксиды 1/549, 1134, 1153, 1218; 2/103, 139, 140, 466, 467, 556, 706, 767, 768; 3/98, 662, 698, 971–973, 975, 1075; 4/546, 699; 5/446. См. также *Водорода пероксид, соединения других элементов*  
 – супероксидные, см. *Супероксиды органические* 3/975; 5/279, 571, 683, 757, 950, 951  
 – аскардиол 1/393; 3/975  
 – гидропероксиды 1/643, 650; 2/554, 1101, 1102, 1203; 3/380, 659, 660, 907, 975–980; 4/814, 815, 817, 869, 907  
 – озониды, см. *Озонирование*  
 – пероксиды 1/18, 31, 180, 371, 427, 428, 505, 506, 599, 634, 647, 847, 948, 953, 1108, 1205; 2/100, 135, 170, 209, 214, 377, 403, 464, 466, 467, 767; 3/79, 114, 128, 511, 659, 660, 729, 738, 739, 762, 796, 838, 907, 975–978, 1196, 1233; 4/32, 174, 202, 203, 301, 305, 445, 594, 624, 699, 741, 840; 5/85, 86, 121  
 Пероксикислоты 1/197, 424; 2/170; 3/319, 323, 324, 796, 975, 977–979; 4/924. См. также *Надкислоты*  
 Пероксильные радикалы 2/432, 433; 5/445  
 Пероксинитраты 3/978, 975, 979  
 Пероксисульфурилфторид 4/1104  
 Перокситрифторуксусная кислота 5/8  
 Пероксифиры 1/643; 3/975–979  
 Пероксиятарная кислота 5/1058  
 Пероксоазотная кислота 3/974  
 Пероксобораты 3/979, 974, 980; 1/581; 4/699, 700  
 Пероксогидраты 3/974  
 Пероксокислоты 2/170, 783; 3/971, 974; 4/632, 644  
 Пероксолиганды 3/971, 975  
 Пероксометаллаты 1/822, 1034, 1035; 3/489, 494, 495; 4/985  
 Пероксония соли 3/577, 971, 974  
 Пероксопиррофосфорная кислота 5/288  
 Пероксополифосфаты 3/974  
 Пероксосерные кислоты 2/783, 974; 4/632, 644; 5/901, 902  
 Пероксосольваты 3/971–974, 979, 980  
 Пероксосульфаты 2/176, 464, 465, 1138; 3/969, 1233; 5/794, 902, 922, 942  
 Пероксофосфаты 5/292  
 Пероксофосфорная кислота 5/288, 292  
 Пероксохроматы 5/631  
 Перопал 1/107  
 Перосматы 3/824, 825  
 Перренаты 4/469  
 Перреноаские черные пленки 5/776  
 Перрье модификация 5/369  
 Персидый шпат 1/457  
 Персиковое масло 4/377–381  
 Персистентная длина, см. *Макромолекулы*  
 Персистентность пестицидов 3/995  
 «Персоль» 3/284, 359, 360  
 Персульфаты, см. *Пероксосульфаты*  
 Пертрифторметилкубан 3/332  
 Пертрифторметилпризан 3/332  
 Перуанский бальзам 1/454, 495, 510; 2/936, 937, 1101; 3/432  
 Перувиол 3/431, 432  
 Перуранаты 5/83  
 Перфокарты 1/622, 624  
 Перфоленты 1/622–624  
 Перфторалкановые кислоты 5/394, 395  
 Перфторалкансульфокислоты 3/980, 981; 5/394, 395  
 Перфторалканы 5/404. См. также *Фторуглероды*  
 Перфторалкиларсины 3/315; 4/1270  
 Перфторалкилвиниловые эфиры 3/984; 5/403, 404  
 Перфторалкилтриазоновые каучуки 5/398  
 Перфторалкилолиды 3/981, 9, 982  
 Перфторалкилодифосфин 1/964, 965  
 Перфторалкилнитросоединения 3/539, 541  
 2,5-бис-(Перфторалкил)-1,3,4-оксадиазолы 3/675  
 Перфторалкилперхлораты 3/989  
 Перфторалкилполиэфир 2/961; 4/698  
 Перфторалкилсульфокислоты 5/399  
 Перфторалкилцианиды 3/514  
 Перфторалкильные радикалы 5/265  
 Перфторалкоксифосфазены 4/65  
 Перфторацетон 1/991, 992  
 Перфторацетилсульфаты 4/906  
 Перфторбромалканы 1/714; 4/1104  
 Перфторбутадиен 2/192; 3/985  
 Перфторбутан 5/409  
 Перфтор-трет-бутанол 3/983  
 Перфторбутилтетрагидрофуран 2/766  
 Перфторвиниловые эфиры 5/554  
 Перфторгексан 5/409  
 Перфторгептан 5/409  
 Перфторгуанидин 2/69  
 Перфтордекалин 3/981, 982; 2/766; 4/69  
 Перфтордекадиновая кислота 5/394  
 Перфтордигликилсульфиды 4/1104  
 Перфтордиаминометан 2/69  
 Перфтор-1,3-дикетон 5/404  
 Перфтордиметилциклобутаны 1/995  
 Перфтордиметилэтиламины 1/273  
 Перфтордиэтилпропиламины 1/273  
 Перфтор-трет-бутилгидроксиламины 3/983  
 Перфторизобутан 5/409  
 Перфторизобутилен 3/982, 914, 983, 985; 1/992, 1085; 5/405  
 Перфториодалканы 1/714; 4/1104; 5/265  
 Перфторкарбоновые кислоты 3/982, 981, 983, 1164; 1/956; 5/9, 10, 395, 397  
 Перфторкетоны 1/992, 993; 3/985; 4/68, 69, 170; 5/36  
 Перфтормалоновая кислота 3/982  
 Перфтормасляная кислота 3/982  
 Перфторметакриловая кислота, эфиры 1/1085  
 Перфторметан 5/409, 548–550  
 Перфторметилвиниловый эфир 5/397  
 Перфтор-1-метилдекалин 2/766  
 Перфторметилдиэтиламины 1/273  
 Перфторметилдиоксиран 1/995  
 Перфторнитрозоизобутан 3/983  
 Перфторноаиновая кислота 5/395  
 Перфтороксираны 3/983. См. также *Перфторолефиновые окиси*  
 Перфтороктан 5/409  
 Перфтороктановая кислота 3/982; 5/394  
 Перфторолефины 1/361, 994, 995; 3/476, 914, 981; 5/394, 401, 409  
 окиси 3/983, 984; 1/995; 4/68; 5/405  
 сополимеры 3/984  
 Перфторолигоэфирсульфонат 5/395  
 Перфторпентан 5/409  
 Перфторполиэфиркарбоновые кислоты 5/394, 395  
 Перфторполиэфирные каучуки 5/398  
 Перфторполиэфир 3/984, 1126; 1/995; 4/1103  
 Перфторпропан 5/409, 549, 550  
 Перфторпропилен 1/994, 995  
 Перфторпропионилхлорид 1/995  
 Перфторпропионовая кислота 3/982; 4/1104  
 Перфтор-р-сульфонаты 4/896  
 Перфторсульфоацетаты 3/1164  
 Перфторсульфокислоты 5/395  
 Перфтортиоацетон 4/1133  
 Перфтортриаминометан 2/69  
 Перфтортрибутиламин 1/273  
 Перфтортригексиламин 1/273  
 Перфтортриметиламин 1/273  
 Перфтортрипропиламин 1/273  
 Перфтортриэтиламин 1/273  
 Перфторуглеводороды 5/409. См. также *Фторуглероды*  
 Перфторуглероды 3/1125, 1126; 4/366; 5/949  
 Перфторфенолаты 3/984  
 Перфторфосфонаты 3/1164  
 Перфторфторуглероды 3/1126  
 Перфторхиноклаоны 1/816; 3/982, 985, 986; 4/69, 1104  
 Перфторциклобутан 3/985, 982; 4/69, 1104; 5/548–550  
 Перфторциклобутанол 4/804  
 Перфторциклобутанон 3/985  
 Перфторциклобутен 3/985, 986  
 (Перфтор-1-циклобутенил)триэтоксифторфосфоран 2/716  
 Перфторциклогексан 4/69  
 Перфторциклопентан 1/816; 4/69  
 Перфторциклопропан 4/69  
 Перфторэпоксиды 5/405  
 Перфторэтан 5/409  
 Перфторэтилдипропиламин 1/273  
 Перфторэтилен 4/1103  
 Перфторэтилциклогексансульфонат 5/395  
 Перфторэфиры 5/405  
 Перфторятарная кислота 2/1272; 3/982  
 Перхлоратометаллаты 3/360, 990  
 Перхлораты 3/986, 40, 113, 360, 987–991, 1038, 1075, 1076; 1/608; 2/466, 467, 522; 4/482, 1100; 5/551, 553, 555, 559, 560, 636, 864, 922. См. также соединения отдельных элементов  
 Перхлорбензол 1/995  
 Перхлорвиниловые лаки 3/991, 992, 1235; 2/1132, 1133  
 Перхлорвиниловые смолы 3/991, 1139, 1140, 1235, 1236; 5/787  
 Перхлорил 3/577  
 Перхлорилдиоклорит 1/1122  
 Перхлорметилмеркаптан 4/1139  
 Перхлортриарилметальные радикалы 4/1254  
 Перхлоруглероды 3/1125  
 Перхлорциклопентадиен 1/997  
 Перхлорэтан 1/998  
 Перхлорэтилен 2/998; 3/685; 4/194, 197, 359, 1106  
 Пески (песчанники) 1/563; 2/327, 328, 1027; 4/1039; 5/776  
 битуминозные 1/562, 205, 564; 2/169; 3/278, 452  
 глаукоитовые 1/1021  
 кварцевые 1/544, 871; 2/776, 1027; 3/1264; 4/674, 834, 838, 842; 5/143, 865  
 золотосные 2/336  
 нефтяные, выжигание 1/1171  
 Пестицидные препараты 3/992, 993; 1/657, 1025; 2/468; 4/247; 5/416.  
 См. также *Пестициды*  
 Пестициды 3/994, 848, 850, 856, 995; 5/133, 150, 151, 415, 422  
 акарициды 1/106, 107, 108; 2/186, 468, 469, 471–473, 1080; 3/563, 763, 994; 4/739, 1132; 5/418  
 альциды 1/193, 1025; 3/994; 5/418  
 антифиданты 1/341, 342; 3/994; 4/494; 5/421, 529  
 аттрактанты 1/415, 416; 2/378; 3/994; 4/539  
 бактерициды, см. *Бактерициды гербициды, см. Гербициды*  
 десканты 2/37, 38, 54; 1/1032; 3/366, 994; 4/429  
 дефолианты, см. *Дефолианты*  
 зооциды 2/341, 342, 343; 1/463; 3/388, 994; 4/494, 541; 5/257, 258, 748  
 инсектициды, см. *Инсектициды*  
 как антисептики, см. *Антисептические средства*  
 моллюскоциды 3/252, 994; 2/473; 4/247  
 нематоциды 3/405, 994; 2/472, 473  
 регуляторы роста, см. *Регуляторы роста растений*  
 репелленты 4/494, 247, 495; 1/341, 657, 990; 2/122, 284, 473, 601, 1298; 3/999; 5/130, 377, 587  
 товарные формы, см. *Пестицидные препараты*  
 феромоны, см. *Феромоны*  
 фунгициды, см. *Фунгициды*  
 фунгициды, см. *Фунгициды*  
 микростерилизаторы 5/449, 305, 1014; 3/994  
 Пегалит 2/733, 1201  
 Петигреновое масло 4/1094  
 Петлевые сушилки 4/960  
 Петри чашки 3/818, 1124, 1254  
 Петрова контакт 1/862; 2/304; 4/928; 5/134  
 Петролиновая кислота 4/378  
 Петрозин 3/444  
 Петролатум 3/995, 996, 1125; 1/826; 2/103, 312, 601, 900, 901, 1320; 4/173, 725, 726; 5/693  
 Петролейный эфир 3/996, 32, 248, 466, 567, 712, 719, 908, 1040; 1/52, 998; 2/1202, 1276; 4/1114; 5/221, 533, 785, 1005  
 Петролены 2/1276  
 Петросиллаты 4/708  
 Петротен 4/80–82  
 Петрохимия 3/996, 997  
 Петрургическое сырье 2/776  
 Петранова фильтры 1/899; 4/222  
 Петцит 2/334  
 Петфоскацин 4/231  
 Печатание тканей 3/997, 365, 690, 998; 1/114, 139; 2/149, 152, 776, 990,

- 1093, 1095, 1097; 4/893, 943, 947, 1129, 1130; 5/535, 700
- Печатные краски 2/776, 997, 1096
- Печатные платы 1/975
- Печать, см. *Печатание тканей*
- Печи 3/998, 999–1009, 1063–1065; 1/191, 1105; 4/632, 633, 1174; 5/515, 703
- вагранки 2/263
- вращающиеся 3/999, 1001, 1002, 1009; 4/632; 5/749
- Вудриффа 1/409, 410
- для огневого обезвреживания 3/862
- для стандартного пожара 3/647
- доменные 2/256, 263
- индукционные 5/81
- испарители 2/1315
- камерные 4/632
- коксование 2/841
- муфельные 4/755
- пиролитеры 3/1067
- пирометаллургические 3/1070
- плавильные 4/592, 593
- пламенные отражательные 2/264
- полочные 3/999
- пудлинговые 2/264
- репортные 3/1060; 5/749
- сопротивления 3/999, 1129
- стекловаренные 3/1130; 4/834
- трубчатые 1/408, 409, 728, 1176; 2/167, 168, 592, 843; 3/999–1009, 1063–1065; 4/1059, 1060
- шахтные 4/981
- электрические 2/256, 258, 264; 3/999, 1001, 1002, 1008, 1009; 4/593, 839, 1174; 5/515
- шелковые ковшевые 1/1125
- электрические 2/256, 258, 264
- ямные 3/999
- «Печное» масло 2/93
- Печные топлива 2/1005; 5/41
- ПЖК-метод 3/255
- ПИ, каучуки 2/375–378
- Пиаселенол 1/525, 526
- Пиаститы 1/526
- Пивалаты 1/668
- Пивалиновая кислота 1/667, 668, 971; 2/643, 644; 3/932
- 2-Пивалоил-1,3-ниданон 2/439
- Пивалоилхлорид 1/668
- Пивалоильная группа 2/325, 326
- Пивные дрожжи 2/81; 3/470; 5/39, 44
- Пигмазол 2/990
- Пигментирование 3/1010
- Пигменты 3/1009, 1010–1018; 2/354
- белые 2/355, 1289; 3/1011–1013, 1089. См. также *Белки*, *Литопон*
- выпускные формы 1/774; 2/990, 992, 1001, 1002
- для керамики 3/480; 4/944
- для лакокрасочных материалов 1/209, 789, 865, 1207, 1208; 2/799, 821, 982, 990, 1228, 1296; 3/474, 1140; 4/51, 673, 875, 1115. См. также *Основные лаки*
- железоокисные 2/273, 253, 265, 269, 274, 330, 990, 994, 996, 997, 1003, 1015; 3/991, 1011, 1013; 4/51, 673; 5/563. См. также *Охры*
- желтые 1/458, 463; 2/273, 274, 330; 4/944. См. также *Кроны*
- желчные 2/278, 279, 280, 975; 4/147
- зеленые, см. *Зелени*
- зрительный, см. *Родопсин*
- как светостабилизаторы 4/588
- как смазки 3/1125; 4/1007
- керновые 2/1079
- красные 2/1003; 3/1011, 1012. См. также *Гемоглобин*, *Железный сурик*, *Мушля*
- макрогетероциклические 2/1253, 1254. См. также *Порфирины*, *Хлорофиллы*
- неорганические 2/268, 269, 994, 997, 1009–1013, 1015, 1078, 1079, 1209, 1210, 1278; 3/410, 991; 5/616, 619, 631–633
- оболочковые 2/1079
- оранжевые 3/1011, 1012
- органические 1/113, 470; 2/440–442, 603, 974–976, 978, 979, 990, 993, 994, 996, 997, 1015, 1128; 3/523, 676, 677, 953, 1009–1015, 1079, 1204; 4/72, 73, 75, 1269; 5/67, 213, 382, 383, 444, 535, 536. См. также *Каротиноиды*
- «плейт-аут» 2/997
- растительных масел 4/378, 381. См. также *Флавоноиды*
- розовый Ж 2/1003
- светопрочные 1/367
- серые 1/209; 3/1011, 1012. См. также *Железная слюда*, *Цинковая пыль*
- синие 2/440, 996, 1003, 1011, 1012. См. также *Железная лазурь*, *Ультрамарины*
- флуоресцентные 5/444
- цветов и плодов 1/557
- черные 1/307; 2/980; 3/1011, 1012. См. также *Меланины*, *Технический углерод*
- чисто-голубой 2/997
- Пикселение 2/18, 836
- Пиккумарон 2/1101
- Пиклорам 1/1029
- Пикнометры 3/1146–1148; 4/131
- Пиковая хроматография 3/818
- Пиколиновая кислота 3/1018, 1019; 1/250, 1026, 1029; 2/142, 1215; 5/440
- Пиколиты 3/1019, 110, 487, 814, 1018, 1020; 1/119, 194, 1087; 2/22, 371, 591, 858, 1029
- Пикотат 5/788
- Пикарамид, диазопроизводные 3/27
- Пиковая кислота 3/519; 4/1267, 1268
- Пикраты 3/1020, 116, 117, 1021, 1035, 1043; 1/1072, 1210; 2/183, 466, 635; 4/1268
- 2,6-бис-(Пикриламино)-3,5-динитропиридин 4/1082
- 2,4,6-трис-(Пикриламино)-1,3,5-триазин 4/1082
- Пикрил(1-фенилэтил)амин 4/392
- Пикрилхлорид 1/1075; 3/562; 4/1267
- Пикриновая кислота 1/104, 105, 251, 362, 418, 520; 2/133, 618, 976, 1176; 3/34, 116, 519, 542, 554, 562, 572, 950, 1020, 1021, 1039; 4/273, 448, 1026, 1211; 5/21, 132, 139, 213, 518, 523, 558, 570, 988. См. также *Тринитрофенол*
- Пикролоновая кислота 1/534; 2/580; 3/1035
- Пикротоксинин 5/1055
- Пикте–Гамса реакция 1/568
- Пикте–Шпентгера реакция 3/1021, 1022, 1023; 2/398, 636
- Пилинг 4/90
- Пилокарпин 3/1023; 1/415; 2/415; 5/593
- Пилотные установки 4/1027
- Пилоцереин 2/399, 400
- Пимантрен 4/741
- Пимарадиин 2/284
- Пимаринол 2/284
- Пимаровая кислота 2/283; 4/977
- Пимаритин 3/1088
- Пимелиновая кислота 2/107, 108; 4/568; 5/22
- Пимозид 3/398, 399
- Пимпринин 3/679
- Пинаколиновые эфиры 2/341
- Пинаколиновая и ретропинаколиновая перегруппировки 3/1023, 939, 1024–1026; 1/659, 1134; 2/171; 4/610
- Пинаколиновое дезаминирование 3/1024
- Пинаколиновый спирт 3/11025
- Пинаколины 1/1134; 3/1023–1026
- Пинаконы 3/1025, 1023, 1026; 1/436, 1134, 1204; 2/745; 4/450
- Пинакриптолы 2/37
- Пинан 2/96; 3/1027; 5/774
- Пинанилбораны 1/391
- «Пинг-понг»-механизм 2/365
- Пиндолол 3/1026
- Пиндон 2/342
- 2-Пинен-4-ол 1/683
- 2-Пинен-4-он 1/683
- Пинены 3/1027, 58, 60, 178, 578, 869; 1/187, 391, 585, 660, 683; 2/283, 284, 598–601, 1165, 1179; 4/714, 715, 1089, 1090, 1092–1094; 5/76, 147, 438, 1004, 1005
- D-Пинит 5/715
- Пинитрицин 5/731
- Пиннера реакция 3/1027, 513, 1028, 1029; 2/420
- Пинокарвеол 5/1004
- Пинтадоит 1/671
- Пинолофон F 3/1231, 1232
- Пионий 1/787
- Пионы 3/32
- Пипеконат, метаболизм 3/613, 619, 620
- Пипемидиевая кислота 4/231, 232
- Пиперазин 3/1029, 897, 1164; 1/265, 269, 1209; 2/82, 83, 212; 4/53, 209, 225, 575, 773; 5/422, 975, 986
- Пиперазиндионы 1/252, 253
- 3-Пиперазиноалкил-7-азиаинолы 1/64
- Пиперазинэстроин 2/605, 606
- Пиперациллин 2/1134, 1135
- α-Пиперидил-β-пиридин 1/290
- Пиперидин(ы) 3/1029, 690, 1018, 1019, 1021, 1030, 1045, 1047, 1048, 1164; 1/222, 261, 269, 1181; 2/245, 439, 642, 813; 4/501, 868, 872, 1098, 1256; 5/369, 434, 521, 537, 559, 709
- Пиперидинийацетат 1/1147
- Пиперидин-2-карбоновая кислота 3/613
- Пиперидинозы 1/263
- 2-Пиперидинометил-1,4-дигидроксиантрахинон 3/690
- Пиперидинохиназолин 5/520
- 4-Пиперидинсульфокислота 4/923
- Пиперидолы 3/1030, 1031
- Пиперидоны 2/1137; 4/1255
- Пиперилен 3/1031, 444, 1032, 1244; 1/634; 2/99, 100; 4/800, 1087
- Пиперин 3/1030
- Пиперитенол 3/60
- Пиперитон 3/1032, 60
- Пиперональ 1/1004
- Пиперонилбутилоксид 1/505; 3/1040; 4/695
- Пиперофос 1/1033
- Пиразидол 3/1032; 1/325, 326
- Пиразин(ы) 3/1032, 1029, 1033; 1/76, 236, 1142; 2/742, 814; 4/270, 901; 5/385, 1042
- амид 4/241, 242
- карбоновые кислоты 4/234; 5/523
- 1-оксид 3/1033
- Пиразол(ы) 3/1033, 28, 596, 1034, 1035; 1/85, 432, 518, 712, 1031, 1074; 2/65, 179, 743, 816, 1169; 4/622
- Пиразолантроиновые красители 2/981
- Пиразолидин 1/297; 3/1034; 4/219
- 1-Пиразол 2/1169
- Пиразолаланин-синтаза 2/1169
- Пиразолины 1/76, 656, 1074; 2/74, 750, 1228; 3/28, 1034; 4/623; 5/740
- 5-Пиразолон 3/1035, 1014, 1036; 1/90, 297; 4/219, 254, 623, 699, 1021
- Пиразолоназобензол 1/81
- Пиразол[4,3-d]пиримидин-N-нуклеозиды 3/594, 595
- Пиразофы 5/421
- Пиразофурил 3/595
- Пиракарболит 5/419
- Пирамем 3/1039
- Пирамидальная инверсия 3/1036, 1037; 1/379; 2/907–909; 4/46, 47, 390, 690
- Пирамины 1/1032
- Пиранозиды 1/1127, 1128; 2/732
- Пиранозилнуклеозиды 5/451
- Пиранозы 1/1125; 3/746, 747; 5/37, 608, 957
- Пираноны 3/1073, 1074
- Пирант А 3/648
- Пираптель 4/225
- Пираптрантон 2/982; 3/1016, 1017
- Пирапы 3/1037, 1038, 1039; 4/1144, 1145
- Пирапгрит 4/637
- Пирацетам 3/1039, 577, 578; 1/317; 4/269
- Пирекс 4/837
- Пирен 3/1039, 377, 463, 1040; 1/336, 372, 519; 2/5, 591, 594, 595, 846, 1228; 4/108, 419, 1108; 5/446, 533, 811
- Пирензепин 5/592
- Пиренхиноны 3/1039
- (+)-транс-Пиретриновая кислота, эфиры 3/1040
- Пиретрины 3/1040, 1041; 1/142; 2/468, 475; 4/695; 5/416
- Пиретроиды 3/1041, 994, 1042, 1043; 2/106, 468, 474, 475, 623; 4/695; 5/740
- Пиретролон 3/1040
- Пиретрум 3/1041
- Пирна кислота 3/382
- Пириазин(ы) 3/1043, 1044; 1/76, 1026, 1032; 2/65
- Пириазинкарбоновые кислоты 1/520; 3/1043; 5/376, 758
- Пириазинноны 3/1043, 1044
- Пириазонантрон 1/350, 351
- Пиридат 1/1032
- Пириафентинон 2/470, 471
- Пиридилазофтол 3/1044; 2/451
- 1-(2-Пиридилазо)-2-нафтол 3/1044; 4/550
- Пиридилазорезорцин 3/1044
- 4-(2-Пиридилазо)резорцин 2/451; 3/1044
- 3β-Пиридилкарбинол 1/721, 1118
- 3-Пиридилмеркурацетат 3/1045
- Пиридилпиридины 2/141, 142
- Пиридилтетрагидрохинолины 1/720; 3/110
- Пиридилциклоалкены 1/720
- Пиридильный радикал 4/300
- Пиридилэтанолы 1/721
- Пиридилэтилпирование 1/720
- Пиридин(ы) 3/1044, 1045, 1046
- как аналитический реагент 4/397
- как антимиотики 4/228
- как ароматизатор 3/1089
- как основания, см. *Пиридиновые основания*
- как растворитель 4/359
- определение 4/425
- получение 1/119, 140, 980, 981; 2/591, 846, 1270; 3/110, 1029, 1045, 1055; 4/1098
- свойства 1/76, 91, 261, 311, 376, 377, 422, 423, 543, 720, 981, 1157, 1186; 2/22, 65, 109, 142, 177, 179, 371, 449, 499, 694, 741, 752, 812, 813, 821, 858, 929, 963, 964, 1010, 1033, 1089, 1110, 1137; 3/29, 115, 458, 507, 515, 519, 523, 554, 580,

- 673, 676, 678, 679, 814, 1019, 1030, 1047, 1217, 1218, 1246, 1258, 1260; 4/71, 288, 312, 396, 419, 499, 719, 751, 909, 922, 1098, 1102, 1107, 1108, 1117, 1126, 1138, 1204, 1257, 1266; 5/9, 115, 196, 450, 521, 526, 529, 568, 693, 777, 778, 786
- соединения 2/407; 3/1164
- алкалоиды, см. *Пиридиновые алкалоиды*
- галогениды и гидрогалогениды 3/692, 1030, 1044, 1046, 1253
- гидроксиформы, см. *Окспиридины, Пиридинолы, Пиридоны*
- диметильные, см. *Луидины*
- N-замещенные 3/813, 814; 5/8. См. также *Пиридин-N-оксид*
- кислоты, см. *Пиридинкарбоновые кислоты*
- карбонитрилы 4/287
- комплексные 1/677; 2/267, 332, 495, 642, 822, 831, 933, 1029; 3/353, 665, 803, 874, 1046; 4/425, 594, 896, 917, 923; 5/734, 757
- монометильные, см. *Пиколоны*
- нафтиридины 3/383, 384, 385
- соли, см. *Пиридиновые соли*
- сульфурованные, см. *Пиридин-3-сульфокислота, Пиридинтрисульфоксид*
- 2-Пиридиналдоксииметионид 1/328, 436; 3/703
- 4-Пиридинопиридинийхлорид 3/710, 1046
- Пиридиния соли 3/1046, 710, 814, 1018, 1044, 1045, 1047; 1/105, 112, 278; 2/963, 964, 1032; 5/434
- Пиридинкарбоновые кислоты 1/250, 453, 720; 2/371, 397; 3/487, 713, 884, 1214; 4/494; 5/526, 527, 758, 759. См. также *Изонитиновая кислота, Никотиновая кислота, Пиколоновая кислота*
- Пиридиновые алкалоиды 3/1047, 1048; 5/1051, 1052
- ликоподиума 1/146, 143, 147; 3/1047
- Пиридиновые основания 1/199; 2/593, 594, 845, 858, 1081, 1215; 3/830, 1019, 1020; 4/969
- Пиридин-N-оксид 1/112, 243; 2/29; 4/288
- Пиридиноны 3/708–710, 884
- Пиридинофан 5/745
- Пиридин-3-сульфокислота 3/487, 709, 710, 1045
- Пиридинсульфотриоксид 2/456; 3/1044, 1046, 1078
- Пиридитол 3/578
- Пиридогстаминбромид 3/710
- Пиридо[b]индолы 2/635, 636
- Пиридоксаль 1/741, 750. См. также *Витамины В6*
- Пиридоксалькиназа 1/742
- Пиридоксальфосфат 1/395, 741, 751, 752, 1132; 2/363, 967, 969, 1169, 1176; 3/937; 4/430, 1241, 1242, 1247; 5/2, 159, 767
- Пиридоксамин 1/741, 750. См. также *Витамины В6*
- Пиридоксамин-S'-фосфат 1/395, 741, 742; 3/937
- Пиридоксин 1/451, 742, 743, 750; 3/679. См. также *Витамины В6*
- Пиридоксинфосфатоксидаза 4/524
- Пиридоксифосфат 4/524
- Пиридоляты 3/709
- Пиридоны 1/261, 952; 3/709, 1046, 1073; 4/234, 992; 5/444. См. также *Окспиридины*
- Пиридопиридины 3/383–385
- Пирилия соли 3/1048, 546, 720, 1038, 1047, 1049, 1050, 1074; 1/105, 347, 376; 2/65, 629; 4/1145
- Пириметамин 4/239
- Пиримидин(ы) 3/1050, 174, 1043, 1051; 1/76, 127, 228, 422, 455, 560, 1032, 1097, 1209; 2/427, 963, 964, 969, 1270; 4/235, 536, 901, 1248; 5/224, 225, 418, 422, 449, 519. См. также индивидуальные представители
- как антибиотика 3/594–596; 4/228
- как основания, см. *Пиримидиновые основания*
- специфичные ферменты 4/518
- Пиримидинантон 2/1228
- Пиримидиандоны 1/1032; 3/1051, 1052; 4/1226. См. также *Тимин, Урацил*
- Пиримидинобизопиразины 1/525
- Пиримидиновые основания 3/1051, 294, 296, 297, 299, 300, 578, 585–588, 594, 595, 812, 813, 1052, 1241; 1/39, 139, 396, 751; 2/426, 519, 963, 964; 4/492, 495, 518, 519, 810, 1001, 1229–1231, 1238, 1241, 1261
- канонические, см. *Тимин, Урацил, Цитозин*
- комплементарность 3/211, 1051; 4/276, 1229
- метаболизм 3/619, 620, 622, 623
- нуклеозиды, см. *Минорные нуклеозиды*
- 2,4,6-Пиримидинтрион 1/455
- Пиримикарб 2/474
- Пиримифос-этил 2/470
- Пиримиурон 2/342
- Пирит 3/1052, 4, 633, 863, 1053; 1/1104; 2/265, 266, 334, 556, 591; 4/560, 613, 630, 673, 911, 972, 1017; 5/208, 298, 469, 470, 755
- Пирияцидн 2/242
- Пирлиндол 3/1032
- Пиро... 3/1053
- Пироантимоаты 4/944
- Пироарсенаты 1/382
- Пиробензол 3/1053
- Пиробораты 1/584
- Пированадаты 1/670–672
- Пированадиевая кислота 1/670
- Пировинная кислота 1/726
- Пировиноградная кислота 1/195, 556, 608–611, 726, 1136, 1155, 1156; 2/68, 28, 29, 105, 361, 395, 523, 633, 969, 970, 1140, 1169, 1176, 1193; 3/253, 613, 683, 920, 1053, 1083; 4/34, 642, 1119, 1171; 5/271, 348, 582, 768, 969
- Пировиноградный альдегид 2/742
- Пирозаг 3/1060–1066
- Пирогалловая кислота 3/692, 693, 1053, 1054
- Пирогалловый красный 5/128
- Пирогаллон 3/1053, 271, 363, 572, 694, 1054; 1/940, 1039; 2/226, 236, 768, 1087; 4/253, 893, 945, 979, 982, 1268; 5/11, 77, 82, 128, 140, 141, 388, 391, 393, 396, 455
- «Пирогели» 3/326
- Пирогенал 2/427
- Пирогенетическая вода 3/1054, 1055; 1/1177; 2/842; 4/101
- Пирогидролиз 3/1055, 1056, 1059; 1/951
- Пиролгутаминавая кислота 1/982, 1151; 4/1171, 1172
- Пирографит 1/1190–1192, 1194; 5/39, 40, 901
- Пирозмевики 3/1062, 1063
- Пирозолы 2/332
- Пирокатехин 3/1056, 36, 46, 579, 694, 696, 1053–1055, 1057; 1/336, 427, 504, 531, 533, 640, 988, 1039, 1115; 2/226, 236, 653, 695, 864, 999; 4/253, 400, 508, 569, 979; 5/115, 132, 139–142, 449
- эфир диметилловый, см. *Вератрол*
- монометилловый, см. *Гваккол*
- Пирокатехиновая кислота 3/692, 693
- Пирокатехиновый флюоретовый 3/1058; 1/736, 986; 2/451; 4/397, 936; 5/762
- Пирокатехинсульфоталеин 3/1058
- Пирокатеховая кислота 3/692, 693
- Пирокерам 4/706
- Пирокоман 3/1073, 1074
- Пироконденсат 3/1066
- Пирокремниевая кислота 2/1006
- Пироксениты 3/970; 4/561
- Пироксениты 1/587; 2/776; 4/675–677, 680, 681, 707, 708
- Пироксикам 4/219, 220
- Пироксиллин 1/607, 706; 2/133, 182, 934; 4/135, 136; 5/666, 667
- Пироксония соли 3/1048–1050
- Пиролен-100 3/444
- Пиролоз 3/1058, 407, 1059; 1/602, 1101, 1190, 1192; 2/83, 95, 552, 638, 704, 741, 747; 5/9, 13, 135, 137, 1010
- в звуковых полях 5/60
- древесины 3/1059, 107, 351, 535, 826, 1058, 1060, 1061; 2/15, 225, 226, 230, 231, 1004, 1165; 4/771; 5/56, 429
- и выбрекинг 1/727; 3/1058
- и коксование 2/841, 843
- и конденсация с дегидрированием 2/889
- и обработка пластмасс 4/16
- и огнестойка 3/646
- и полукоксование 4/100
- и свободные радикалы 3/1059; 4/301
- и термический крекинг 3/1058; 4/1058–1060
- и термостой 4/1075
- и термостойкость веществ 4/1085
- и химическое газофазное осаждение 5/503
- и алюминирование 5/503, 939
- как цепная реакция 5/682
- нефтяного сырья 3/1061, 27, 168, 441, 444, 445, 449, 450, 466, 739, 1000, 1007, 1008, 1058, 1062–1066; 2/121, 206, 1005, 1093, 1101; 4/194, 313, 753, 1058–1060; 5/983
- окислительный 2/1005; 3/449, 450; 4/697
- отходов 3/864; 4/1085
- скоростной 4/702
- Пиролозная тяжелая смола 3/894
- Пиролитическая газовая хроматография 3/1066, 1067; 1/883; 4/425
- Пиролозит 2/1285, 1290, 1291, 1293
- Пиромекан 3/68, 69
- Пиромеллитовая кислота 1/513–515; 3/1116, 1117, 1245, 1247; 5/385, 415
- Пиромеллитовый диангидрид 3/1067, 796, 1068, 1215; 1/514, 515; 2/236
- Пирометаллургия 3/1068, 6, 7, 93, 638, 1069, 1070; 4/550, 593, 594, 944, 1173, 1174; 5/749, 750
- Пирометры 3/1070, 1071, 1072; 2/574; 4/1057, 1077
- Пироморфит 5/281
- Пиромышьяковая кислота 3/305
- Пиромышьяковистая кислота 3/312
- Пиронин 5/649
- Пирониобаты 3/488, 489
- Пироны 3/1073, 1038, 1039, 1074, 1075; 2/499; 4/61, 1145; 5/721
- Пироп 4/681
- Пиропласт 3/444
- Пиросерная кислота 4/642
- Пиросернистая кислота 4/920
- Пиросиликаты 3/360–362
- Пирозлиевая кислота 2/28; 5/428, 429, 434
- Пиросульфаты 4/904, 905
- Пиросульфиты 4/920, 921
- Пиросульфанадаты 4/644
- Пиросульфурилгалогениды 4/939, 940
- Пиросурьмяная кислота 4/948
- Пиротанталовая кислота 4/985
- Пиротехнические источники газов 3/1075, 369, 414, 988; 2/768; 5/560
- Пиротехнические составы 3/1075, 313, 360, 369, 505, 1076; 1/209, 460, 461, 706, 726, 832; 2/1206, 1207, 1248; 4/549, 598, 876–878, 943, 951; 5/508, 560, 695, 760
- воспламенение 2/467
- дымные 2/239, 240, 1032; 1/998; 3/1075, 1076; 4/669, 1245
- зажигательные, см. *Зажигательные составы*
- интеркалаты 2/477
- осветлительные 3/822, 823; 2/1235; 4/1246
- сигнальные, см. *Сигнальные составы*
- трассирующие 4/1246; 3/972
- Пиротин 3/633
- Пироуглерод 1/1192
- Пирофиллит 3/992, 993; 4/678
- Пирофоры 2/820; 3/473, 1152; 4/433, 573, 670, 1173; 5/74, 78, 614, 694, 696, 760. См. также *Самовозгорание*
- Пирофос 3/1077
- Пирофосфат(ы) 2/1170; 4/496, 524, 1229
- ионообменные 1/974, 976, 977; 3/367, 368; 4/543, 981; 5/248, 288. См. также *Фосфаты конденсированные*
- органические 3/1076, 1077; 5/255. См. также *Аденозиндифосфат, Никотинамидные коферменты*
- Пирофосфатаза 2/655
- Пирофосфонаты 5/267, 276
- Пирофосфорилаза 1/1132
- Пирофосфорная кислота 1/38, 40, 434, 1131, 1132, 1137, 1152, 1211; 2/473, 655, 783, 1170; 3/367, 593, 810, 879, 1053; 4/810, 1120; 5/248, 287, 288, 299. См. также *Пирофосфаты*
- Пирохимический анализ 2/709
- Пироклоры 3/1077, 489–491; 4/562, 979, 981, 985, 1183; 5/206, 391
- Пирозлектрики 3/1078, 167; 2/207, 1071, 1072; 4/284, 608, 681, 948. См. также *Пьезоэлектрики, Сегнетоэлектрики*
- Пирролизол 4/1251–1253
- Пирролы 3/1078, 1079, 1080; 1/77, 236; 5/429, 573–576, 713, 778. См. также индивидуальные представители
- Киорра 2/814
- красители 2/974, 975; 3/1079
- красный 3/1078
- получение 1/76, 981; 2/106, 814, 815; 3/870, 871, 1079, 1080; 4/147, 148
- свойства 1/70, 376, 377, 423, 709, 784, 983, 1061, 1203; 2/114, 278–280, 314, 417, 909, 943, 946, 1172; 3/458, 1037, 1081; 4/147, 148, 341, 894, 895, 917
- хромогены 1/264
- Пирроллальдегид 2/279, 280
- Пирроллидин(ы) 3/1080, 1037, 1079, 1164; 1/644, 1181; 2/245; 4/191, 872, 894, 895, 1096; 5/714
- Пирроллидины 1/263
- Пирроллидиноксиназолы 5/520
- Пирроллидины 1/652, 721, 1137, 1139, 1151, 1152; 2/9, 1143; 3/120, 1080; 4/894, 895; 5/1010

- Пирролизидин 3/1081; 1/147  
алкалоиды 3/1081, 1082, 1083;  
5/591
- Пирролинон 2/279, 280  
Пирролины 3/1079, 1080; 4/192  
Пирролкарбальдегиды 2/814  
Пиррол-2-карбоновая кислота 3/711,  
1078
- N-Пирролмагнии 3/1078  
Пирролофаны 5/743–745  
Пирролопиридины 1/63  
Пирроло[2,3-d]пиримидин-N-нуклео-  
зиды 3/594, 595
- Пирромидин 1/356, 357  
ε-Пирромидинон 1/356  
Пирроны 2/1166; 3/1213–1215  
Пирротин 2/265; 3/167, 475, 823;  
4/562
- Пируват 3/613, 615–621, 683, 810,  
1083; 4/1119, 1260, 1261; 5/1015
- Пируватдегидрогеназа 1/609, 751;  
2/969, 1193; 4/1119
- Пируватдекарбоксилаза 1/608; 2/969;  
5/162
- Пируваткарбоксилаза 3/1083; 1/556,  
1156; 2/970, 1170
- Пируваткиназа 1/1136; 2/395  
Пируватоксидаза 1/328; 5/151  
Пирувоинитрил 1/1128, 1129
- Питатели 3/1083, 144, 1084–1086;  
2/217; 4/736; 5/210
- Питохоловая кислота 2/278  
Питтинговая коррозия 3/1086, 272,  
889, 1087, 1088; 2/320, 321, 435, 436,  
947, 955; 4/173; 5/910
- Питцера  
напряжение молекул 3/331  
разложение 5/71
- Питьевая вода 1/768, 769, 903; 3/161,  
171, 356–358, 658
- Питтовые продукты 1/454, 545; 2/284,  
802; 5/208, 438, 1003, 1004
- Пицци 3/686  
Пицен 1/372
- Пища 2/1277; 3/161  
добавки 3/1088, 156, 357, 367, 472,  
505, 518, 577, 693, 829, 1033, 1089,  
1090; 1/47, 334, 335, 338, 395;  
2/539, 648, 658, 936, 937, 1263,  
1273; 4/569, 768, 833; 5/67, 151,  
774, 1015
- дрожжи, см. Дрожжи  
жиры, см. Жиры, Подсолнечное мас-  
ло, Растительные масла  
загрязнители 3/1194. См. также Ми-  
котоксины  
искусственная 2/538, 539; 3/156  
соль, см. Натрий, хлорид; Поварен-  
ная соль  
состав 3/395, 397, 470  
тара 3/1234, 1244
- Пищевухи реакция 3/1090, 1091;  
4/1143, 1161
- ПКФ, см. Пирокатехиновый фиоле-  
товый
- «Плавающей зоны» метод 2/223
- Плавиковая кислота 1/157; 2/519;  
3/576; 5/291, 395, 612, 751. См.  
также Фтористоводородная кис-  
лота
- Плавиковый шпат 2/590; 4/838; 5/205,  
214, 386. См. также Флюорит
- Плавка (выплавка)  
автогенная 3/6; 4/593  
вакуумно-дуговая 3/249  
восстановительная 3/474  
зонная, см. Зонные методы  
идулиновая 2/462  
КИБЦЭТ-ЦС, метод 4/593  
концентраторов 4/1173, 1174  
мартеновская 2/256, 258, 264  
металлов 3/93, 95, 1068–1069;  
4/592, 593  
нигроновая 3/471
- осадительная 4/944  
пробирная 2/916; 3/1133  
тигельная 2/263; 4/183  
шерберия 4/183  
шелочная 5/127  
электронно-лучевая 3/244, 249; 5/81  
QSL, метод 4/593
- Плавление 3/1091, 226, 1092–1094;  
4/890; 5/15, 102  
диаграммы, см. Диаграммы плав-  
кости  
и заигерование 4/951  
и термический анализ 4/1057  
инконгруэнтное 2/60, 61; 3/1091  
конгруэнтное 2/60; 3/1091  
пластмасс 3/1116  
температура 3/97; 4/1029  
уравнение Клапейрона–Клаузиуса  
2/788  
фракционное 2/1044; 4/891  
щелочное 2/646; 5/133  
энтальпии 4/1034
- Плавни 2/1062  
Плавны 3/520, 690  
Плагнограниты 4/561  
Плагиоклазы 3/1191–1193; 4/678, 680,  
1006
- Плазма 3/1094, 334, 1095; 1/402;  
2/505, 526, 531. См. также Плаз-  
мохимическая технология, Плазмохи-  
мия  
аммиачная 3/169, 170  
аргоновая 2/1312, 1318  
галогенная 5/334  
и эмиссия электронов 3/97  
индуктивно-связанная 2/1312, 1318  
кислородная 3/169; 5/334  
крови 2/31, 559, 1140, 1198, 1199;  
3/348, 1098; 4/248–250, 468, 469,  
893, 966  
низкотемпературная 5/43  
релаксация 4/463  
термическая диссоциация 2/158
- Плазмагель 2/1078  
Плазмалогены 3/1096  
Плазмалогены 3/1095, 1096; 1/165;  
2/1188, 1189; 5/269
- Плазмиды 3/1096, 149, 150, 587, 1097;  
1/1010, 1011; 4/496, 498, 1243, 1244
- Плазмиды 3/1097, 1098; 1/322, 341;  
5/168
- Плазмидоген 1/248; 3/1098  
Плазмидогены 2/141  
Плазмидоз 3/829  
Плазмидоны 4/296  
Плазмотроны 3/1099, 1100; 4/777–  
779; 5/64
- Плазмохимическая технология 3/1098,  
334, 696, 1099–1101, 1104, 1105;  
2/669, 1154; 4/139, 436, 582, 777–  
779, 807, 1223, 1224; 5/503, 516. См.  
также Плазма, Плазмохимия
- Плазмохимия 3/1101, 169, 170, 421,  
662, 1102, 1103; 1/786; 2/625, 753,  
1005; 4/295, 463, 1031; 5/476. См.  
также Плазма, Плазмохимическая  
технология
- Плайфлекс 1/635  
Плавленый 4/238, 239  
Плакирование 2/321; 3/84–86
- Пламена (пламя)  
водородное 2/43, 44  
водородно-кислородное 1/778  
восстановительное 1/408, 409; 3/8  
гасители 1/281; 2/126, 240; 4/656,  
669, 731, 809; 5/268  
и горение 4/571, 575. См. также  
Ингибиторы горения  
ионизация 2/530, 532  
люминиметрическое число 2/1224,  
1225  
методы, см. Пламенные методы  
некоптящее, высота 2/738, 739,  
1225; 3/448
- открытое 3/1189  
пиротехнические, см. Пиротехниче-  
ские составы  
подсвечивание в печах 2/595; 3/999  
распространение 1/831, 832; 3/1187  
реакции 1/704, 705  
«твердое» 4/575  
точка дымления 2/1225
- Пламенные методы  
диффузионные 2/195, 754  
приборы 1/895, 909; 2/43–45  
сварка 4/582
- Фотометрические, см. Фотометрия
- Планарная технология 3/1103, 334,  
335, 414, 695, 1104–1106; 4/113,  
1224; 5/333, 334, 340, 503, 510, 516
- Планетарные мельницы 2/146, 353,  
354; 4/139
- Планирование  
опробования 4/181  
органического синтеза 3/791–794  
эксперимента 3/1106, 195, 640–643,  
1107–1113; 2/749
- Плакка  
закон 3/1094; 4/1030  
постоянная 3/1113; 2/717, 754;  
5/868  
приближение 3/48  
теорема 4/1035; 5/956  
функция 4/1072; 5/955
- Планте аккумулятор 1/110
- Плоскон 1/261; 3/632, 1250, 1251
- Пластизолы 3/1113, 86, 905, 906, 1114,  
1233–1235; 2/809
- Пластикат 3/1113, 1114, 1233–1235
- Пластикаты полимеров 3/1114, 146,  
147, 1115, 1116; 2/40, 704
- Пластики 1/859; 3/327, 1119. См. так-  
же Пластические массы  
АБС, см. АБС-пластик  
арамидные 3/802–804  
армированные, см. Армированные  
пластики  
асбестовые, см. Асбластики  
бороволокнистые, см. Боропла-  
стики  
вязкотекучее состояние 1/873  
гибридные 3/327, 330, 1119  
графитированные, см. Графитопла-  
сты  
конструкционные 3/1213  
меламино- и мочевино-формальде-  
гидные, см. Амшинопластики  
на основе химических волокон 4/40,  
57. См. также Органические  
металлосодержащие, см. Композици-  
онные материалы, Металлопла-  
стики, Металлополимеры
- САН 1/118  
слоистые 4/723, 93; 1/1062, 1063;  
3/743, 1121  
– декоративные бумажные 2/29, 30,  
35; 3/282; 5/134  
– древесные 2/230, 224, 225; 3/327;  
4/723; 5/144  
стекловолоконные, см. Стеклопла-  
стики  
углеродные, см. Углеродпластики  
ударопрочные 2/708; 4/168, 169,  
734  
фенольно-формальдегидные, см.  
Фенопласты  
ячеистые, см. Пеннопласты, Сото-  
пласты
- Пластинчатые устройства  
компрессоры 2/883, 884, 886; 3/344  
насосы 3/342–344  
питатели 3/1084  
теплообменники 4/1051, 1052
- Пластфикаторы 3/1116, 327, 378,  
445, 531, 683, 712, 719, 728, 730, 743,  
744, 746, 991, 1066, 1113, 1114,  
1117–1119; 1/655, 545, 630, 644, 789,  
866; 2/92, 210, 212, 377, 544, 601,
- 648, 660, 799, 803–809, 861, 867, 868,  
996, 1175; 4/30, 95, 731; 5/25, 26,  
87, 133, 134, 147, 171, 256, 377, 981,  
1001. См. также Пластификация по-  
лимеров
- Пластификация полимеров 3/1118,  
201, 273, 743, 1119, 1223; 4/734, 840,  
841, 844, 1076. См. также Пласти-  
фикаторы
- Пластические массы 3/1119, 1120. См.  
также Пластики, Полимеры  
биострукция 3/864. См. также Де-  
структура полимеров  
вспененные 3/901–905  
деактивация 2/16  
крашение 2/1001, 302, 440, 1002,  
1228, 1254, 1278; 3/131, 471, 537,  
676, 1009, 1013, 1138  
наполнители 2/48, 156, 606; 3/327,  
745, 1119; 4/604  
отбеливание 3/837  
отходы 3/864  
пексовые 3/895  
получение, см. Полимерные матери-  
алы, переработка  
применение 1/860; 3/1121, 1122  
радиопрозрачные 4/333  
с токопроводящим покрытием  
2/1131  
свойства 1/1175–1177; 3/144, 145,  
1121, 1122. См. также отдельные  
свойства материалов  
сушка 4/959, 965  
сцинтилляционные 4/329  
термопластичные, см. Термопла-  
сты  
термоактивные, см. Реактопла-  
сты
- Пластичность материалов 2/304, 338,  
704; 3/144, 1116, 1118; 4/486, 583,  
808, 994. См. также Ребиндера эф-  
фект
- Пластичные смазки 3/1122, 144, 378,  
445, 466, 884, 1123–1127, 1168;  
1/865; 2/1011; 4/876, 1007  
антифрикционные, см. Антифрик-  
ционные смазки  
как вязкие жидкости 4/486  
канатные 2/601; 3/1125–1127  
консервационные 2/900, 901;  
3/1125–1127  
космические 2/961; 3/1125, 1126  
молотые 3/303  
ультрамягкие 5/68, 67, 69  
электрореологические 4/491
- Пластмассы, см. Пластики, Пластиче-  
ские массы
- Пластобетон 3/1264, 1265  
Пластодур 5/144  
Пластометрия 1/729  
Пластохион 5/345, 346  
Пластохионин 5/346
- Платина 3/1127, 871, 955, 956, 958;  
4/431; 5/937. См. также Благород-  
ные металлы, Платиновые металлы  
амальгамы 1/223  
галогениды 1/527, 963; 2/137, 1038;  
3/120, 1043, 1044, 1128, 1129;  
4/813, 814, 914; 5/391  
гидроксиды 3/1128  
губчатая 3/1129, 1133  
интерметаллиды 1/384; 2/480, 481,  
485; 3/165, 753, 871, 1128, 1132;  
4/99  
кислоты, см. Платиногалогеноводо-  
родные кислоты  
минералы 2/261, 262, 535; 3/871,  
873, 1126, 1128, 1132; 4/532, 562,  
1081  
оксиды 1/241; 2/752; 3/1128; 4/867  
определение 2/84, 177, 709; 3/1133,  
1134; 4/184, 530, 531, 555, 1147;  
5/957  
получение 1/885, 1104; 2/84, 348,  
573; 3/134, 412, 873, 1129, 1133,

- 1193; 4/139, 533, 560, 561, 565; 5/222, 333, 651, 833, 926
- применение 2/950, 1242; 3/71, 403, 1129, 1130; 4/628, 820, 953, 1079-1081, 1098, 1202; 5/333, 365, 553, 735, 739, 839, 844, 901, 909, 915, 917, 920, 941. См. также *Пластицирование*
- свойства 1/1015, 1055-1057, 1082; 2/157, 183, 282, 536, 615, 664, 666, 684, 734, 751, 767, 851, 863, 920, 924; 3/74, 99, 281, 324, 325, 346, 347, 372, 387, 515, 532, 538, 568, 661, 667, 668, 670-672, 675, 676, 727, 872, 913, 950, 959, 1045, 1079, 1093, 1128, 1129, 1132-1134; 4/257, 274, 467, 482, 693, 804, 805, 813, 867, 1055, 1056, 1101, 1106, 1126; 5/13, 45, 49, 68, 115, 127, 264, 332, 361, 710, 722, 731
- соединения диоксигенные 2/136, 137, 769; 3/971
- комплексные 2/926-928, 930, 934, 1170; 3/975, 1129, 1130; 4/97
- органические 3/1130, 78, 735-737, 1036, 1129, 1131; 1/432-434, 543, 1094; 2/97, 98, 374, 642, 651, 873, 926-928, 930, 932; 4/555; 5/276, 384
- сплавы 1/618; 2/1243; 3/873, 1129, 1130, 1134; 4/534, 565, 809
- сульфаты 3/1129
- халькогениды 3/1128, 1129, 1132
- цианид 5/703
- чернь 1/428, 1083; 2/766; 3/134, 323, 1128-1130
- Платинирование 1/974, 976, 977; 3/1129
- Платиновые металлы 3/1131. См. также *Благородные металлы, Платина*
- определение 2/187, 1224; 3/62, 703, 1133, 1134; 4/184, 530, 531
- получение 1/1104; 2/184; 3/4, 1133; 5/651
- применение 3/1134
- свойства 1/1015; 2/97, 98, 334, 535, 536, 1219; 3/97, 823-826, 871-876, 956-958, 1132, 1133; 4/431, 531-536, 562-565; 5/703
- Платиногалогеноводородные кислоты 1/974, 1108; 2/676, 1018; 3/722, 801, 1081, 1129; 5/523
- Платиноиды, см. *Платиновые металлы*
- Платифиллин 3/1082, 1083; 5/591
- Плато принцип 3/1174
- Платформинг 2/684; 3/1061
- Плаун-баранц, экстракт 1/147
- Плацентарный лактоген 3/1134, 1135; 1/1172; 4/189, 758
- Плексиглас 3/774; 4/22
- Плекситум 4/22
- Пленки
- адсорбционные 2/322
- диэлектрические 2/209
- жидкостные, см. *Пленочные аппараты*
- клеевые 2/225, 799, 801, 803, 804, 807-809
- магнитные 2/1242, 1243
- образование, см. *Пленкообразование*
- оксидные 1/907, 908, 1050; 2/950; 3/85; 5/913. См. также *Окалины*
- покрытые окрашенные для кожи 2/996
- полимерные 3/1135, 712, 719, 1102, 1103, 1136-1139, 1215, 1218-1220, 1222, 1224, 1228, 1234; 1/713, 716; 2/286, 601, 989, 1150; 4/1, 27, 40, 41, 44, 82, 85; 5/663, 666
- анизотропные 1/859
- биодеградация 2/989
- бумификация 1/623; 3/1138
- влагопроницаемость 1/757
- волнистости, см. *Фибрилы*
- дезактивирующие 2/16
- для нетканых материалов 3/437
- дублирование металлов, см. *Металлопласты*
- как мембраны 3/43, 54-56
- как подложки для липких лент 2/1192
- как пьезоэлектрики 4/285
- крашение, см. *Крашение пластмасс*
- матовые 3/1138
- металлизация, см. *Металлизация полимеров*
- моноэлектретные 5/836
- итти, см. *Фибрилы*
- оптические 3/776
- ориентация макромолекул 3/808
- пищевые 2/92
- стабилизация 5/268
- термоусадочные 3/1135, 1136, 1138
- формование 4/10, 11
- целлофановые, см. *Целлофан*
- полифосфатные 5/291
- полупроницаемые 3/53, 54
- сервоитные 3/85
- тонкие 4/1206, 1207; 2/818, 858, 859, 1299
- фазовые, см. *Дисперсные системы*
- фотохромные 3/132
- черные 5/776; 2/861; 4/1207
- электропроводящие 2/453
- эпитаксиальные, см. *Эпитаксия*
- Пленкообразователи 3/1139, 54, 159, 445, 991, 1140, 1196, 1197, 1235; 1/340, 562, 773, 774, 788-790, 1207, 1208; 2/559, 799, 818, 982, 996, 1014, 1015, 1129-1132, 1296; 4/26, 29, 40, 51, 142, 143, 359, 669, 670, 673, 738, 739, 742; 5/134, 340, 786, 787
- Пленкообразующие вещества 3/1139, 1140
- Пленочные аппараты (приборы) 3/1140, 1141-1144; 2/1274, 1306, 1307; 4/461, 1049; 5/448
- абсорберы 4/755
- весы Лейгюра 3/260
- выпарные 1/849, 850
- градирни 1/1183
- дистилляционные 2/161
- мембранные 2/521, 522; 3/43-46
- насадочные 3/335-339
- роторные 4/542; 3/1141, 1143, 1144
- гарельчатые 4/989, 990
- Пленочные процессы
- кнпение 2/760-762
- конденсация 2/890-892
- кристаллизация 2/1041
- флотация 5/207
- Плеонаст 5/788
- Плетение заготовок пластмасс 4/13
- Пликтран 1/108
- Плиты(ки)
- асбесто-смоляные (цементные) 2/1101; 3/467
- древесные 2/227, 228, 229, 1166; 3/646; 5/138
- поливинилхлоридные 3/862; 5/113, 114
- Плифеат 2/469
- Пломбирочные материалы 3/1196
- Плоскопараллельная насадка 3/338, 339
- Плоскослойная хроматография 5/621, 622
- Плоскости
- Гельмогльца 2/3, 4
- скольжения дислокаций 2/51, 52, 55
- Плоскостная хроматография 3/817, 818
- Плотная упаковка 3/1144, 74-76, 97, 226, 227, 1145; 2/480-482, 510, 832, 1054, 1063, 1064, 1069; 4/137
- Плотномеры 3/1145, 1146-1151; 1/887, 888; 2/291
- Плотность 1/914; 2/44, 45, 55; 3/1145, 1146; 5/175
- газов, см. *Газы*
- древесины 2/224
- жидкостей, см. *Жидкости*
- жиров 2/304
- и давление 1/1215; 3/1145; 4/663
- и механические свойства 3/145
- и молярная рефракция 4/515
- и температура 3/1145
- и теория подобия 3/1183-1185
- и уравнение Клапейрона-Клаузиуса 2/788
- Клапейрона-Менделеева 3/1146
- измерение, см. *Плотномеры*
- истинная 3/1145; 4/131
- как параметр порядка 2/1072; 5/103
- кажущаяся 3/1145; 4/131
- критическая 2/1074; 3/335
- матрица 2/719; 3/205
- минералов 3/167
- насыпная 3/1145
- нефть и нефтепродуктов 3/446, 453, 455, 458, 462
- объемная 4/138
- оптическая 1/915; 2/148; 3/167; 5/315-317, 321, 322, 334, 335, 540
- относительная 3/1145, 1146; 4/663
- потоков излучений, массы, импульса и энергии 2/188-190, 195-197, 499, 762, 763; 3/946-948; 4/1030; 5/30, 31
- разделения минерального сырья 3/631-634
- рефракционная 3/1145
- серной и соляной кислот 4/643, 754
- средняя 3/1146
- твердых растворов 4/1006
- тока коррозии 2/954
- обмена 4/1193
- при сверхпроводимости 4/583, 584
- электролиза 5/637, 638
- электронная, см. *Электронная плотность*
- ядерного вещества 5/1031, 1032
- Плутеран 2/458
- Плунжерные устройства
- насосы 3/342-344
- питатели 3/1083, 1084
- Плуракол П 4/31
- Плутоний 3/1151; 2/769; 4/1241
- галогениды 3/1152-1155; 5/391
- гидриды 3/1152, 1155
- гидроксид 3/1152
- карбиды 3/1155; 2/624
- нитрид 3/1155, 1156
- оксиды 3/1152-1155
- определение 3/403, 1044; 4/1221
- органические соединения 1/169; 3/1152; 5/276
- получение 1/1104; 2/214, 564; 3/425, 1154, 1155; 5/76, 166, 256, 833
- применение 1/133; 3/1155; 5/160, 802
- свойства 1/131, 132; 2/43, 1112; 3/97, 403, 957, 959, 962, 1152-1154; 4/319, 331, 332; 5/1018-1020, 1030, 1031
- силениды 3/1153, 1154
- сплавы 5/80, 81
- сульфид 3/1153, 1154
- халькогениды 3/1153, 1154; 4/618
- «Плюмб» 3/575
- Плюмбаты 4/591, 592, 600
- Плюмбикон 3/434
- Плюмбильмины 4/596
- Плюмбильны 2/622
- Плюмбиты 4/591, 592
- Плюмбогерманит 1/1036
- Плюмбопироксолы 3/1077
- Плюроники 3/1165; 4/189
- Плюсование 2/1095
- Пневматическая химия 5/508
- Пневматические устройства
- весы 1/685
- газоанализаторы 1/887, 888, 914, 915
- для текстурирования нитей 4/1015-1017
- и костюмы 2/324
- классификаторы 4/628, 629
- машины отсадочные 3/631
- флотационные 3/901; 5/209
- формовочные для пластмасс 4/9, 10
- мельницы 2/356, 357
- мешалки 3/943
- насосы 3/339
- распылители 1/906, 907; 2/1131; 4/348, 349
- сепараторы 3/631
- системы автоматического регулирования 1/23
- сушилки 4/961, 962
- транспортные, см. *Пневмо- и гидро-транспорт*
- Пневмо- и гидротранспорт 3/1156, 144, 1157-1159; 1/1105; 2/682, 683, 881; 4/487; 5/172
- Пневый осмол 2/1165; 3/826
- Поваренная соль 3/161, 304, 369, 412, 863. См. также *Натрий, хлорид*
- Поваренных правило 4/1004
- Повелит 1/1057; 3/241, 242
- Поверхностная активность 3/1159, 1160-1164, 1171
- Поверхностная концентрация 2/915
- Поверхностная энергия 3/1161, 317, 318, 1162, 1172, 1173; 2/318; 4/344; 5/98, 465
- Поверхностно-активные вещества 3/1162, 117, 346, 740, 1160, 1161, 1163-1170; 1/1110, 1111; 2/146, 858-861; 5/268, 276, 786. См. также индивидуальные представители и их группы
- адсорбция 3/888, 1160-1163, 1170, 1171
- и активность, см. *Поверхностная активность*
- и межфазное натяжение, см. *Поверхностное натяжение*
- и энергия, см. *Поверхностная энергия*
- из разбавленных растворов, см. *Мономолекулярный слой*
- амфотерные, см. *Амфотерные соединения*
- биоразложение 3/1169, 1170
- бислой как черные пленки 4/1207
- гидрофильно-липофильный баланс 3/1162, 1163, 1165. См. также *Гидрофильность, Гидрофобные взаимодействия*
- дифильные, см. *Дифильные соединения*
- «жесткие» и «мягкие» 3/1169
- и вибрационные процессы 1/707
- и измельчение 2/358
- и обезвоживание нефти 3/608, 610
- и смачивание 4/730
- и электроосаждение 1/974
- моноактивные, см. *Ионные соединения*
- ион-парные 2/295
- истинно-растворные 3/1162, 1163
- как антистатик 1/339, 340
- как дезинфицирующие средства 2/18



- как диспергаторы 1/845; 3/1162, 1163  
 как маскрыватели 2/1294  
 как модификаторы 2/319  
 как пенообразователи 3/898, 921  
 как пластификаторы 3/1117, 1118  
 как полиэлектролиты 3/1169  
 как пятновыводители 4/285  
 как средства огнетушения 3/648  
 как стабилизаторы 2/155, 818, 1149, 1150; 3/53  
 как фторореагенты 5/207, 208  
 как эмульгаторы 5/949  
 ко(со) 3/162  
 коллоидные 3/1162, 1163  
 кремнийорганические 3/1163, 1166  
 лиофильность и лиофобность 2/1182, 1183. См. также *Эмульсии мицеллообразующие*, см. *Мицеллообразование*, *Мицеллы*  
 моющее действие 3/283, 184, 185, 284, 285, 301. См. также *Моющие средства*, *Мыла*, *Синтетические моющие средства*  
 неиноактивные, см. *Неиногенные поверхностно-активные вещества*  
 немилцеллообразующие 3/162, 163, 185  
 оксидтирированные, см. *Оксидтирированные соединения*  
 олигомерные 3/744  
 определение 2/1216; 5/819  
 перфторированные 3/648, 980, 981, 1163, 1164  
 полимерные 2/817, 818, 1267; 3/1163, 1167; 5/951  
 применение 3/1167–1169  
 структурно-механический барьер 2/817, 1183  
 текстильно-вспомогательные 4/1012, 1013  
 технологические, см. *Пластичные смазки*  
 фторированные 5/393, 394, 395  
 цвиттер-ионные 3/1166, 1167  
 шликерные 2/735
- Поверхностное натяжение 3/1170, 1171, 1172; 2/146, 153, 154  
 в критическом состоянии 2/1074  
 и адгезия 2/1182  
 и адсорбция 3/301, 302, 1159–1163, 1173  
 и закон соответственных состояний 4/763  
 и импедансный метод 2/429  
 и капиллярные явления 2/611–613  
 и когезия 2/1182  
 и лиофильность (лиофобность) 2/1181–1183  
 н мономолекулярный слой 3/260  
 и моющее действие 3/283  
 и пенообразователи 3/648  
 и поверхностная активность 3/1159–1163  
 – энергия 3/1161  
 и теория подобия 3/1183, 1185  
 и химический потенциал 5/500  
 и электродные потенциалы 2/3  
 и электрокапиллярные явления 5/844, 845  
 растворов 2/859  
 регулирование, см. *Поверхностно-активные вещества*  
 эффект Марангони 2/1305
- Поверхностные явления 3/1172, 1174; 2/146, 156; 5/177, 178, 466  
 адгезионные, см. *Адгезия*  
 адсорбционные, см. *Адсорбция*, *Поверхностно-активные вещества*, *Поверхностное натяжение*  
 диффузия 1/60; 2/198  
 для однородных тел, см. *Когезия*  
 и межфазные скачки потенциала 3/22, 23, 24, 47, 48, 431, 667, 1173; 2/521. См. также *Электроповерхностные явления*  
 и моющее действие 3/283  
 и равновесная граница кристаллов 3/1172, 1173  
 и расклинивающее давление 4/345  
 и слой двойной, см. *Двойной электрический слой*  
 – мономолекулярный 3/260, 261  
 изотермическая перегонка 2/153, 155, 816; 3/217, 829, 1172  
 ионизация 2/1312; 4/152  
 капиллярные, см. *Капиллярные явления*  
 кипение 2/760–762  
 коагуляция, см. *Коагуляция*  
 коалесценция 2/818, 153, 155, 156, 816, 860, 1183; 1/789; 3/163, 903, 1172  
 молекулярная динамика 2/859  
 пептизация 1/1001; 2/339, 816, 1183; 3/283, 1173; 4/886  
 при деформировании и разрушении 3/1173. См. также *Механохимия*, *Рейбиндера эффект*, *Физико-химическая механика*  
 самопроизвольные 3/1172, 1173  
 смазывание, см. *Смазывание*  
 спекание, см. *Спекание*  
 уравнение Гиббса, см. *Зарождение новой фазы*  
 химия, см. *Коллоидная химия*  
 электрокапиллярные, см. *Электрокапиллярные явления*  
 электрокинетические, см. *Электрокинетические явления*
- Поверхность(и)  
 ликвидуса и солидуса 2/63, 64  
 потенциальной энергии 3/1174, 142, 206, 223, 467, 468, 1175–1178; 1/45, 121–125; 2/124, 125, 723, 755, 855, 906–909, 911, 916–918; 4/120, 159, 160, 407–409, 419, 421–423, 688–691, 693, 749, 872; 5/26–28, 351, 353, 464, 476, 868, 952, 1056, 1057  
 твердых тел, анализ (диагностика) 2/507, 508, 511, 512, 1212, 1213; 3/239, 240, 654, 655; 5/869–874, 877–880  
 – действующие, закон 2/688, 689  
 – испарение жидкости, формы 2/762  
 – концентрация веществ 2/915  
 – кривизна и давление паров 3/1174  
 – легирование 3/1154  
 – нанесение покрытий, см. *Гальванотехника*, *Лакокрасочные покрытия*, *Напыление вакуумное*  
 – неоднородные 2/50, 52, 53, 691; 3/1173. См. также *Дефекты в кристаллах*  
 – обновление, теория 2/1303  
 – однородные 2/689–693. См. также *Когезия*  
 – подготовка, см. *Полирование*, *Травление*, *Химико-термическая обработка*  
 – потенциал нулевого заряда 4/153, 154; 3/2, 3, 408, 429; 5/106, 839, 922  
 – структурно-механический барьер 2/817, 1183  
 – Ферми 2/77; 4/995  
 – физическая химия, см. *Поверхностные явления*  
 – экви- и неэквипотенциальные, см. *Коррозия металлов*  
 фазовые атомных орбиталей 3/779, 780  
 хиральная 5/538
- Повиацид 3/1236  
 Повиден 1/716  
 Поворотная изомерия 2/369. См. также *Внутреннее вращение молекул*  
 Погасание смесей, см. *Горение*  
 Поглостители  
 влаги 1/787; 2/322, 1209  
 для очистки газов 2/255; 5/619  
 запахов 2/19  
 ионизирующих излучений 2/244, 503; 4/685  
 масла 2/592–596, 845, 846; 4/1115  
 Поглощенные дозы ионизирующих излучений 2/216, 219–221, 499, 503  
 Погонажно-профильные материалы 3/1234  
 Погрешность анализа (измерений) 1/685, 686, 699–701; 3/136–139, 639–644; 4/179, 181–183  
 Подбильяка экстракторы 5/832  
 Подвижность  
 ионов 5/863–867, 899–901, 923  
 носителей заряда 4/103, 112; 5/863–867  
 частиц в конденсированных средах 2/198, 199  
 Подвигание, режим 3/336, 337  
 Подвсплывание и частично вспененные пластмассы 3/904, 905  
 Подвулканизация 1/844, 846, 847; 2/187, 631; 3/1116  
 Подсолонные камни 3/1193  
 Подземные воды и рассолы 1/768, 772, 773; 2/1201, 1246; 3/1193  
 Подземные процессы  
 выщелачивание 1/868, 869, 1021; 2/1246; 3/7, 369, 416  
 газификация твердых топлив 1/881, 882, 883; 2/597  
 гидротермальные 1/1109  
 коррозия 3/1179, 1180; 2/322, 956  
 Подзол 2/348  
 Подкраски/подкрасочные средства 1/657; 3/282, 284  
 Подложки 5/765  
 в планарной технологии 3/1103–1106  
 для лакокрасочных покрытий 2/1129–1132  
 для липких лент 2/1192  
 для радиопоглощающих материалов 4/332  
 для репрографин 4/502, 503  
 для фотобумаг 1/624, 625; 5/315, 317, 318, 323  
 для химического газоосаждения 5/503  
 для эпитаксиальных пленок 1/875; 2/318; 4/112, 116, 117; 5/958  
 и пленкообразователи, адгезия 3/1139, 1140  
 из германиевых гранатов 1/1035  
 Подмыльный шелок 3/303  
 Подобия теория 3/1180, 193, 947, 1181–1186; 1/1105; 2/543, 1257, 1301; 4/351  
 Подрешетный продукт, см. *Грочение*  
 Подсинивающие средства 1/657; 3/284, 1011; 5/62  
 Подсластители 1/395; 3/1090; 5/119, 121  
 Подсмольная вода 3/1054, 1055; 4/100, 101  
 Подсолонное масло 3/1186, 302, 395, 730, 750; 1/749, 1085; 4/377–381, 383, 478, 573, 743  
 Подсочка 2/1165  
 Пожарного уравнения 4/182  
 Пожарная опасность 3/1186, 865, 1187–1191. См. также *Пожары*  
 и взрывоопасность 1/703–705; 3/1187–1191  
 и воспламенение 1/830–832; 3/1187  
 и горение 1/1164, 1171  
 и горючесть 1/1175–1177; 2/103, 562, 706, 708, 838  
 и огнезащита 3/646, 1187  
 и огнестойкость конструкций 3/646, 647, 1187  
 и самовозгорание 3/1187; 4/571–573
- Пожары 3/1086  
 защита 3/1190, 1191  
 опасные факторы, см. *Пожарная опасность*  
 пределы распространения огня 3/646, 647  
 профилактика 3/1187–1189  
 сигнализаторы загорания 4/666, 667, 1080; 3/1190  
 стандартные 3/646, 647  
 тушение 3/648, 649, 922, 1190, 1191; 4/666
- Позитивный процесс 5/324, 325, 452–456  
 Позитроний 1/787; 3/31, 32; 5/475, 931, 1016  
 Позитроны 1/787; 2/216, 500, 501, 503; 3/31; 4/244, 315, 316; 5/929, 930, 932, 1016
- Показатель(и)  
 десорбируемости 2/691, 692  
 критические 2/1073  
 неоднородности поверхности 2/692  
 преломления 2/292, 301, 421; 4/513–516  
 титрования 2/447  
 Покан 3/1220–1222  
 Покрывное крашение 2/996, 997
- Покрытия  
 антикоррозионные, см. *Коррозионностойкие материалы*  
 антипригарные 3/894  
 антифрикционные 2/961; 5/760, 896  
 горячие 2/950  
 декоративные, см. *Декоративные материалы*  
 дорожные 2/16, 594, 595, 1175  
 защитные, см. *Защитные покрытия*  
 ионочувствительные 4/628  
 искусственные травяные 5/167  
 лакокрасочные, см. *Лакокрасочные покрытия*  
 металлические 1/973–977; 2/949, 950; 3/71, 72, 86, 87, 243, 246; 5/926  
 огнезащитные 3/646, 647  
 оптические 3/776, 777; 5/503  
 органосиликатные 3/806  
 порошковые 4/142–144  
 расправносолевые 5/926  
 рельефные, см. *Фотолитография*, *Фоторезисты*  
 светоотражающие 2/1129  
 светящиеся 2/1129  
 твердые смазочные 2/961; 4/728, 1007  
 термомидикаторные 2/1289  
 эмалевые, см. *Эмали*
- Поляни модель, см. *Поляни модель*
- Поле(я)  
 адсорбционное силовое 1/53  
 ионизирующих излучений 2/499  
 квазиэнергетические состояния 2/728  
 квантовое 2/721  
 кристаллическое, теория 2/1057, 722, 920, 1058, 1059, 1232; 1/856, 1055; 3/236; 4/120–122; 5/463, 790, 888  
 лигандов, теория 4/121, 120, 122, 257; 2/722, 920, 1057–1059, 1222; 3/236, 949; 5/463  
 нулевое, расщепление 4/797, 798  
 орошения 3/861

- самосогласованное, метод 4/575, 576; 2/722; 3/233–236, 391, 893; 5/875  
сравнения фотометрические света 5/652
- Полевые методы**  
десорбция 2/1311  
ионизация 2/1311; 5/629  
сенсорные 4/628
- Полевые шпаты** 3/1191, 633, 724, 838, 1192, 1193; 1/221, 1018, 1035; 2/559, 1064; 4/674, 678, 680, 681, 972, 1006; 5/112–114, 205
- Полезные ископаемые** 3/1193, 1194; 1/1021; 4/560; 5/469, 470. См. также отдельные химические элементы гидроминеральные, см. *Минеральные воды, Подземные воды*  
горючие, см. *Каустобиолиты*  
кондиция 3/1194  
металлические, см. *Руды*  
нематаллические, см. 3/405, 406, 1193, 1194; 4/559, 561  
обогащение, см. *Обогащение полезных ископаемых, Флотация*  
орелоы рассеяния 1/1016, 1019, 1021  
поиск, геохимические методы 1/1016, 1017, 1019, 1021, 1022
- Поленске число** 5/551
- Полестрон** 3/1226
- Полужесткие материалы** 3/144, 1161; 4/489
- Полиадамантилакрилаты** 1/35
- Полиадеозиндифосфаттрибозилирование** 3/200
- Полиазетропия** 1/65
- Полиазокрасители** 1/81–83, 91
- Полиакриламид(ы)** 3/1194, 159, 588, 637, 719, 859, 1089, 1168, 1195, 1205, 1269; 1/109, 114, 768, 1002; 4/191, 293, 502, 1012; 5/41, 149, 203, 204
- Полиакрилаты** 3/1195, 106, 114, 390, 1139, 1140, 1192, 1196, 1263, 1267; 1/640, 1148; 2/92, 233, 834; 4/20, 35, 661; 5/402, 535, 581, 949, 977. См. также *Акрилаты*
- Полиакриловая кислота** 3/1196, 1169, 1195, 1230; 1/116, 117; 4/1012
- Полиакриловые клеи** 2/807; 3/70; 4/716
- Полиакриловые лаки** 3/1196, 1197; 4/21, 22
- Полиакрилонитрил** 3/1197, 202, 515, 1169, 1198, 1199; 1/117, 652; 2/120; 4/168, 169, 200, 204, 507, 926, 1082; 5/40, 204, 447, 817
- Полиакрилонитрильные волокна** 3/1198, 106, 192, 366, 435, 516, 803, 804, 809, 833, 1199, 1200; 1/118, 802–805, 807, 903; 2/1166; 4/1082, 1083; 5/22, 47, 48, 157, 233–236, 447  
крашение 2/149, 151, 699–701, 977, 991–993; 3/131, 676  
набивка 3/997  
отбеливание 3/836, 837  
формование 2/993
- Полиакролен** 1/119
- Поли-β-аланин** 1/114
- Полиакриленды** 3/104
- Полиалкилбензолы** 2/380
- Полиалкилвинилены** 3/1225
- Полиалкилен-4-амино-1,2,4-триазолы** 4/48
- Полиалкиленамины** 3/741
- Полиалкиленгликоли** 3/277, 717, 718; 4/698
- Полиалкиленгликольмаленнаты и полиалкиленгликольфумараты** 3/1200, 742, 839, 1201; 2/212, 1274; 4/92, 95
- Полиалкиленкетоны** 5/341
- Полиалкиленоксиды** 4/93, 94
- Полиалкиленсульфоны** 4/43, 44
- Полиалкилирование** 1/159; 3/727
- Поли-*n*-алкилметакрилаты** 4/20, 21
- Полиалкилсилоксаны** 1/286
- Полиалкилстиролы** 1/286
- Полиалкилфенилсилоксаны** 5/128
- Полиалкилфенолы** 5/141
- Полиалкоксиалканы** 5/208
- Полиалкоксисилоксаны** 1/171
- Полиалкоксифосфазены** 5/933
- Полиаллиламины** 3/1212
- Полиаллиловый спирт** 5/306
- Полиалломеры** 4/766
- Полиальгинаты** 5/204
- Полиальдегиды** 4/37
- Полиалюминаты** 3/351
- Полиалюмоорганиосилоксаны** 2/1014, 1017; 5/934
- Полиалюмоорганиофосфинаты** 5/934
- Полиамидамины** 3/1211; 4/86
- Полиамидирование** 3/1207, 1240, 1260
- Полиамидные волокна** 3/1201, 145, 262, 435, 436, 516, 803, 804, 809, 1202–1205, 1239, 1251; 1/334, 802–806; 2/100, 325, 397, 615, 616, 1091, 1140; 4/58, 64, 1013–1016; 5/144, 232–234, 726. См. также *Капрон, Нейлон*  
бумажная 1/623  
крашение 1/127; 2/149, 151, 152, 700, 775, 991–994, 1097; 3/131, 543; 4/255; 5/221  
модифицирование 2/700  
набивка 3/997, 998  
отбеливание 3/836, 837  
формование 2/994  
шлихтование 3/70
- Полиамидобензимидазолы** 4/1082–1084
- Полиамидоимиды** 3/1136, 1139, 1210, 1246; 4/1082–1084
- Полиамидокислоты** 2/807; 3/202, 1136, 1245, 1246, 1248, 1258, 1261; 4/71; 5/238
- Полиамидоксисмы** 3/1218
- Полиамидопиромеллитинид** 4/1082
- Полиамидоуретаны** 4/52
- Полиамидоэфирсы** 2/379
- Полиамиды** 3/1205  
алифатические 1/788; 2/648, 1215; 3/1201–1210, 1260; 4/58, 64  
ароматические 1/252, 387; 2/653; 3/1202, 1205, 1209, 1210. См. также *Поли-*n*-бензамид, Полигидроксамиды*  
– феиллендиаминовые, см. *Поли-*m*-фениленизофталамид, Поли-*p*-фенилентерефталамид*  
волокна, см. *Полиамидные волокна*  
кардовые 2/653  
клеи 2/808  
краски 4/142, 144  
крашение 4/18, 19  
металлонаполненные 3/86, 87  
пленки 3/437, 1136–1139  
получение 1/46, 64; 2/82, 83, 215, 615, 673; 3/21, 117, 347, 1207–1210; 4/71, 165, 525; 5/123, 124, 142, 381, 566. См. также *Полиамидирование*  
применение 2/868; 3/1120, 1210; 5/835, 961, 962  
свойства 1/270, 334, 502, 757, 859, 943, 956; 2/212, 808, 834; 3/159, 803, 902, 1029, 1067, 1120, 1136–1139, 1220, 1255, 1259, 1261; 4/195, 449, 589, 723, 805, 816, 833, 1013, 1056, 1075, 1082–1085; 5/41, 137, 288, 306, 447, 817, 964  
стеклопластики 4/844–846  
угольной кислоты, см. *Полимоочевы*  
цены  
6, см. *Поли-ε-капроамид*  
6,6, см. *Полигексаметиленди(тип-амид)*
- 6,10, см. *Полигексаметиленсебацци-амид*  
12, см. *Полидодекаамид*
- Полиаминиаминокислоты** 3/1213, 1214
- Полиаминиоимидазолины** 5/962
- Полиаминиоимиды** 3/1213
- Полиаминиокислоты** 3/1211
- Полиаминиополиэфирсы** 5/975
- Полиаминоспирты** 3/1211
- Полиамины** 3/1210, 838, 1211, 1212; 1/265, 269, 641; 2/81, 286, 549, 986, 1078; 4/520, 969, 1264; 5/960, 962, 964
- Полиамфолиты** 1/289; 2/408, 504; 4/77, 78; 5/204
- Полиангидридазация** 3/1212
- Полиангидриды** 3/1212; 1/299
- Полианионы** 5/38
- Полиантн** 2/1291
- Полиантимонаты** 4/943
- Полиарены** 5/59
- Полиарилаты** 3/1212, 21, 1120, 1136, 1213, 1259, 1261; 1/994; 2/95, 397, 653, 834; 4/95, 816, 1056, 1084; 5/142. См. также *Поликарбонаты*
- Полиарилвинилены** 3/1225
- Полиарилен-4-амино-1,2,4-триазолы** 4/48
- Полиариленоксиды** 4/93, 94
- Полиариленсульфоноксиды** 3/1213
- Полиариленсульфоны** 2/95; 4/43, 44, 94; 5/142
- Полиарилен-1,2,4-триазолы** 4/47, 48
- Полиарилен-4-фенил-1,2,4-триазолы** 4/47, 48
- Полиарилрование** 4/61
- Поли(арилбен-*бис*-бензимидазолы)** 3/1213, 377, 1214, 1215, 1240; 2/1166; 4/70, 1084
- Полиарсены** 2/923
- Полиарсенатфлен** 1/419, 420
- Полиацеталы** 1/343; 3/1120; 4/93, 94, 844, 1085
- Поли(α-ацетамидо)амины** 3/1217, 1218
- Полиацетилен(ы)** 3/1215, 79, 100, 350, 1215, 1216, 1224, 1225, 1238, 1243, 1261; 2/550; 4/503, 851, 852; 5/713, 876. См. также *Полицикланы*
- Полибазит** 4/637
- Поли-*n*-бензамид** 3/1216, 1209, 1217
- Полибензилпиридинийхлориды** 2/693, 694
- Полибензилхлориды** 2/694
- Поли-*бис*-бензимидазолафенантролиндионы** 3/1213–1215
- Полибензимидазолы** 3/1217, 1214, 1218, 1240; 4/70, 1082–1084
- Полибензимидазолапирролоны** 3/1213–1215
- Полибензоилбензимидазолы** 3/1213–1215
- Поли(бензоилбен-*бис*-бензимидазолы)** 3/1213–1215
- Полибензоксазолы** 3/1218, 1210, 1219, 1240; 2/653; 4/70, 1082, 1084
- Полибензотиазолины** 3/1219
- Полибензотиазолы** 3/1219, 1210, 1218; 4/1082
- Полибораты** 1/581
- Полиборные кислоты** 1/580, 586
- Полибуре** 1/322, 330
- Полибромиды** 3/1237, 1238
- Полибутандиен(ы)** 1/310, 631–635, 845, 859; 2/666, 705, 922; 3/104, 342, 445, 732; 4/842, 849–852; 5/817
- Полибутандиенолы** 1/1045
- Полибутен** 3/1219, 1220; 1/639, 640; 4/28
- Поли-1-бутен** 3/1219, 1220; 4/850–852
- Полибутиакрилаты** 1/641; 3/1196
- Полибутиенадипинат** 5/86
- Полибутилентерефтат** 3/1220, 1221, 1222; 4/91, 95, 1087
- Полибутилметакрилаты** 1/648
- Полив, метод формования** 4/10, 11
- Поливанадаты** 1/670–672
- Поливанадиевые кислоты** 1/670
- Поли-*N*-винил-γ-аминоамазная кислота** 3/1229
- Поливинилакилсульфонаты** 3/1228
- Поли-*N*-виниламиды** 5/951
- Поливинилацеталы** 4/78; 5/204
- Поливинилацетаты** 3/1222, 1119, 1223, 1228, 1231; 1/1207; 2/803, 808; 4/93, 94, 449  
на основе масляного альдегида, см. *Поливинилбутираль*  
– формальдегида, см. *Поливинилформаль*
- Поливинилацетат** 3/1223, 107, 159, 436, 671, 1222, 1224, 1227, 1228, 1232, 1263, 1265, 1267; 1/623, 713, 717, 788, 790, 860; 2/420, 199, 799, 806, 1129, 1150; 4/162, 444, 507, 508, 732; 5/137, 660, 951  
клеи 2/808  
краски 1/788, 790  
латексы 2/837; 3/284  
эмульсии 2/232, 328
- Поливинилбутиловый эфир** 1/454; 2/310; 3/1227
- Поливинилбутираль** 3/1223, 991, 1222, 1224; 1/831; 2/92, 804, 808, 1014, 1298; 4/142, 508; 5/964
- Поливинилбутиральфурфураль** 2/804
- Поливинилгексаамоат** 3/1227
- Поливинил-2-гидроксиметиловый эфир** 3/1226
- Поливинилены** 3/1224, 79, 1215, 1225, 1243; 5/713. См. также *Полиацетилены*
- Поливинилиденовые волокна** 5/389
- Поливинилиденфторид** 1/714; 2/522; 3/1243; 4/285, 607; 5/389, 395, 402–404
- Поливинилиденхлорид** 1/130, 715; 3/1136–1139, 1243; 4/508; 5/22, 835
- Поливинилизобутиловый эфир** 2/699
- Поли-*N*-винилкарбазол** 3/1226; 2/619; 4/502, 503
- Поливинилкеталь** 3/1223
- Поливинилсилиол** 2/1228
- Поливинилметиловый эфир** 2/1151; 3/1226, 1227
- Поливинилацеталы** 4/850
- Поливинилнитрат** 3/1228
- Поливиниловые эфиры** 3/1226, 1227, 1228; 1/454, 717; 2/310, 699, 1151
- Поливиниловый спирт** 3/1228, 159, 202, 436, 911, 1169, 1223, 1224, 1227, 1230, 1232, 1233, 1243, 1264; 1/318, 502, 718, 757, 788, 860, 1002; 2/40, 799, 808, 818, 1078; 4/21, 247, 397, 444, 507, 508, 597, 1012, 1013; 5/41, 128, 134, 204, 333, 341, 389, 447, 949, 950  
волокна, см. *Поливинилспиртовые волокна*  
пленки 3/86, 1228
- Поливинилпиридины** 3/1228, 1212, 1229, 1263; 1/721; 4/77, 505; 5/204
- Поли-*N*-винилпирролоны** 3/1229, 993, 1089, 1230; 1/722; 2/550, 1078, 1140; 5/951
- Поливинилпропионат** 4/207
- Поливинилспиртовые волокна** 3/1230, 803, 804, 1228, 1231; 1/623, 803, 804; 5/47, 157, 231, 233–236
- Поливинилстеарат** 3/1227
- Поливинилсульфат** 4/519
- Поливинилтолуол** 4/445; 5/204
- Поливинилтриметилсилил** 1/798, 905; 2/199, 1018
- Поливинилформаль** 3/1231, 902, 1222, 1232; 5/871



- люминофоры 2/1225  
оптические 3/773–777  
рентгеновский анализ, см. Рентгенография  
спектры 3/68  
твердые электролиты 5/861, 862  
Поликсен 3/1128  
Поли-л-ксилилены 3/1262; 2/1093; 4/87, 1084  
Полилактид 3/1262, 1263; 2/1141; 4/91  
Полиаленинаты 3/1200, 1201  
Полиарции 5/987  
Полиаматричные композиты 2/877  
Полимераналогичные превращения 3/1263, 202, 1211, 1216, 1240, 1264; 1/289, 859, 860; 2/520, 701, 924, 1267; 4/614, 888, 1083; 5/236, 237, 306, 934  
Полимербетон(ы) 3/1264, 273, 445, 1265; 1/564, 871; 2/1101, 1151; 4/1  
Полимергомологи 1/858, 1163  
Полимеризация 3/1265, 407, 444, 445, 515, 1266; 1/140, 656, 857, 860, 1001, 1002, 1158; 2/109, 376, 377, 404, 520, 559, 623, 924, 1005, 1137, 1200; 4/416, 662; 5/933, 934  
анионная, см. Анионные реакции  
бисерная 4/953  
блочная, см. Блочные процессы  
блочно-суспензионная 4/41  
в звуковых полях 5/60  
в каналах клапратов 2/799  
в массе 1/572  
в растворе 3/1267, 1266; 1/632, 635, 636; 2/706; 4/21, 413  
взрывом 1/118, 702  
влияние давления 1/1216, 1217, 1220  
гетерогенная 3/1198, 1199, 1232, 1233  
гидролитическая 3/1251; 5/725  
гомогенная 3/1198, 1199, 1232  
гомопревращения, см. Гомополимеризация  
гранульная 4/953  
дегидрогенизационная 2/1174  
диффузионно-контролируемая 4/297, 307  
жемчужная 4/953  
заместительная 2/698  
золь-гель процесс 4/839  
и иммобилизация ферментов 2/422  
и молекулярно-массовое распределение 3/221  
и поликонденсация 3/1255, 1257  
и спин-меченые макромолекулы 4/791  
и стекловарение 4/839, 840  
изомеризационная 3/1228  
ингибиторы 1/114, 118, 235, 640, 641; 2/226, 432; 3/838; 4/304, 305, 307, 869; 5/146, 221  
инициаторы 1/636, 647, 648, 650; 2/466, 642, 653; 3/516, 978; 5/7  
ионно-координационная 2/920  
катализаторы, см. Катализаторы полимеризации  
катионная, см. Катионные процессы  
колебательный режим 2/851  
координационная, см. Координационно-ионная полимеризация  
матричная 2/1325, 1326  
миграционная 4/29, 30, 95; 5/933, 934  
на наполнителях 3/1268, 328, 1120, 1266, 1269  
несопряженных дней, см. Циклополимеризация  
«низкомолекулярная», см. Теломеризация  
низкотемпературная 2/1034; 4/917; 5/605  
окислительная 2/286; 3/445  
осадительная 3/1195  
под действием света, см. Фотополимеризация  
принцип стационарности 3/1266  
присоединительная 2/698; 4/177.  
См. также Полиприсоединение  
радиационная 4/289, 293, 305; 3/984, 1266; 5/28  
радикальная, см. Радикальная полимеризация  
разных мономеров, см. Сополимеризация  
регуляторы 4/1139  
самопроизвольная 5/977  
световая, см. Фотополимеризация  
селективная 3/1250  
степень 2/1263, 1264; 3/742, 743, 1257, 1258, 1266  
стереоспецифическая 4/856, 30, 849, 857; 2/665, 874, 921; 3/1220, 1269; 5/730  
суспензионная 4/953, 21, 40, 41; 3/978, 1198, 1233, 1266  
твердофазная 4/999, 289, 412, 413, 1000, 1217, 1218; 3/147, 1266; 5/605  
тепловой эффект 2/576  
термическая 2/226; 4/39, 41  
типа «голова к голове» 4/850  
– «голова к хвосту» 4/850  
топохимическая 4/1217, 1218  
туннельная 2/1034  
ускорители 4/1142, 1143  
цепиав 2/698, 755; 3/516, 1266; 4/70  
Циглера–Натты 5/771  
циклические режимы 5/718, 719  
эмульсионная, см. Эмульсионная полимеризация  
Полимерия 1/860  
Полимеркаптоамид 3/1219  
Полимерные материалы 4/1, 2; 5/495.  
См. также Пластики, Пластические массы, Полимеры  
абляционные 1/1, 2  
адгезивы, см. Клеи синтетические  
аэтиленовые 1/333, 402; 2/1140; 3/661, 996; 4/814, 816, 1088  
антиокислители, см. Антиоксиданты  
антирады 1/336  
антистатик 1/339, 340, 657; 3/683, 716–718, 724, 1119, 1196; 4/175, 189, 400, 580, 699, 700, 1015  
антифрикционные 1/343, 344; 3/1220, 1221  
бетон, см. Полимербетон  
битумные 1/564; 2/868  
бумажные, см. Бумага  
волокнистые, см. Волокна, Волокнистые материалы  
вяжущие 1/871  
горючесть 3/646. См. также Антипирены  
как химические дозаторы 2/221  
кожа, см. Кожа искусственная  
композиты, см. Герметики, Компоненты полимерные, Композиционные материалы  
крашение 3/17–19  
лакокрасочные материалы  
магнитные 2/1242; 4/442  
мастики 2/1319  
мембранные, см. Мембраны  
оптические 3/774, 776, 777. См. также Стекло органическое  
переработка 4/2, 3–17, 82, 163, 542, 845, 970; 2/867; 3/144, 328, 712, 1119–1122, 1139, 1213, 1249, 1254. См. также Пластикация полимеров, Формование, Экструзия полимеров  
пластичные смазки 3/1125, 1126  
пленочные, см. Пленки полимерные  
покрытия, см. Покрытия  
порообразователи 4/133, 134  
противостарители 4/239, 240  
противоударители 4/242, 243  
радиационная стойкость 4/290, 291, 298  
радиопоглощающие и радиопрозрачные 4/332, 333  
резиновые, см. Резины  
реология 4/484–490; 5/172  
сварка 4/582, 583  
светостабилизаторы 4/588, 589  
светостойкость 4/590; 5/340, 341  
теплоизоляционные 4/1041, 1042  
термопластичные, см. Термопласты, Термоэластопласты  
термоактивные, см. Реактопласты  
термостойкие 3/675  
фрикционные 5/371  
Полимерные сетки 4/844  
Полимерорастворимые красители 4/17, 18, 19; 2/993, 994; 3/953, 954  
Полимер-полимеры комплексы 4/19, 20, 80, 732, 734; 2/153, 1326; 3/1196, 1211, 1229  
Полимер-полимерные системы 4/732–734  
Полимеры 1/857. См. также Высокомолекулярные соединения, индивидуальные представители и их группы  
абляция 1/2  
адгезия 1/36; 2/40; 3/1114, 1119, 1136  
адсорбция мембранами 3/827  
амоко Al 3/1210  
аморфно-кристаллические 2/1060  
антипластификация 3/1118, 1119  
атактические, см. Атактические полимеры  
атмосферостойкость 1/402; 3/992; 4/590  
бензо- и маслостойкость 1/502, 630, 716; 2/323, 324, 706, 708, 1129, 1150, 1151; 4/442, 443  
биокоррозия 1/549  
блочные 2/1166. См. также Блоксополимеры  
взаимопроникающие сетки 4/53, 57  
влагопроницаемость 1/757, 630; 2/708; 3/1136, 1269  
внутрикомплексные 2/923, 924  
водостойкость 1/787, 788  
гель, см. Гелеобразные соединения  
гетероцепные, см. Гетероцепные полимеры  
гибкоцепные, см. Гибкоцепные полимеры  
гибридные 2/1267  
гидрофильные и гидрофобные 1/756, 757  
гомологи, см. Полимергомологи  
гомоцепные, см. Гомоцепные полимеры  
горючесть 1/1175–1177; 3/1252  
гребнеобразные 2/289, 1266, 1267  
двухтяжевые 2/1166  
детерированные 2/610  
деструкция, см. Деструкция полимеров  
диффузия газов 2/199  
дубители 2/236  
жесткоцепные, см. Жесткоцепные полимеры  
живущие 1/309; 2/673, 698; 4/1088  
и олигомеры 3/742  
изотактические, см. Изотактические полимеры  
интеркомплексы 3/202  
ионогенные, см. Полиэлектролиты  
иономеры 2/515, 516; 4/2, 56, 1087  
ионообменные, см. Ионообменные полимеры  
как адсорбенты 1/55, 883, 884  
как антигены 1/324  
как диэлектрики 2/208  
как заменители металлов 3/1221  
как нммуноглобулины 2/425  
как коагулянты 2/817, 818  
как комплексоны 2/871  
как лиганды 2/1172  
как матрицы 2/521, 522; 3/327, 417, 662, 663, 805, 901–903, 907, 909, 1119, 1140  
как носители в пептидном синтезе 3/932, 933  
– – клеток микроорганизмов 2/463, 464  
как ПАВ 2/817, 818, 1267; 3/1163, 1167  
как пленкообразователи 1/340; 3/54, 1139, 1140  
как полупроводники 3/1225; 4/108  
как пьезоэлектрики 4/285  
как сверхпроводники 4/584, 585  
как твердые смазки 4/1007  
карборансодержащие 2/648, 649, 652; 1/594  
карбоцепные, см. Карбоцепные полимеры  
кардовые 2/652, 653; 3/1212, 1247; 4/26  
клеящие, см. Клеи  
когезия 2/834  
коксовое число 2/844  
конформации 2/914, 915, 1263; 3/52, 773; 4/369–371, 848–852  
координационные, см. Координационные соединения  
красители 3/1269, 1270  
кристаллиты 3/1093  
лестничные, см. Лестничные полимеры  
линейно-кристаллические 2/1265  
линейные, см. Линейные полимеры  
материалы, см. Полимерные материалы  
мезоморфные 2/286, 289  
металлизация 3/71, 72, 751, 1138  
металлсодержащие 4/96–98  
механохимия 2/39, 40, 1263  
модифицирование, см. Модифицирование полимеров  
молекулы, см. Макромолекулы, Макрорадикалы  
молекулярная масса, см. Молекулярная масса полимеров  
молекулярные графы 1/1198, 1199  
мономеры, см. Гомополимеры, Макромономеры, Мономеры, Сополимеры  
морозостойкость 3/1116, 1118  
набухание, см. Набухание полимеров  
надмолекулярные структуры 1/859; 2/208, 1061; 3/201, 202, 808; 4/56, 816  
наполненные, см. Наполненные материалы, Наполнители  
неорганические 3/418, 419, 420; 1/857, 859; 5/286, 617. См. также Полифосфазены  
неполиарные 1/1045  
нестереорегулярные 1/858  
огнестойкость 3/1116, 1117  
однотяжевые 2/1166  
окислительно-восстановительные 3/662, 663  
отверждение, см. Отверждение пигменты 2/975  
плавление 3/1093  
пластикация 3/1114, 146, 147, 1115, 1116; 2/40, 704  
пластификация 3/1118, 201, 273, 743, 1119, 1223; 4/734, 840, 841, 844, 1076. См. также Пластификаторы  
пленки, см. Пленки полимерные

- подвижность звеньев 2/199  
 полидисперсность, см. *Молекулярно-массовое распределение*  
 полужесткие 2/1265; 5/226, 231  
 полуэстичные 4/1082–1084  
 получение 1/860. См. также *Матричный синтез, Поликонденсация, Полимеризация, Полициклизация, Сополимеризация, Термомеризация, Фотополимеризация*  
 привитые, см. *Привитые сополимеры*  
 природные, см. *Биополимеры, Смолы природные*  
 прочность 3/1219, 1220; 4/251, 252  
 радиационная  $\rho$  стойкость 3/837; 4/290, 291  
 разделение, см. *Хроматография*  
 разнотельные 3/1255; 4/48, 49  
 расплавы 2/1061; 3/219, 345, 346, 734, 1135, 1136, 1253, 1259–1261; 4/17–19, 70  
 рассеяние излучений 2/191  
 растворы, см. *Растворы полимеров*  
 регулярные 1/858; 2/1267  
 релаксация 4/463  
 реология 1/707; 3/1114; 4/484–490  
 с поперечными связями 4/661–663  
 сверхвысокомолекулярные 3/1217  
 светостойкость 4/590; 3/1116, 1119  
 «связанные» 1/335  
 сетчатые, см. *Сетчатые полимеры*  
 синдиотактические, см. *Синдиотактические полимеры*  
 синтетические 1/858. См. также *Смолы синтетические*  
 смеси 4/732, 733, 734  
 со двояной целью 2/1116  
 сопряженновзвешенные 3/1225  
 состоянии аморфное 1/287, 288, 859; 3/1119, 1120  
 – высокоэластическое 1/873; 2/328; 3/1118; 4/1017  
 – вязкотекучее 1/859, 860, 873; 3/319, 1119, 1121; 4/1017  
 – жидкокристаллическое 2/286, 289, 1266; 3/1120, 1209, 1213, 1216; 5/232, 237  
 – кристаллическое 2/1060, 1061, 1064; 1/859; 3/1119–1121; 4/849–852  
 – ориентированное 3/808, 144, 202, 1121, 1135, 1136, 1138, 1203, 1207; 1/859; 2/1061; 4/2  
 – стеклообразное 4/843, 844; 1/859; 2/328; 3/1118–1121  
 – студнеобразное 4/887–889  
 сплавы 4/732–734  
 стабилизация, см. *Стабилизация полимеров*  
 старение, см. *Старение полимеров*  
 стереорегулярные 3/1219, 1220  
 стереорегулярные, см. *Стереорегулярные полимеры*  
 структурирование 2/464, 1013, 1266. См. также *Вулканизация, Структурообразование*  
 сшитые 1/844, 845; 3/146; 4/661–663  
 твердые электролиты 5/862  
 температура стеклования, см. *Стеклование*  
 – текучести 4/1017; 1/873; 3/1116, 1118, 1119  
 –  $\theta$ -Флори 2/1264; 4/730, 731  
 – хрупкости 5/639, 640; 3/1116, 1118, 1119  
 теплостойкость, см. *Теплостойкость полимеров*  
 термолыниесценция 4/1075, 1076  
 термостойкие, см. *Термостойкие полимеры*  
 трехмерные 4/661–663
- формование, см. *Формование полимеров*  
 фторсоединения, см. *Фторполимеры*  
 фоторазрушаемые 4/590  
 функциональность, см. *Функциональность полимеров*  
 циклолинейные 1/175; 2/1014, 1016, 1017  
 экструзия 3/1135, 1136, 1139, 1213, 1254; 4/40, 41, 44, 970; 5/232, 389  
 элементарноорганические 5/933, 934, 935; 1/859; 2/923, 924; 3/1261  
 – борсодержащие 1/594  
 – кремнийсодержащие, см. *Кремнийорганические полимеры*  
 – фосфорсодержащие, см. *Фосфорорганические полимеры*  
 U 3/1213  
 Полиметакриламид 3/69  
 Полиметакрилаты 4/20, 21, 173, 305, 502, 840, 842; 1/286, 859; 2/103, 310; 3/277, 1263; 5/341, 817  
 Полиметакриловая кислота 3/1169, 1196, 1230; 4/20, 79; 5/204  
 Полиметаллические руды 1/467; 3/1193; 4/561  
 Полиметаллоорганосилоксаны 2/1016, 1017  
 Полиметилакрилат 3/106, 1196, 1263  
 Поли-3-метил-1-бутен 4/851, 852  
 Поли-5-метил-1-гексен 4/851  
 Поли(метилен) 1/857  
 Полиметиленоксид 4/63, 64, 93, 94  
 Полиметиленоксидфенолы 5/136  
 Полиметиленополифениламин 2/184  
 Полиметиленополифенилоксиданат 2/184, 185  
 Полиметилен-бис-триметиламмониевые соединения 1/979  
 Полиметилены 5/720, 721  
 Полиметилденфталид 2/653  
 Полиметилкарборансилоксаны 1/918  
 Полиметилметакрилат 4/21, 19, 22, 291, 508, 732, 781, 790, 791, 840, 841, 1013, 1054; 1/310, 572, 757, 857, 858; 2/233, 302, 806, 880, 997, 1001, 1002, 1268; 3/107, 116, 776, 1114, 1119, 1236, 1263, 1270; 5/52, 446, 817, 835, 951  
 Полиметилафталины 3/117  
 Поли-4-метил-1-пентен 4/22, 23, 28, 851; 1/999; 3/27, 1119  
 Полиметилсесквоксан 2/1017  
 Полиметилсилоксаны 2/1014, 1318; 4/130, 173  
 Поли- $\alpha$ -метилстирол 4/445  
 Полиметилфенилсилоксаны 2/1014, 1016  
 Полиметил(4-хлорфенил)силасан 2/1016  
 Полиметилдианоэтилсилоксаны 1/918  
 Полиметиновые красители 4/23; 1/527; 2/976, 982; 3/128–132  
 Полиметиндианиновые красители 3/129  
 Полиметины 3/1224, 1225  
 Полимиксинны 3/924–927  
 Полиминеральные руды 4/559  
 Полимолекулярная адсорбция 1/57, 129; 2/436, 858  
 Полимолибдаты 3/240, 241, 244  
 Полимолибденовые кислоты 3/240  
 Поли(монохлор-*n*-силилен) 3/1262  
 Полиморфизм 4/23, 24, 105, 109, 910; 1/1215; 2/51, 60, 61, 587, 588, 1025–1027, 1055, 1064, 1069; 3/74, 75, 226, 276, 303–306, 698, 973, 1011; 5/15, 97, 269, 936  
 в твердых растворах 4/1004  
 и выращивание монокристаллов 3/257  
 и кристаллическое состояние 2/1060
- и механические воздействия 3/146, 147  
 и плавление 3/1092  
 и химическая номенклатура 3/577  
 политипизм 4/45, 23, 24, 46, 1023, 1183; 3/168  
 уравнение Клапейрона–Клаузиуса 2/788  
 Полимономерные 4/24, 25, 30; 1/989; 2/82, 83; 3/159  
 «Полимыла» 3/1211  
 Полимышьяковые кислоты 1/381  
 Полинафталинсульфокислоты 3/386  
 Полинафтоленбензимидазолы 2/1166; 3/1213–1215  
 Полинафтохинон 3/388–390; 5/535  
 Полига  
 теория 2/510; 3/787; 4/446, 447  
 уравнение 5/896  
 Полинеасыщенные соединения 2/303, 305, 306, 1194  
 Полиниобаты 3/488, 489  
 Полинитраты 2/212  
 Полинитросоединения 1/607; 2/75, 132, 133, 331, 900; 3/522, 523, 529, 556, 558  
 Полинозные волокна 1/731–733, 803, 804  
 Полинонаметиленомочевина 4/25  
 Полинорборнен 3/104; 5/730  
 Полинуклеотидфосфорилазы 3/593  
 Полинуклеотиды 1/303, 324, 551, 1010; 2/427, 629, 1323; 3/600, 601, 794, 1051, 1052; 4/276, 1100. См. также *Нуклеиновые кислоты*  
 Полиокс 4/84  
 Полиоксализолы 4/25, 26, 70, 71, 1083, 1084; 2/653; 3/675, 1240, 1261  
 Полиоксазолины 4/84  
 Полиоксазолы 3/1240; 4/1082–1084  
 Полиоксазольные волокна 3/1240; 4/1083, 1084; 5/47  
 Полиоксикалентгликоли 4/54, 55, 1087, 1088  
 Полиоксиметилен 2/629; 4/63–65; 5/566. См. также *Полиформальдегид*  
 Полиоксиметиленгликоли 3/281  
 Полиоксиметиленовые волокна 4/64, 65  
 Полиоксинны 3/595, 596; 5/417, 422  
 Полиоксипропилен, см. *Полипропиленоксид*  
 Полиоксипропиленгидроксиуретаны 4/53  
 Полиоксипропиленгликоли 4/31, 53, 1088  
 Полиоксипропиленполиолы 4/31, 202, 203  
 Полиокситетраметилгликоль 4/1088; 5/86  
 Полиокситетраэтилгликоль 5/85  
 Полиокситриметиленгликоль 5/85  
 Полиоксизтилен, см. *Полиэтиленоксид*  
 Полиоксизтиленалканаты 3/717, 718, 1165, 1169  
 Полиоксизтиленалкиламины 3/715, 716, 1165, 1169; 4/699  
 Полиоксизтиленалкиловые эфиры, см. *Оксизтиленованные спирты*  
 Полиоксизтиленалкилфенольные эфиры, см. *Оксизтиленованные алкилфенолы*  
 Полиоксизтиленгликоль 4/1088  
 Полиоксизтиленгликольхлоргидрины 3/715, 716  
 Полиоксизтиленмаленилаты и полиоксизтиленфумараты 3/1200, 1201  
 Поли(оксизтиленоксидтерифталол) 1/857  
 Поли-2,2'-октаметилен-5,5'-дигбензимидазол 3/1218  
 Полиоктеамиры 5/730, 731
- Полиолефиновые волокна 4/27, 28, 1015, 1016; 2/994; 3/809  
 Полиолефисульфаты 5/341  
 Полиолефины 4/28, 438, 494, 589, 698, 815, 816, 849–852, 857, 1013, 1075, 1/334, 757, 788, 1148; 2/40, 434, 665, 834, 1001; 3/159, 277, 671, 683, 907, 913, 1119, 1120, 1122, 1136–1139, 1266–1268; 5/712, 713, 817, 984  
 бунификация 1/623, 624  
 волокна, см. *Полиолефиновые волокна*  
 клас 2/809  
 монокити 3/262, 263; 5/166, 167  
 пленки, см. *Пленки полимерные*  
 порошковые краски 4/142–144  
 термопласты, см. *Полибутен, Поли-4-метил-1-пентен, Полипропилен, Полиэтилен*  
 фторированные, см. *Фторолефины*  
 хлорированные 4/28, 29, 30; 1/646, 647; 3/1264; 5/563, 565  
 циклены, см. *Циклоолефины*  
 эластомеры, см. *Полиизобутилен, Термозластопласти, Этиленпропиленовые каучуки*
- Полнолы 1/150–152, 475, 583, 586, 847, 1128; 2/868, 1271; 3/744; 4/199, 769, 1010, 1102, 1263, 1264, 5/37, 38, 72, 73, 238, 962, 1042  
 нитраты 3/507  
 пивалаты 1/668  
 3,4-трео- и эритро-формы 3/615, 616  
 эфиры 3/267, 1048; 4/698  
 Полиорганолоксаны 5/934  
 Полиорганоминерофосфаты 4/66  
 Полиорганосилины 3/314  
 Полиорганометаллоксаны 1/170  
 Полиорганосилазаны 2/1016; 3/803–805  
 Полиорганосиланы 2/1015, 1019, 1020; 3/800  
 Полиорганосилоксандиолы 1/1044  
 Полиорганосилоксаны 1/171, 861, 1045, 1068; 2/707, 708, 1014, 1016–1018; 3/159, 805; 4/698; 5/773  
 Полиорганосилесквоксаны 2/1016  
 Полиорганосилтианы 2/1016  
 Полиорганосфосфаты 4/65, 66  
 Полиоснования 1/310, 311; 2/504; 3/202, 1211; 4/77, 78  
 Полноосновные кислоты, см. *Полиакислоты*  
 Поли-1-пентен 4/851  
 Полипентенамеры 4/851, 852; 5/730, 735  
 Полипептиды 1/74, 552, 603, 840, 1007–1009, 1171, 1173; 2/287, 423–426, 428, 487, 581, 735, 736, 834, 1200, 1201, 1266, 1316, 1322–1325; 3/37, 50–52, 175, 786, 809, 883, 884, 924–927, 929; 4/519–522, 1000–1002; 5/53, 159, 545, 770, 1028, 1049–1051. См. также *Генетический код, Пептиды, Трансляция, Яды животных*  
 Полиперфторалкилен(арилен)оксиды 3/984  
 Полипиромеллитимиды 2/115; 3/1246–1248  
 Поли- $\alpha$ -пирролидонамид 3/1204–1206  
 Полиплекс 4/841  
 Полипировая кислота 4/1095  
 Полипрениллофосфаты 1/1137  
 Полипрениллофосфатсахара 1/1137  
 Полипренолы 1/1137; 3/197  
 Полиприсоединение 4/29, 25, 30; 2/803, 1023, 1266, 1267; 3/839, 840  
 Поли-про 4/30, 31  
 Полипропилендифосфатсахара 3/270  
 Полипропиленмонофосфатсахара 3/270  
 Полипропилендифосфаты 1/1137

- Полипропилен 4/30, 22, 27, 28, 198, 291, 589, 922; 1/2, 334, 572, 645, 754, 923; 2/666, 922, 1319; 3/54, 327, 407, 739, 802, 864, 907, 908, 913, 1114, 1116, 1119, 1180, 1220, 1264, 1267; 5/446, 712, 983, 984, 993  
атактический 1/563; 2/809  
волокна 1/387, 623, 803–805; 2/324, 992; 3/53, 64, 93, 435, 436; 4/27, 28, 31; 5/168, 232  
графито- и саженалополненный 3/1268  
диолы, см. Полипропиленгликоли жидкие мембраны 3/53  
изотактический 1/859; 2/674; 4/849–852, 1089  
кластеры 2/797  
оксид, см. Полипропиленоксид  
пленки 1/623; 3/437, 1136–1139; 4/31  
порошковые краски 4/142  
сидниотактический 4/850  
сплавы 4/734  
стеклопластики 4/844  
хлорированный 4/28, 29  
Полипропиленгликоли 1/922; 3/499, 1117; 4/31, 173, 200; 5/208, 950  
Полипропиленоксид 4/31, 94, 202; 1/572; 2/920  
Поли-β-пропиоамид 3/1204–1206  
Полипропиоловая кислота 3/1225  
Полипротеин 2/1324  
Полирекомбинация 4/32; 2/924  
Полирибосома 2/1323; 4/521, 522  
Полириты 4/157  
Полирицинолевая кислота 1/139; 4/527  
Полирование 4/32, 33; 3/987, 1087, 1104; 5/777, 879, 912, 925. См. также Полироли  
Полироли 4/33, 34, 157; 1/18, 19, 657; 2/114, 255, 436; 3/302, 303, 527, 1087, 1227. См. также Полирование, Травление  
Полисар-бутил 1/645–647  
Полисахариды 4/34, 36–38, 1241; 1/39, 232, 323, 324, 553, 1089, 1097, 1100–1103, 1118, 1125, 1126, 1132, 1137, 1154; 2/987, 1233, 1278; 3/269, 271, 286, 287, 748; 5/17, 37–39, 92, 93, 375. См. также индивидуальные представители и их группы агрегация 4/1063  
бактериальные, см. Микроорганизмы  
гелеобразующие 2/660. См. также Альгиновые кислоты, Гемцеллюлозы, Пектины  
гетерогликаны 1/1132; 4/34, 35  
гомогликаны 1/323; 4/34  
деполимеризация 2/31  
защитные 4/35. См. также Камеди и лигнин 2/1172–1174  
как биополимеры 2/427; 4/35, 36  
как наполнители 3/646  
как стабилизаторы 5/949  
метаболизм 3/614–616, 623  
мономеры, см. Моносахариды  
пищевые 3/1088. См. также Агар, Крахмал  
резервные 1/1132; 4/35. См. также Гликоген, Ламицараны, Фруктаны  
структурные 4/35. См. также Ксиланы, Маннаны, Хитин, Целлюлозы  
сульфатированные, см. Гепарин, Каррагинаны  
Полиселениды 4/614, 617, 618  
Полисерводороды 4/902, 903  
Полисиланы 3/806  
Полисиланы 2/1015  
Полисиликаты 2/1206  
Полисилоксандиолы 1/171  
Полисилоксанолкилены 2/1016  
Полисилоксаны 1/310; 2/673; 3/671, 1124, 1125, 1261; 4/173, 816, 1007, 1114  
карбонсодержащие 2/648, 649  
каучуки 1/845  
масла 2/961  
Полисистемные кристаллы 3/226  
Полисомы 2/1323; 4/191, 521, 522  
Полисорбы 1/884  
Полиспирты 4/234  
Полистин 5/1039  
Поли-п-стирилборная кислота 1/594  
Полистерол 4/39, 40, 291, 305, 502, 508, 589, 732, 734, 840, 842, 868–870, 926, 1002, 1075, 1085, 1087; 1/311, 334, 717, 757, 858, 860, 1111, 1148, 1175; 2/48, 92, 1001, 1044, 1171, 1172, 1228, 1241, 1267, 1268; 3/121, 123, 218, 219, 325, 436, 776, 1117, 1119, 1122, 1168, 1228, 1247, 1266, 1268–1270; 5/52, 204, 306, 341, 446, 567, 581, 675, 799, 817, 951, 1047. См. также Бакелит  
бисерный 3/908, 909  
блочный 3/1136–1139; 4/39  
бумификация 1/624  
волокна 4/93  
газонаполненный, см. Пенополистиролы  
изотактический 4/851, 852  
краснение 2/302; 4/17, 18  
низкомолекулярный 2/809  
окклюдируемый 4/41  
пластики 4/40, 844. См. также АБС-пластик  
пленки 1/623; 3/86, 87, 1136–1139; 4/40, 41  
растворы, см. Студни  
сплавы 4/732  
сульфокислота 1/340  
ударопрочный 4/40, 39, 41, 168, 169, 734, 870; 1/634; 2/706; 3/908, 1114, 1116, 1120, 1136  
упорядоченный 4/2  
Полисульфидные каучуки 4/41, 42, 43, 442–444; 1/502, 630, 636, 647; 2/204, 705–708; 3/363, 972; 5/961  
Полисульфиды  
герметики 1/1043, 1044  
каучуки, см. Полисульфидные каучуки  
неорганические 1/518; 2/178; 3/312, 363; 4/41, 471, 903, 909–911, 948, 1019, 1020, 1127, 1149, 1165; 5/416, 702  
органические 4/42, 43, 164, 634, 1126; 1/645  
Полисульфиты 4/922  
Полисульфоны 4/43, 44, 45, 94, 164, 723; 3/1120, 1221, 1259, 1261; 5/41  
волокна 3/53  
жидкие мембраны 3/53  
пленки 3/1136–1139; 4/44  
Полисульфохлориды 4/1264  
Полисульфурилгалогениды 4/939, 940  
Полисульфуриотриды 4/584, 585  
Полигитаноловые кислоты 4/985  
Полигеллуриды 4/1020, 1023  
Политерпены 4/445, 1092  
каучуки, см. Каучук натуральный  
смолы 3/1027; 4/715, 1089  
Полигетраматилдисилоксаноэтилен 2/1016  
Полигетраматиленадипинамид 3/1207, 1208, 1210  
Полигетраматилентерфталат 3/1220–1222  
Полигетрафторэтилен 1/1, 2, 343–345, 757, 858, 918, 948, 995, 1163; 2/208; 3/982, 984, 1136, 1267, 1268; 4/64, 1007, 1008, 1104; 5/69, 389, 395, 402–404. См. также Фторопласты  
волокна 1/805; 4/1082  
жидкие мембраны 3/53  
как горячее 1/832  
металлонаполненный 3/87  
оксид 3/984  
пленки 3/86  
Полигидрогликолиды 4/1127  
Полигидрокарбонаты 1/994  
Полигидроноаты 4/45, 655, 657, 1149  
Полигидроновые кислоты 2/783; 4/45, 655, 657  
Полигидрофентрафтороборат 3/100  
Полигидрофосфинаты 2/923  
Полигидризм 4/45, 23, 24, 46, 1023, 1183; 3/168  
Полигидрия, см. Полигидризм  
Полигидры 4/45, 46, 109, 1183  
Полигидриновые кислоты 4/1183  
Полигидрианоорганиосилоксаны 2/1014  
Полигидриальные перегруппировки 4/46–49  
Полигидриные перегруппировки, см. Перегруппировки полигидриные  
Полигидры 4/46–49  
Полигидриазолы 4/47, 48, 49  
Полигидриалкилсилилэтилены 5/933  
Полигидригидрилпропен 2/1018  
Полигидригидрофторэтилен 1/757; 2/208; 5/389, 402–404  
Поли-бис-(трифторэтоксифосфазен) 4/66  
Поли-2,3,6-трихлорфениленоксид 4/59  
Полигидрическое сжатие газов 2/881  
Полигидрические реакции 4/665  
Полигидры 4/33, 739  
Поли-ω-ундеканамид 3/1136, 1204–1208  
Полиуретанакрилат 4/661  
Полиуретанизоцианураты 4/52, 53  
Полиуретаночевичины 4/25, 49, 52, 56  
Полиуретановые волокна 4/49, 50, 57; 1/805; 2/184; 5/987  
Полиуретановые лаки 4/50, 51, 52, 57; 1/989; 2/406, 1129; 3/1140; 5/73  
Полиуретаны 4/52, 25, 29–31, 50, 51, 53–57, 85, 95, 199, 200, 203, 291, 589, 661, 696, 1056, 1199, 1200; 1/47, 64, 306, 788, 1045, 1135; 2/83, 87, 118, 212, 402, 406, 407, 707, 708, 996, 1144, 1150; 3/21, 159, 761, 802, 902, 903, 1120, 1126, 1136, 1140, 1258, 1270; 5/83–88, 124, 238, 306, 381, 979, 985, 987  
безизоцианатные 4/51, 57  
волокна, см. Полиуретановые волокна  
как модификаторы 1/563  
каучуки 4/291  
клеи 2/805  
компаунды 2/867, 868; 4/57  
краски 3/917  
лаки, см. Полиуретановые лаки  
мастики 2/1319  
нежелтеющие 2/1091  
покрытия 2/322, 997, 998; 3/86, 646  
сегментированные 4/56  
Полифен 1/805; 5/389  
Поли-N-фенилбензимидазолы 3/1217  
Полифенилбор 1/594  
Полифенилвинилены 3/1225  
Поли-м-фенилендибензимидазол 3/1217, 1218  
Поли-м-фенилендиэтилендиамид 4/58, 1082; 1/788, 805; 2/115, 397; 3/1120, 1209  
Полифениленоксидназолы 1/805; 4/1082  
Полифениленоксиды 4/58, 59, 60, 94, 732, 734; 2/15, 797; 3/902, 1120  
Полифениленсульфиды 3/1138  
Полифениленсульфон 4/43, 44  
Поли-п-фенилентерфталамид 4/60, 61, 1082; 1/805; 2/115; 3/1209, 1210  
Полифенилен-4-фенил-1,2,4-триазолы 4/47, 48  
Полифенилены 4/61, 62, 63, 1084; 2/15, 648  
Полифениловые эфиры 1/922; 3/1125; 4/698  
Полифенилсесквилоксаны 4/71  
Полифенилсилоксаны 2/1014  
Полифенилсилсесквиоксаны 2/1166  
Полифенилхиноксалины 3/1255  
Полифенилы 4/1095  
Полифенолоксиды 3/36  
Полифенолы 1/118; 2/303; 4/969  
Полифенольные понизитель вязкости 2/227  
Полифер 2/1078  
Полиферментные реакции 5/157  
Полиферросилоксан 2/1017  
Полифлекс 3/1139  
Полифлон 3/1139; 5/157, 403  
Полиформальдегид 4/63, 64, 93, 94; 1/310, 572, 990, 993, 994; 2/673; 3/219, 486, 856, 1120, 1220, 1267; 5/221  
Полиформальдегидные волокна 4/64, 65  
Полифосфазены 4/65, 66; 3/419; 5/240, 286  
Полифосфаты 1/769; 2/267, 571, 572, 579, 869, 1294; 3/111, 367, 368, 646; 5/242, 247, 251, 275, 283, 291, 306, 715  
Полифосфинаты 2/923, 924  
Полифосфины 1/965; 5/265, 307  
Полифосфиты 5/306  
Полифосфоинозитиды 2/696  
Полифосфонаты 5/306  
Полифосфорные соединения 5/278  
Полифосфонитрилхлорид 4/65  
Полифосфонитрилы 3/419; 4/65, 66  
Полифосфониты 5/306  
Полифосфор 3/576  
Полифосфорные кислоты 1/492, 493, 720, 741; 2/91, 252, 290, 579, 770, 869, 1213; 3/702, 1017, 1214, 1217–1219; 4/48, 71; 5/249, 250, 287, 299. См. также Полифосфаты  
Полифталоксаны 2/923, 924; 5/381  
Полифторалканы 4/805; 5/410  
Полифторалкенилсерные кислоты 4/896  
Полифторалкилакрилаты 2/323  
трис-(Полифторалкиларсины 4/1268  
Полифторалкилгалогениды 5/409  
Полифторароматические соединения 4/66, 67; 1/993  
Полифтор-β-дикетонаты 4/68  
Полифтор-β(1,3)-дикетонаты 4/67, 68, 1034; 1/991; 2/105; 5/8, 405  
Полифтороалканы 1/965; 4/1270  
Полифтороксены 4/68, 69; 3/985  
Полифторолефины 4/805; 5/410  
Полифторсиланы 2/1031  
Полифторгидросульфокислоты 4/1151  
Полифторгидропероды 5/447–551  
Полифторхлоралканы 5/549  
Полифторхлорэфиры 2/202  
Полифторхлоралканы и полифторциклоалканы 4/69  
Полифункциональные соединения 2/549  
катализаторы 2/664, 676  
Полихиноксалины 4/69, 70; 2/1166; 3/1240  
Полихлоралканы 4/198  
Полихлорароматические соединения 4/67  
Полихлорбензолы 1/242; 3/372; 4/1105; 5/11, 562  
Полихлордиоксаны 4/1104  
Полихлориды 3/1238  
Полихлоркамфен 2/470, 598  
Поли-[3,3-бис-(хлорметил)оксетан] 3/913; 4/70. См. также Пентилласт





- 445, 452–454, 552, 1072, 1147, 1240; 3/93, 305, 414, 418, 508, 1243; 5/256–258, 283, 285, 332, 333, 363, 609, 747, 748, 752, 755, 756, 838, 928. См. также *Полупроводники германиевые*, см. *Германий гидрированные некристаллические* 4/110
- интерметаллиды 2/485, 554; 4/109–118, 951
- кластерные 2/797
- кремниевые, см. *Кремний, Планарная технология*
- легированные, см. *Легирование люминофоры*, см. *Кристаллофосфоры*
- молекулярные кристаллы 3/227
- оксидные, см. *Оксиды полимерные* 3/1225; 4/108
- полученные 3/695, 696, 1103–1105; 4/110, 111; 5/62. См. также *Монокристаллы выращивания* применение 4/118, 627, 628. См. также *Полупроводниковые приборы*
- стекла 3/312, 313; 4/619, 708, 837
- тонкие пленки 3/335
- халькогенидные 3/312, 313; 4/547, 604, 614, 618, 619, 1024
- Полупроводниковые приборы газанализаторы 1/896, 917
- детекторы 1/978; 2/220; 4/471, 480
- лазеры 2/1118–1120, 1124; 4/118
- масс-спектрометры 2/1318
- термометры 4/1080
- Полупрозрачные материалы, см. *Разделительные мембраны*
- Полутопмаки 2/1331
- Полугоратерпены 4/659–661, 1092. См. также *Сесквитерпены*
- Полуфарфор 2/733; 5/114
- Полуцеллюлоза 4/118, 119; 1/620; 2/1164; 5/664
- Полупирические методы 4/119, 120, 121; 1/667; 2/723; 3/235; 3/468, 469; 5/463, 876
- и ЛКАО-приближение 2/1211
- молекулярных интегралов 3/223; 4/119, 120
- орбитальные, см. *Молекулярные орбитали методы, Орбитали*
- оценки реакционной способности 4/419
- Польфаланы 5/221
- Поля лигандов теория 4/121, 120, 122, 257; 2/722, 920, 1057–1059, 1232; 3/236, 949; 5/463
- Поляни (Полани) модель 1/58
- Поляризация анизотропных кристаллов, см. *Пьезоэлектрики*
- в электрохимии 4/123, 124, 153, 993, 1193; 2/323; 3/1180; 5/840, 895, 910, 911, 913, 923
- диэлектриков 2/143, 206; 4/996; 5/835, 836. См. также *Сендетоэлектрики*
- и электроотрицательность 5/896, 897
- инерционная среды, см. *Реакции в растворах*
- ионов растворителем 4/375
- коэффициентная, см. *Мембранные процессы разделения люминесценции* 2/1223, 1224
- пироэлектриков 3/1078; 4/284
- света в дозиметрии 2/221
- и оптическая активность веществ 3/772, 773. См. также *Хироптические методы*
- и симметрия молекул 4/692
- металлами 3/98
- плоскость, см. *Вращение оптическое*
- приборы 2/292; 3/168, 772
- эллипсометрия 5/940, 939, 941
- химическая электроны 5/457, 358, 458
- ядер 5/458, 358, 459; 1/407; 2/623, 811, 1238, 1239; 3/16–18, 141; 4/304, 334
- электретов 5/835, 836
- ян-теллеровская 5/1057
- Поляризуемость 4/124, 125, 126
- деформационная, см. *Диэлектрики и взаимодействие(я) дисперсионное* 2/147; 4/126
- – квадрупольное 2/712
- – межмолекулярные 3/16–19
- и квантовые переходы 3/229
- и колебательные спектры 2/853–855
- и комбинационное рассеяние 2/865–867
- и молярная рефракция 4/125, 513
- и оптическая активность веществ 3/773
- и принцип ЖМКО 2/281
- и самосогласованное поле 4/576
- ионов и реакционная способность 4/420
- квадратичная, см. *Штарка эффект*
- мезомерных систем 3/29, 30
- молекулярная анизотропия, см. *Керр эффект*
- химических связей 1/374; 2/832, 919; 3/787, 447. См. также *Индуктивный эффект*
- экзальтация 4/126
- электронов 1/314; 2/3; 4/153; 5/841, 910, 911, 913, 923
- электромерная 3/30, 31
- π-электронное приближение 5/876. См. также *Электроны*
- Поляриметрия 3/772; 5/538–540
- Полярные молекулы 4/126, 124, 125, 127; 2/140–143, 912, 913; 3/18–20, 22; 5/461, 462
- Полярография 4/127, 128, 395, 397, 615, 945, 975, 1021; 1/808–810; 2/44, 45, 292, 293, 417, 712; 3/8, 425, 475, 527, 795; 5/77, 106, 173, 610, 638, 639, 750, 842, 911, 926
- Полярон-процесс 5/325–327
- Померанца–Фрича конденсация 2/398
- Померанцевое масло 2/1179; 3/432; 4/1094
- Помол, см. *Измельчение*
- Помутнение и мицеллообразование, точка 3/182
- температура 3/283
- Понтамол 2/973
- Полизителы вязкости 2/227, 1165, 1174, 1175
- твердости 2/146; 3/1167
- Поисолы 2/1095
- Понстил 4/219
- Поплавковые приборы
- маиометры 2/1281, 1282
- плотномеры 3/1146–1148
- уровнемеры 5/88, 89, 92
- Попова правило 4/128, 129; 2/745
- Пористость 4/130, 129, 131–133; 1/920; 2/148, 149, 613. См. также *Пористые материалы, Порообразователи*
- Пористые материалы 1/58, 59. См. также *Пористость*
- вспененные, см. *Газонаполненные материалы, Пенопласты, Порообразователи*
- иониты 2/504, 613. См. также *Ионообменные смолы, Макропористые ионообменные смолы*
- керамика 2/733; 5/291
- лифобильность и лифобность 2/1182
- массоотдача 2/1304
- массовые 3/46, 55, 56
- носители, см. *Носители*
- огнеупоры 3/649, 650
- плотность 3/1145
- порошкообразные, см. *Порошки*
- резина 4/129, 130, 133, 442; 1/80; 2/328, 838; 3/339, 902. См. также *Губчатые материалы*
- сжижение пара, см. *Капиллярная конденсация*
- сорбенты, см. *Адсорбенты*
- стекла, см. *Пеноматериалы*
- Поролон 2/325; 3/909
- Порометрия 2/613; 4/131, 132
- Порообразователи 4/133, 2, 134, 839, 1041; 1/71, 72, 80, 1069, 1071, 1076; 2/154, 186, 804, 837, 1267, 1268; 3/328, 354, 902–907, 909; 5/549. См. также *Порофоры*
- Поропласты 3/902–904; 4/133
- Порофоры 1/71, 80, 517, 624; 2/154, 902, 905–908; 4/133, 134, 1106; 5/12, 581
- Пороха 4/134, 135, 136; 1/191, 705, 706; 2/467; 3/503, 1076; 5/507, 923, 986, 988
- баллиститы 1/453, 706; 2/212, 214, 934; 4/135, 136, 342
- бездымные, см. *Бездымные пороха*
- дымные 1/706; 3/1076; 4/136, 621
- кордиты 2/934; 4/135
- пироксилиновые, см. *Пироксилин*
- термостойкие 4/1082, 1254
- черные 1/706; 3/1076; 4/136, 621
- Порошки 4/136, 137, 138, 440, 575, 698–701, 1057; 2/145, 146, 149, 153, 642, 707, 799–802, 804, 807–809, 982, 1026, 1131, 1132; 3/147, 418. См. также *Силушечные материалы*, индивидуальные представители и их товарные формы
- анализ 1/892; 4/1006
- безгазовое горение 4/575
- гранулирование 1/1187–1189
- дозирование 3/1083–1086
- зубные, см. *Зубные пасты и порошки*
- и кластерные частицы 2/796
- как наполнители 3/87, 328–330
- компактирование 4/139–141
- краски, см. *Порошковые краски*
- огнетушащая способность 3/648, 649
- пекарские 2/571
- получение, см. *Порошковая металлургия*
- прессование, см. *Пресспорошки*
- разделение 3/636
- реология 4/136–138, 490, 491
- смазываемость 4/887
- смазывание 2/358, 1182; 3/992, 993; 4/730
- смеси 3/146, 147
- спеченные, см. *Стекине*
- ультрадисперсные 2/358, 625; 5/503
- фрикционные свойства 5/370
- Порошковая металлургия 4/138, 139–142, 604, 709, 775, 807, 809, 1010, 1176, 1177; 1/343, 814; 2/273; 3/93, 249, 415, 421, 483, 1249; 5/172, 766. См. также *Металлотермия, Порошки, Спекание, Шихты, Шамаи*
- Порошковые краски 4/142, 143, 144; 2/982, 990, 1093, 1133; 3/1140, 1197
- Портландит 2/587
- Портландцемент 1/206, 871; 2/228, 582, 588, 1319; 3/537, 1001; 5/470, 669–673
- Порфирин 2/943; 4/144, 145; 5/573
- Порфирексид 4/302–304
- Порфириногены 4/146, 147
- Порфирины 4/144, 145–149, 1259, 1261; 1/560, 1149; 2/22, 872, 968, 975, 1172, 1219, 1253; 3/48, 458, 619, 620, 622, 623, 743, 786; 5/573, 576–579, 743. См. также *Гемоглобин, Хлорофиллы, Цитохромы*
- Порфириноцин 3/179
- Порфиросин 4/537
- Порфоблинтоген 3/619, 620, 623; 5/575, 576
- Порфодиметены 4/146, 147
- Порфометены 4/146, 147
- Порционные весы 1/694, 695
- Поршневые машины компрессоры 2/882, 883, 885, 886; 5/594, 602
- насосы 3/342–344
- Поры, см. *Пористость, Пористые материалы*
- Порядок ближний и дальний, см. *Ближний порядок, Дальний порядок*
- параметры 2/1072–1074, 1111; 5/103, 104
- реакции 4/149, 150, 415; 2/754, 759; 3/222
- связей 3/235, 1178
- Последовательно-параллельные реакции 4/721
- Последовательные реакции 2/753; 3/517; 4/721; 5/682–684
- Послесвечение в потоке, метод 3/141
- Послойная выкладка заготовок пластмасс 4/12–14
- Послойный анализ 4/893
- Постоянная(ые)
- Авогадро 1/17, 573, 908; 3/216; 5/107
- Больцмана 1/573, 908; 2/754
- Ван-дер-Ваальса 3/1171
- Вейса 2/1138
- Верде 5/107, 108
- газовая универсальная 1/908; 2/788; 3/13
- Гейри 1/1014, 1015
- капиллярная 2/612; 3/1171
- Керра 2/739
- крюскопическая 2/1033
- Кюри 2/1237, 1238
- Лашмидта 2/1214
- молекул, вращательные 1/834; 3/157; 5/108
- колебательная 2/852
- силовая 2/852
- Планка 3/1113; 2/717, 754; 5/868
- радиоактивная 4/316
- распада ядер 4/316
- Ридберга 2/721
- Тафеля 2/954
- тонкой структуры 2/148
- Фарадея 5/107, 106, 921; 4/1030
- эбуллиоскопическая 5/799, 800
- Постоянная жесткость воды 2/282, 283
- Постоянства состава закон 4/150, 866; 3/413; 5/508, 512. См. также *Нестехиометрия*
- Пострепликативная репарация 4/493
- Посттрансляционная модификация белков 2/395; 3/197–199
- Постулат
- Планка 5/956
- Хэммонда 5/642
- Поташ 1/711, 1095; 3/439; 4/681, 1166. См. также *Калий, карбонат*
- Потенциал(ы)
- адсорбционный 1/58
- асимметричный 3/135
- Бужингема 3/20, 219, 390
- взаимодействий атом-атомных 3/20, 219, 220, 390, 391; 4/120, 412
- межмолекулярных 1/727, 925; 3/16–19. См. также *Поверхность потенциальной энергии*
- невалентных 3/390, 391
- внутренний 3/47, 48
- Вольта 1/560; 3/23, 24
- Гальвани 2/2; 3/23, 24; 3/431
- Гельмгольца 2/4; 4/1040, 1071

- Герани-Франка 4/375  
Гиббса 2/513; 4/1040, 1071; 5/71  
дзета 5/848-850  
диффузионный 2/193, 521, 1306;  
3/48; 5/839, 843  
доннановский 3/47, 48  
изобарно(изохорно)-изотермические  
1/1111; 4/1071, 1072; 5/464, 465  
ионизации, см. *Ионизация*  
коррозии 2/953-956; 5/907-909  
кулоновские 3/233  
Леннарда-Джонса 1/6; 2/301; 3/20,  
219, 390; 4/120, 121, 763; 5/72  
локальные рассеяния энергии  
4/1068, 1069  
Маделунга 4/482  
межфазные скачки, см. *Межфазные  
процессы*  
мембранный 3/46, 47; 1/560, 561;  
2/521  
модельные 3/20, 21, 390, 391, 468;  
4/763  
Морса (Морзе) 3/20; 4/120  
Нерста 3/47  
нормальные 4/819-821  
нулевого заряда 4/153, 154; 2/2, 3,  
408, 429; 5/106, 839, 922  
обратный 3/667  
окислительно-восстановительные  
3/667, 669, 767; 1/652, 653, 972;  
2/334, 335, 450; 4/155, 820  
оседания частиц при их перемеще-  
нии в жидкости 3/1173, 1174;  
5/898  
пассивации и перепассивации ме-  
таллов 3/888-890  
питтингообразования 3/1086-1088  
поляризационный, см. *Электрохи-  
мическая защита*  
пороговые 5/878  
прямоугольной ямы 5/72  
седиментационный 5/847, 848, 850,  
898  
средней силы, см. *Гидрофобное вза-  
имодействие*  
стандартные 4/819, 154, 155, 820,  
821; 3/667; 5/840, 843  
стационарный 2/954  
термодинамические 4/1071, 823,  
1063, 1064, 1072, 1073; 1/762,  
1111; 2/513, 1073, 1183; 5/69, 99,  
100, 505, 506, 955  
течения жидкости через диафрагму  
3/1173; 5/89, 847-850  
фотонный, см. *Фотоионизация*  
Штерна 4/952  
химические 5/498, 99, 499, 500, 505;  
1/126, 127, 1064, 1065; 2/23;  
3/883; 4/361-365, 817, 823  
эволюционные иерархических про-  
цессов 4/1063, 1064  
электродные, см. *Электродные по-  
тенциалы*  
электрокинетический 2/408  
электрохимический 5/920, 466, 499;  
3/22-24, 669, 670  
электростатический 2/712
- Потенциальная теория адсорбции  
1/58, 59
- Потенциальная энергия  
барьеры реакций 1/121-124; 2/906-  
909, 911  
гармонического осциллятора 2/852  
и энергия ионизации 4/151  
межмолекулярных взаимодействий  
3/17-19  
поверхность, см. *Поверхность по-  
тенциальной энергии*
- Потенциальная энергия  
4/154, 79, 155, 156,  
1186; 2/292, 448, 521, 770, 1099; 3/8,  
62, 161, 425, 459, 713, 795, 796, 798,  
969; 5/77, 150, 172, 174, 196, 388,  
554, 610, 708, 750, 768, 924, 1002  
нонметрия 3/48; 4/155
- приборы 1/892; 2/292; 3/582; 4/627,  
1057, 1185, 1186  
рН, см. *рН-Метрия*  
редоксметрия 4/155; 5/924  
титрование, см. *Титриметрия, Тит-  
рование*
- Потери  
дизлектрические 2/207, 208  
радиационные 2/500  
энергии обратнорассеянных ионов  
2/508
- Поток(и)  
графы ХТС 1/1199-1201  
деление, принцип 4/989, 990  
детекторы 2/43-45  
диффузионный, плотность 2/195-  
197  
и градиент температуры, см. *Термо-  
диффузия*  
и концентрации, закон Фика 4/1067  
и силы, соотношения 4/1065-1070  
ионизирующих излучений 2/499  
как скорость переноса 4/1065  
обобщенный термодинамический  
5/506  
перекрестные явления 4/1067  
структура, см. *Структура потоков  
в аппаратах*  
тензиметрия 4/1032, 1033  
тепловые 2/576; 5/806-808, 810,  
811. См. также *Фурье закон*  
«химические» 4/1067
- Поуровневые сечения химической ре-  
акции 2/124
- Почвы  
анализ 3/168, 169  
засоление 2/861  
и пестициды 2/573; 3/405, 992  
как биокосное вещество 1/553, 554  
мульчирование 3/1138  
питание, см. *Удобрения*  
пропаривание 3/1138  
растворы 2/348; 3/828  
стерилизаторы 3/107  
структурирование 1/119; 2/861,  
1175; 3/1169, 1195; 4/20  
техногенез 3/850  
химическая мелiorация 1/1123;  
2/587; 3/172, 348-350, 863  
эрозия 2/861; 3/1169
- Правило(а)  
Альдера 1/199, 200  
альтернативного запрета частот ко-  
лебаний 2/854, 865  
антиперипланарности 2/129; 5/939  
Ауверса-Скиты 1/416  
Бартона 1/464  
бензойное 5/545  
Брауна 1/604, 605  
Бреда 1/606, 607; 2/599, 935; 3/331  
Вальдена-Писсаржевского 5/899  
Вегарда 4/1006  
Вудворда-Хоффмана, см. *Вудворда-  
Хоффмана правила*  
Гольдшмидта 2/370; 4/1004  
Гофмана 1/1180; 4/425; 5/939  
Гримма 4/762  
Грюнайзена 3/98  
Гуруна-Видала 5/71  
Дюгема (Дюэма) 2/312  
Дюкло-Траубе 3/1160, 1161  
Дюлонга и Пти 3/413; 4/1039  
Зайцева 2/310, 11, 14, 311; 3/786;  
5/939  
Зайцева-Вагнера 2/311, 312, 1293;  
5/907  
Знаювского 4/375, 376  
зеркального изменения длин связей  
2/1222  
золотое Ферми 1/800  
зопреновое Ружички 2/378  
Ингольда (Ингольда) 2/128  
инертного газа 3/82, 83  
Каши 5/351
- Клечковского 1/406; 3/960  
коллинеарности 2/127, 128  
копланарности 2/127, 129  
Крама 1/390, 391  
Красуского 2/983; 3/733  
Лёвшина 2/1222  
Льюиса 2/1168  
Льюиса-Рендалла 2/7  
Марковникова, см. *Марковникова  
правило*  
Музера-Пирсона 4/107  
накопления ненасыщенности 1/200  
непересечения 4/692  
Несмеянова-Борисова 2/128  
октантов 3/773; 5/542-545  
октета 3/787; 4/106, 107  
ориентации в ароматическом ряду  
4/417, 420  
отбора для перидицических реак-  
ций, см. *Вудворда-Хоффмана пра-  
вила*  
– и запрета спинов 4/789, 790  
– квантовых переходов 2/729, 730,  
852-855, 865, 866, 1220; 4/472  
– по симметрии 4/692  
E2-отщепления 2/129  
Палатника-Ландау 5/99  
переноса адсорбционных центров  
2/692, 693  
пересечения поверхностей потенци-  
альной энергии 1/856  
Поваренных 4/1004  
«подобное растворяется в подо-  
бном» 4/355  
Полинка 2/510  
Попова 4/128, 129; 2/745  
Прелого 1/390, 391  
эндо-присоединения 2/101; 4/856  
Реттера 4/1006  
Румера 1/666  
Рурфа 4/762  
рычага 2/58, 256  
сдвига при  $\alpha$ -распаде 4/315  
селективности Брауна 1/604, 605  
Сиджвика 2/874; 3/82, 83  
смешения жидкостей 5/71  
соприкасающихся пространств со-  
стояния 2/56, 57; 5/99  
сохранения орбитальной симметрии  
1/841-843; 2/127, 129, 724; 3/235;  
4/692, 693, 744  
Торнтона 5/642  
Траубе 3/1166  
Трутона 4/763  
Фаз Гиббса, см. *Фаз правило*  
Хана 4/762  
Хлопина 2/1254. См. также *Хлопина  
закон*  
Хунда 5/640, 891; 2/905, 1058; 3/288  
Хэлта 3/75  
Хюккеля 1/312, 376, 1062; 5/643  
циклов 3/773; 5/441  
Чаргаффа 3/586  
Чугаева 3/773; 5/441  
Шамбола 4/811  
Шульце-Гарди 2/817  
ЭДН 3/82, 83  
экситонной хиральности 5/545  
электронных смешений, см. *Мезо-  
мерный эффект*  
18 электронов 3/82, 83  
электростатической валентности  
2/510  
Эльтекова 5/943  
эффективного атомного номера  
3/82, 83, 735; 5/735  
Юм-Розери 4/762, 1004
- Правильность  
анализов 3/138, 139  
показаний весов 1/685, 686  
Празеодин 4/156; 5/937  
галогениды 2/1038; 4/156, 157, 436,  
437  
оксиды 4/157, 435, 438, 586
- органические соединения 2/828,  
1142; 4/68, 157, 605  
получение 2/1146; 3/410; 4/157,  
435, 436  
применение 2/1226, 1227; 4/157  
свойства 1/936, 978; 2/383; 3/75,  
753, 957, 958, 961; 4/156, 157, 321,  
325, 431-434, 584  
селениды 4/618  
сульфиды 4/910  
феррит 5/163  
фосфаты 5/251  
цианиды 5/703
- Празеолины 2/821  
Празиквантель 4/225  
Празинон 1/48, 49  
Праймеры 1/1045; 3/589; 4/497, 498  
Пранлинол 2/1276, 1277
- Прандтля  
теория 3/947  
числа 2/1257; 3/944, 1183; 4/1047,  
1049, 1050; 5/30, 31, 170
- Пранитца-Доахью уравнение 5/72  
Превиттани 1/484; 4/1171  
Превальбуны 1/746  
Презво реактив 4/157  
Презво реакция 4/157, 158; 1/841, 960  
Прегля методы 4/158, 159  
Прегнан 1/1046, 1171; 2/957, 958;  
4/862, 865  
Прегна-Д'-пентараны 1/1048  
4-Прегнен-3,20-диол 1/300, 1046  
Прегненолол 1/50, 300, 1047; 2/958;  
4/862, 863
- Предвзрывной разогрев 4/571
- Предел(ы)  
воспламенения 3/1187-1189  
выносливости 2/946  
обнаружения 1/550; 2/42-44, 711,  
712, 757; 3/136, 139; 4/394;  
5/148, 880  
огнестойкости 3/646, 647  
прочности 3/144, 145, 1123, 1125  
распространения detonации 2/46  
– огня 3/646, 647  
текучести 3/98
- Предельно допустимые концентрации  
3/154, 850, 854, 855, 866, 867; 4/331,  
1196
- Предельное разбавление 2/711
- Предельные углеводороды, см. *Алканы,  
Насыщенные углеводороды, Пара-  
фины*
- Предельный закон Дебая-Хюккеля 2/7  
Предельный иницирующий заряд ВВ  
2/467
- Предон 4/812
- Предиссоциация 4/159, 160, 161;  
1/856; 2/728; 5/28, 353, 356, 881
- Предизолол 1/319; 2/423, 426, 605,  
606, 959; 4/219, 236
- Предизон 4/219
- Предохранительные взрывчатые веще-  
ства 4/161, 162, 731; 1/281, 706
- Предохранительные мембраны 1/704
- Предплавление 3/1091, 1092
- Предполимеры 5/238
- Представительные пробы 1/360;  
4/181, 183
- Предшественник, см. *Биосинтез*
- Прекальциферолы 1/746
- Прекурсоры 1/1053; 3/846
- Пре- $\beta$ -липопротеиды 2/812
- Прелого  
напряжение молекул 3/331  
правило 1/390, 391
- Премиксы 4/162, 163, 604; 3/330, 1121
- Предильные соединения 1/185, 187;  
5/34, 35
- Преитговая кислота 1/513, 514
- Преобразенсит 1/587
- Преобразователи  
ржавчины 1/1208  
термоэлектрические 4/1080, 1081

- Препаративная хроматография 5/625, 624  
 газоадсорбционная 1/883, 884  
 жидкостная 2/45, 294, 297  
 Препарированные соединения  
 пигменты 3/1013  
 смолы 3/895  
 Преполнимеры 3/742; 5/238  
 Препреги 4/163, 44, 164, 604; 3/330  
 Препролаклин 4/190  
 Препросоматолиберни 4/757  
 Препросоматостатин 4/758  
 Пре-РНК 4/758, 759, 810, 811  
 Прерывистого освещения метод 4/164, 165, 462  
 Пресные воды 1/768; 3/856, 1193  
 Пресоматолиберни 4/757  
 Пресскотон 5/144  
 Прессматериалы  
 волокнистые, см. *Волокнисты*  
 древесные массы 2/229, 230  
 – слоистые пластики 2/230  
 дугостойкие 3/35  
 органосиликатные 3/805, 806  
 получение, см. *Прессование*  
 реактопласты, см. *Пресспорошки*  
 стекло 4/839  
 Прессование. См. также *Прессматериалы*  
 в жесткой форме 4/15  
 в камере 4/14, 15  
 высокоскоростное 4/140  
 газостатическое 2/735  
 гидравлическое 1/1219, 1220  
 и ударные волны 5/53  
 изостатическое 4/140  
 нижекционное 4/6  
 как способ гранулирования 1/1188  
 литьевое 3/1213; 4/4, 5  
 мезги растительных масел 4/382  
 мунодштучное 4/140  
 прокаткой 4/140  
 прямое 4/3, 4  
 радиоактивных отходов 4/320, 321  
 реактопластов, см. *Пресспорошки*  
 с вакуумированием 4/4  
 таблеток 4/970, 971  
 трансферное 4/4, 5  
 штанговое 4/7  
 эфирномасличного сырья 5/1005  
 Пресспорошки 4/165, 26, 114, 140, 165, 542, 970; 2/229, 230; 3/35, 144, 510, 1121, 1249  
 Префар 1/1033  
 Префенат, метаболизм 3/613, 617, 618  
 Префеновая кислота 3/613; 5/121  
 Префикс, гербицид 1/1028  
 Прецессна Лармора 2/77  
 Прецизионные материалы 3/498, 1254; 4/985, 1086  
 Преципитат(ы) 4/165, 166, 544, 549; 2/426, 937; 3/173, 440; 5/301, 305  
 Приближение  
 адиабатическое, см. *Адиабатические методы*  
 Борна–Оппейгеймера 1/45, 791; 5/880, 881, 883, 1036  
 Гайтлера–Лондона 1/665, 666  
 гиперцепное 4/829  
 Гольдмана 3/48  
 Карнахана–Старлинга 5/71  
 квазигомогенное 2/1257, 1258, 1260  
 квазистационарности 2/715, 689; 5/686  
 ЛКАО, см. *ЛКАО-приближение*  
 локализованных электронных пар 1/666  
 одиоцентровое 2/1211  
 Перкус–Иевнка 4/829  
 Планка 3/48  
 Томаса–Ферми 5/875  
 Флори 4/368  
 Хаббарда 5/876  
 Хартри–Фока 4/691  
 Хюккеля, см. *Хюккеля метод*  
 л-электронное 5/875, 876, 877; 3/236  
 Приборные масла 4/166, 167, 168; 1/52; 3/1125  
 Приведенные параметры состояния 4/762, 763; 5/71  
 Привитые сополимеры 4/166, 40, 41, 167–169, 289, 307, 733, 734, 765, 766, 1000; 1/724, 725, 858; 2/465, 1267; 3/54, 202, 1120, 1216, 1230  
 Пригожина  
 принцип 3/841  
 теорема 4/1068  
 Приемистость 1/327, 500  
 Прижигающие средства 2/731  
 Призма 2/366; 3/332; 4/76; 5/354  
 Прилежава реакция 4/169, 202, 247; 3/732, 739; 5/961, 991  
 Прилпнпатели 3/993  
 Примахин 4/238, 239  
 Примеси  
 легирующие в полупроводниках 4/114–117  
 лимитируемые 3/835. См. также *Славы*, отдельные химические элементы  
 Примесная проводимость 3/1104, 1105; 4/103  
 Примулин 2/1216, 1217  
 Принса реакция 4/169, 170, 171; 1/198, 639; 3/738; 5/222  
 Принцип  
 аддитивности атомных радиусов 1/411, 412  
 Баладина 2/693  
 Бергло–Томсена 4/1085  
 Блэка 4/1028  
 Ваит–Гофа 2/1168  
 вариационный 1/681; 3/233, 234  
 Гибсса 4/1073, 1074; 5/100, 464  
 Гибсса–Кюри–Вульфа 3/1172, 1173  
 Дьярмсти 4/1069, 1070  
 «жестких» и «мягких» кислот и оснований 2/281, 282, 920, 930  
 заполнения Хунда 5/640  
 запрета 3/892  
 изобальной аналогии 2/361, 793, 795; 3/82  
 Кэртина–Гаммета 2/739, 127, 740, 914  
 Китайгородского 3/1145  
 Курнакова 5/174  
 Кюри 4/1066, 1067  
 Ле Шателье–Брауна 2/1168; 1/1215, 1216; 3/427; 5/466  
 максимума площади поверхности жидкости 3/1174  
 масштабной инвариантности 2/1265, 1266  
 микроскопической обратности 4/1068  
 минимального производства энтропии 4/1068, 1069  
 многократного удвоения 3/1256  
 наименьшего рассеяния энергии 4/1068, 1069  
 неопределенности 2/720, 726  
 непрерывности 5/174  
 Паули 3/892, 288, 893, 959; 1/405, 781, 1117; 2/719, 723, 904; 4/787, 789, 826, 995; 5/640, 869  
 Плато 3/1174  
 Пригожина 3/841  
 равновесия Гибсса 4/1073, 1074; 5/100, 464  
 – детальное 2/41, 42; 4/691, 832, 1066, 1068; 5/504  
 – локального 4/1066, 1069, 1074  
 – подвижного 2/1168  
 – термического 4/1028  
 совместности 5/174  
 соответственных состояний 4/367  
 соответствия в квантовой механике 2/717  
 – энергетического 2/693  
 сохранения орбитальной симметрии, см. *Вудворда–Хофмана правила*  
 стационарности 3/1266  
 структурной стабилизации 4/1064  
 суперпозиции Больцмана 4/485  
 Флори 2/1268  
 Франка–Кондона 1/792; 2/528, 1221, 1310  
 Припон 3/753, 754, 758, 1134; 4/601, 640; 5/753  
 Приработочные масла 4/171; 3/1127  
 Природные вещества 3/784  
 Природные газы, см. *Газы природные горючие*  
 Присадки  
 к смазочным материалам 4/171, 167, 438, 439, 725–727, 926, 1115; 1/344, 345, 922; 2/310, 463, 544, 961; 3/84–86, 277, 285, 303, 462, 466, 503, 683, 740, 884, 1054, 1126, 1168, 1245; 5/263, 987  
 к топливам 4/174, 175, 400; 1/922, 2/103; 3/277, 278, 462, 503, 683; 5/660  
 Присок 2/412  
 Присоединения реакции 4/176, 177, 415, 802, 1107; 1/278, 355, 374, 512, 530, 599, 947, 948, 968, 969, 994, 995, 1114, 1204, 1218; 2/75, 106, 140, 275, 276, 378, 379, 416, 418, 421, 581, 622, 623, 630, 640, 642, 646, 706, 746, 794, 795, 913, 1025, 1203, 1204, 1237; 3/31, 81, 109, 110, 513, 514, 516; 5/533, 733, 827, 828. См. также *Протонырование*  
 Анри 1/316, 198; 3/555, 556, 701  
 ацилирование 2/887, 888  
 Бухнера 2/750  
 в ароматическом ряду 4/177  
 введение защитных групп 2/325, 326  
 внедрения, см. *Внедрения реакции*  
 Теломеризация  
 внутримолекулярные 4/314; 5/943  
 восстановление 2/129; 3/10  
 галогенирование 1/954–956. См. также *Гидрогалогенирование*  
 Гипоалогенирование  
 гетеролитические 1/1060; 2/628; 3/761; 4/176, 1137  
 гидратация, см. *Гидратация*  
 гидроборирование 2/129  
 гидрогенизация, см. *Гидрирование*  
 гидро- и карбомсталлирование 2/889  
 гидроксилрование 2/129  
 гидросилилирование 1/1108, 1109; 2/1018, 1023; 3/79, 80, 478, 737, 1131; 4/682  
 гидроцианирование 1/1116, 439; 2/121  
 «голова к хвосту» 5/737  
 гомолитические 1/1084; 2/746; 4/176  
 димеризация, см. *Димеризация. Рекомбинация*  
 динамическая стереохимия 2/128–131  
 дипольные 1/841–843; 2/74, 403, 404; 3/760, 762, 1034; 4/48, 49, 176, 177, 767, 1167; 5/738. См. также *Ренте реакции*, *Циклоприсоединение*  
 диссоциативные 4/750, 751  
 етакое 2/246, 247  
 заместительные 5/428  
 и отщепление 1/954, 956; 3/603, 604  
 изомеризация 1/1084; 2/101, 128, 129, 131; 3/738; 4/169–171, 176, 312, 553, 619, 856  
 камфеновые, см. *Камфеновые перегруппировки*  
 карбонный механизм 4/415, 416  
 карбонилирование, см. *Карбонилирование*  
 каталитические, см. *Каталитические реакции*  
 Кондакова 2/887, 888; 1/941, 942  
 конденсация, см. *Конденсация (реакции)*  
 контролируемые 5/263  
 металлизирование 3/72  
 нитрование 3/528–530, 555, 556  
 нитрозирование 3/534, 535  
 нуклеофильные 1/2, 3, 90; 2/94, 296, 402, 403, 405, 411, 598–600, 628, 640–642, 740, 1103; 3/296, 438, 515, 581, 601, 604, 739, 1046, 1248, 1250; 4/176, 177, 416, 553, 924; 5/523  
 окислительные 1/758; 2/276, 537, 626, 934; 3/10, 72, 77, 79, 476, 477, 1130; 5/263  
 олигомеризация 3/78, 79, 84, 449, 737, 743, 744, 876; 4/177, 928, 1026  
 парофазный фотолит 3/533  
 поверхности потенциальной энергии 3/1175–1177  
 полимеризации, см. *Полимеризация*  
 правило(а) Альдера 1/199, 200  
 – Зайцева–Валера 2/311, 312, 1293  
 – Марковникова, см. *Марковникова правило*  
 – стереоэлектронные 2/128, 129  
 радикальные 1/993, 1084; 2/109, 647, 1294; 3/10, 581, 738, 1062; 4/67, 177, 303, 312, 313, 417–421, 924, 934, 1123, 1124, 1155  
 рацемизация 2/364  
 регнотелективные и регнотепецифичные 4/176, 425, 426  
 синтез диенов, см. *Диеновый синтез*  
 – циангидриновый 2/752  
 согласованные 4/176  
 сольватированного электрона 4/750, 751  
 сольвомеркурирование 4/553  
 сопряженные 2/246; 4/177. См. также *Михаэля реакция*  
 трансаннулярные 4/1228  
 транслюцинирование 5/661  
 Ун 5/35, 36  
 фотохимические 4/907; 5/332, 355, 356, 534  
 фторирование 5/391  
 хелатронные 5/442, 443  
 цианирование 5/704  
 Цилера 5/711  
 электрофильные 2/359, 410, 619, 622, 626, 919, 1103; 3/528–530, 534, 535, 581, 1250; 4/66, 176, 177, 737, 738, 767, 913, 932, 1228; 5/907, 982  
 Присоединительная номенклатура 3/574  
 Прозальбумин 1/192  
 Проанпорфны 2/398–400  
 Пробирный анализ 4/183, 178, 184; 1/686; 2/709, 916; 3/412, 1133  
 Пробковая кислота 1/989; 2/107, 108; 4/527; 5/21, 721  
 Проботбор 4/179–183, 279–281; 5/497  
 Пробоподготовка 4/179–183; 5/497  
 Пробы аналитические 4/178, 179–183, 279–281, 480, 627, 628, 775–780; 2/293, 609. См. также *Метрология химического анализа*  
 Бейльштейна 1/468, 469, 949  
 в потоке, см. *Проточно-инжекционный анализ*  
 докторская 3/447

- Лассеня 2/1148  
Марша 3/308  
представительная 1/360; 4/181, 183  
просеивание, см. *Ситовой анализ*  
система напуска 2/1309, 1314, 1315,  
1318  
Францшима 3/503  
Провитамин 1/741, 746, 750; 2/239;  
3/156, 1089; 4/987, 988  
Проводимость  
дырочная 3/1103, 1104, 1106;  
4/103–105, 112  
зона 3/73, 96, 419; 4/103, 104, 995–  
997, 1075, 1076  
ионная 5/857, 859, 861–863  
металлическая 2/477, 624, 625, 821,  
1317; 3/73, 96, 100, 241, 248;  
4/345  
примесная 3/1104, 1105; 4/103. См.  
также *Легирование*  
протоиная 5/863  
прыжковая 4/108  
собственная 4/103–106  
электролитов, см. *Электропровод-*  
*ность электролитов*  
электронная, см. *Электроны про-*  
*водимости*  
Прогастри 1/982  
Прогенины 5/93  
Прогестерон 1/300, 1046–1048; 2/747,  
958; 4/212, 862, 863; 5/589, 606  
Прогестины 1/1046–1048  
Прогесторин 1/1171, 1173  
Прогоркание 2/305; 3/1088; 4/381  
Программные системы автоматическо-  
го регулирования 1/23  
«Прогресс», алкилсульфат 1/161  
Продукты 3/884  
Продигиозан 2/427  
Продиорфин 3/766  
Продуктоселективность реакции  
4/854, 855  
Проектирование химических произ-  
водства 4/184, 185–187; 3/943–945  
автоматизированное 1/19, 20–22;  
2/748; 4/186, 187  
Проекционные формулы  
Ньюмена 3/606, 266, 267, 571, 572;  
4/848  
Фишера 5/198  
Прозерин 1/346  
Прозопии 3/1031  
Произведение  
активностей 4/187, 188, 356;  
1/1065; 2/1254  
молярных концентраций ионов  
4/187  
растворимости 4/187, 188, 356;  
5/105  
Производительность  
аппаратов 3/340; 5/183, 716–718  
как скорость реакции 4/718  
Производство энтропии 3/841;  
4/1065–1070, 1074; 5/956  
Пронисектициды 2/468, 472, 473  
Пронисулин 1/327; 2/476  
Проканамид 3/567  
Прокаливание 2/668, 669, 671, 674,  
675, 840  
Прокальцитонин 2/581  
Прокарбази 2/605, 606; 4/235  
Прокатка  
металлов и сплавов 3/94  
пластмасс 4/8, 15, 140  
Проколлаген 2/857; 3/199  
Проконвертин 2/111  
Проксамин 4/188, 31, 189, 202;  
3/1165; 5/987, 991  
Проксазолы 4/189, 31, 202; 3/1165;  
5/991  
Проксимфам 1/1030  
Пролактин 4/189, 190, 758, 1172;  
1/747, 1172; 2/695; 3/399, 1135  
Проламины 4/190, 191, 192; 1/470;  
3/611  
Пролекарства 2/1161  
Пролин 4/191, 190, 192, 1075, 1260,  
1262; 1/134, 135, 144, 250, 253, 415,  
484, 544, 551, 745, 1152, 1181; 2/559,  
634, 1172, 1228; 3/488, 619, 620, 809,  
926, 933, 1080; 5/968, 969  
Пролиназа 4/191  
Пролинамид 4/1172  
Пролиогированные лекарственные  
формы 4/774; 5/108, 109  
Промелол 4/192, 813; 1/296, 297;  
3/107, 1031  
Промежуточные продукты (полупро-  
дукты) 5/469  
для красителей 2/981  
интермедиаты, см. *Интермедиаты*,  
*Переходное состояние*  
Промекарб 2/473  
Прометазин 1/324, 325; 5/146  
Прометий 4/192, 193, 332, 336, 432,  
433; 3/584, 957; 5/935, 1023  
Прометрин 4/1250  
Промокаемость материалов 2/324  
Проморфинаны 3/275  
Промоторы 4/193, 670, 742, 869;  
1/662, 666; 2/604, 605, 662, 664, 666,  
675–677, 680, 685, 693; 3/126, 767;  
5/10, 305, 1047. См. также *Актив-*  
*аторы*  
Промышленные жидкости 4/1113, 1114;  
5/184, 185, 453  
Промышленная санитария и гигиена  
труда 3/866, 867  
Промышленные удобрения 5/54  
Пропаза комплекс 4/194  
Пронестил 3/567, 568  
Пронизон 4/219  
Проушферин 2/398, 399  
Пропаднены 2/1102  
Пропан 4/194, 195, 196, 342, 421, 612;  
1/431, 833, 896, 909, 911, 913, 914,  
917, 927–930, 932; 2/6, 34, 95, 143,  
672, 677, 679, 680, 682, 686, 843, 844,  
1077; 3/345, 546, 557, 653, 672, 726,  
739, 1001, 1056, 1062, 1065; 5/223,  
681, 834, 983  
Пропаналь 1/196; 3/617–620; 4/207,  
208. См. также *Пропионовый альде-*  
*гид*  
Пропан-бутановая нефтяная фракция  
1/204, 205; 2/167, 168; 3/441, 461  
Пропандитрил 2/1274–1276  
Пропандиовая кислота 2/1274  
Пропандиолдегидратаза 2/970  
Пропандиолы 1/1133; 2/134; 4/198,  
199, 1225. См. также *Пропиленгли-*  
*коли*  
1,3-Пропандиол 2/180  
Пропандид 1/1029; 2/203  
Пропандид 4/812  
Пропановая кислота 2/643, 644; 3/573;  
4/206–208  
1,3-Пропанолид 2/1141, 1142; 4/205  
Пропанолол гидрохлорид 1/298  
Пропанолы  
1-изомер 2/366; 3/617, 618; 4/201,  
207, 208, 363. См. также *Пропи-*  
*ловый спирт*  
2-изомер 2/366, 380, 381; 4/801,  
802. См. также *Изопропиловый*  
*спирт*  
2-Пропанон 1/436, 437; 2/744. См.  
также *Ацетон*  
Пропан-пропиленовая нефтяная фрак-  
ция 2/380; 5/593  
2-Пропансульфамид 4/897  
Пропансульфокислота 4/924  
Пропансульфолориды 4/937  
Пропантиол 4/1136  
1,2,3-Пропантрикарбальдегид 1/196  
1,2,3-Пропантрикарбоновая кислота  
5/793  
Пропантриолы 1/1145; 4/1102  
Пропаратгормон 3/883  
Пропаргилвиниловый эфир 2/786  
Пропаргилгалогениды 1/176; 2/544;  
4/195  
Пропаргилгидразины 1/1074  
Пропаргилглицин 1/396  
Пропаргилловая кислота 4/205, 206  
Пропаргилловый альдегид 2/360, 381;  
4/195  
Пропаргилловый спирт 4/195, 206, 801,  
802; 1/430; 2/544, 1109  
Пропаргит 1/107  
Пропатен 4/30, 31  
Пропахлор 1/1029  
Пропелланы 3/332; 4/76; 5/719  
Пропелленты 4/195, 69, 196; 1/657;  
2/19, 118, 1133; 3/985; 5/549  
Пропен 4/197, 198, 554; 5/739. См.  
также *Пропилен*  
Пропеналь 1/118, 119, 196  
2-Пропенамид 1/114, 115  
1-Пропенил 3/569  
2-Пропениламины 1/175  
2-Пропенилизотиоцианат 1/179  
Пропенилсульфиды 4/912  
2-Пропенилнитрил 1/117  
Пропеновая кислота 1/116, 117; 2/643,  
644  
2-Пропен-1-ол 1/180; 4/801, 802. См.  
также *Аллиловый спирт*  
2-Пропен-1-тиол 1/179, 180  
Пропептиды 2/857  
Пропердин 2/876  
Пропестициды 3/994  
Пропетамфос 2/472  
Пропизамид 1/1029  
Пропримоназол 5/419  
Пропил 1/154; 3/569, 572, 574  
Пропиламины 4/196, 197, 198, 204,  
205; 1/117, 175; 3/619, 620  
N-Пропиламин 1/154  
Пропилацетат 3/1059; 4/204  
Пропилбензол 1/158; 4/203  
Пропилбромид 1/604; 2/811  
2-Пропилвалериановая кислота 4/241  
Пропилдихлорфосфат 1/962  
2-Пропил-3,5-дэтилпирридин 2/1298  
Пропилен 4/197, 198  
получение 1/513, 928, 931; 2/205,  
667, 677, 1005; 3/79, 449, 451, 465,  
727, 739, 913, 1061–1066; 4/194,  
195, 1060  
свойства 1/116, 117, 119, 157–159,  
180, 187, 198, 436–438, 538, 644,  
648, 649, 754, 756, 865, 998, 1023,  
1057, 1077, 1112, 1113, 1146,  
1163; 2/91, 143, 210, 379–381,  
662, 665, 672, 674, 768, 777, 908,  
921, 1298; 3/9, 54, 79, 104, 105,  
253, 376, 672, 673, 728, 736–740;  
4/193, 199, 202, 203, 265, 308, 421,  
687, 850, 869; 5/222, 439, 469, 713,  
746, 795, 876, 980, 982–984  
сополимеры 1/572, 724, 725; 2/705–  
707, 921; 3/257, 661, 1267; 4/766,  
969, 1087, 1089; 5/397, 991, 992  
Пропилгликоли 4/198, 54, 189, 199–  
203, 1225; 1/1101, 1133–1135; 2/19,  
134, 252, 805, 1164, 1179; 3/253, 610,  
712, 822, 1117; 5/377, 800  
Пропилдиамины 1/453; 2/82, 821  
Пропилдидкарбоновые кислоты  
5/773  
Пропилдиоксилильная группа 2/326  
Пропилдиглиогруппа 2/326  
Пропиленкарбонат 4/199, 200, 201,  
203; 1/5, 931; 2/638; 3/1216; 5/487–  
489, 990  
Пропиленоксид 4/201, 51, 54, 199, 200,  
202, 203, 697, 1096, 1097; 1/180, 392,  
960, 1146; 2/379; 3/79, 323, 574, 610,  
712, 730–732, 739, 744, 975, 1165,  
1210; 5/416, 668, 980, 991  
полимеры, см. *Полипропиленоксид*  
сополимеры, см. *Проксамин*, *Про-*  
*ксанолы*, *Пропиленоксидный кау-*  
*чук*  
Пропиленоксидный каучук 4/203, 31,  
94, 202, 204; 2/707, 708  
Пропилсульфид 3/733; 4/203  
1,2-Пропилсульфит 4/921  
Пропилхлоргидриды 1/960; 4/200,  
202  
Пропилхлорид 4/479  
Пропилюдид 2/811  
Пропилюдоид 4/479  
Пропилкарбамат 5/87  
Пропилкарбиол 1/648–650  
Пропилнитрат 3/505  
Пропилнитрит 3/518  
Пропиловый спирт 4/204, 801–804;  
1/1163; 2/562, 677  
N-Пропилпирридинийоксид 2/1113  
Пропилпропионат 4/207, 208  
Пропилсульфоановая кислота 4/801  
Пропилтрифторсилан 3/801  
2-Пропилтириол 1/163  
Пропилфлуорид 5/128  
Пропилформат 3/289  
Пропилфторсульфат 5/409  
Пропилхлорид 2/461, 811  
Пропилхлорид 3/917  
Пропии 2/143; 3/108  
Пропинилы 3/569  
Пропиновая кислота 2/643, 644;  
4/205, 206  
2-Пропин-1-ол 4/195, 801, 802. См.  
также *Пропаргилловый спирт*  
Пропиобетанин 3/619, 620  
β-Пропиолактам 2/1137  
Пропиолактоны  
β-изомер 4/205; 2/741, 1141, 1142;  
3/105; 5/222  
γ-изомер 4/999  
Пропиолаты 4/205, 206  
Пропиоловая кислота 4/205, 195, 206,  
1148; 1/602; 2/28, 643, 644  
Пропиомеланокуртин 1/51; 3/37, 399,  
766  
Пропионоамид 4/207  
Пропионоанилд 4/207  
Пропионат 3/613, 617, 618; 4/1260;  
5/583  
Пропионаты 4/207; 5/130  
Пропионил-кофермент А 1/434, 556,  
609; 2/633; 3/617, 618; 4/1260  
Пропионил-кофермент А-карбоксила-  
за 1/556  
Пропионитрил 1/117; 3/69; 5/14, 582  
Пропионовая кислота 4/206, 194, 199,  
203–205, 207–209, 312, 904, 1169;  
1/116, 440, 556, 609, 610, 736, 1113,  
1179; 2/226, 322, 640, 643, 644, 789;  
3/252, 613, 711, 969, 1055, 1088;  
5/56, 218, 573, 582, 605  
Пропионовокислородное брожение 1/609,  
610  
Пропионовоуксусный ангидрид 1/299  
Пропионовоый альдегид 4/207, 196,  
199, 202, 204, 207, 208, 713; 1/196,  
198, 301, 302; 3/61, 617–620, 732;  
5/134, 713  
Пропионовоый ангидрид 1/301, 698  
Пропионофенон 4/208, 209; 5/219  
Пропитка  
как метод формования 4/16  
капиллярная 2/612, 613  
составы, см. *Пропиточные составы*  
Пропиточные составы  
для бумаги 2/602  
для декоративных слоистых пласти-  
ков 1/1209  
для древесины 2/594–596  
для канатов 2/601  
для тканей 2/323, 324, 406; 4/1102  
Пропоксилюр 3/115  
Пропоксур 2/473

- Пропорциональный закон регуляции 1/24
- Пропранолол 2/697
- Пропрессофии 1/661
- Прорезиненные ткани 2/324; 3/1244; 4/443, 445
- Проренин 4/468
- Просветляющие оптические покрытия 3/776
- Просветляющиеся красители 5/383
- Просвечивающая микроскопия 5/869–871, 873, 874, 877
- Проскок веществ 1/61, 772; 2/515
- Простоматогатаи 4/758
- Пропидин 4/209, 235; 3/1029
- Простагландинсинтетазы 1/296; 4/1194
- Простагландины 4/209, 210–213, 219, 304, 439, 516, 721, 1194; 1/39, 142, 165, 174, 296, 865; 2/106, 140, 241, 478, 743, 760, 875, 1177, 1188, 1190, 1321; 3/103, 396, 439, 579, 794, 975; 5/801, 1036, 1040
- Простановая кислота 4/209
- Простанолды 4/209, 210; 5/801
- Простациклины 3/396; 4/211, 212
- Протестические группы 1/452; 2/967, 968, 974; 5/34
- Простилонный вар 3/894
- Простой суперфосфат 1/587; 2/590, 1006; 3/172; 4/650, 940–942; 5/297, 756
- Пространственная изомерия 2/366–368, 599, 943, 1259; 3/569, 570. См. также *Атропизомерия*, *Диастереомерия*, *Изомерия оптическая*, *Стереоизомерия*, *Энантиомерия*
- Простые реакции, см. *Реакции химические*
- Простые эфиры, см. *Эфиры простые*
- Протактиний 4/213, 214, 323–325; 1/131, 132; 2/384; 2/1104; 3/97; 5/166, 937
- Протамины 1/322, 330, 362; 2/476, 1176
- Протаргол 4/639
- Протеазы 1/471, 475, 476, 554, 1022; 2/395, 476, 1324; 3/157, 283, 400, 1195; 4/216, 217, 430, 700; 5/16, 17, 159, 1036, 1038, 1039. См. также *Протеолитические ферменты*
- Протеиды 1/394; 3/926. См. также *Белки*
- Протенин 1/119, 471. См. также *Белки*
- Протеиназы 1/417, 551, 1097, 1098; 2/559, 875; 3/199; 4/194, 216
- Протеинкиназа 1/40, 50; 2/578; 3/198, 713, 884; 4/430, 517, 1172, 1236; 5/272
- Протенинфосфатазы 1/40
- Протеогепарансульфаты 4/215, 216
- Протеогепарины 4/215, 216
- Протекторная защита металлов 5/908
- Протеопликаны 4/214, 34, 215, 216, 1075; 1/1132; 2/695, 857; 3/286, 287; 5/38. См. также *Мукополисахариды*
- Протеодерматансульфат 4/215, 216
- Протеокератансульфаты 4/214–216
- Протеолиз 1/475, 481, 482, 982; 2/395, 577, 578, 695, 874–876; 3/198, 199, 287; 4/194, 216, 217; 5/518
- Протеолизосомы 2/1200
- Протеолитические ферменты 4/216, 217; 1/471, 472, 474–476; 2/423, 476; 3/934; 5/218, 605. См. также *Протеазы*, индивидуальные гидролазы
- гидролиз пептидных связей, см. *Протеолиз*
- проназа комплекс 4/194
- экзопептидазы, см. *Аминопептидазы*, *Карбоксипептидазы*
- эндопептидазы, см. *Протеиназы*
- Протеохондритисульфаты 4/215, 216
- Противовирусные средства 4/217, 218, 219, 231, 464, 519, 742, 1149; 3/595, 596; 5/585
- Противовоспалительные средства 4/219, 209, 220, 569, 861, 927, 940, 1122; 1/637; 2/110, 344, 400; 3/365, 675, 690; 5/143, 523, 774
- Противовуализирующие вещества 1/529, 624, 1067; 2/565; 3/354, 523; 4/254; 5/322, 452
- Противогазы 4/220, 221–225, 833, 972; 2/672, 1206; 3/847, 867; 5/242, 501, 582
- Противогистаминные средства 2/636; 3/110
- Противоглистные средства 4/225, 226, 227, 661, 1126, 1158; 1/996; 2/76, 1151, 1152; 3/118, 405, 1029; 5/146, 280
- Противоградовые составы 4/227; 3/1076
- Противогрибковые средства 4/227, 228–231, 233, 861; 1/1202; 2/623, 1263; 5/118, 416, 585, 587, 751
- Противодымная защита зданий 3/1190
- Противодымные присадки 2/103; 4/175
- Противозадирные материалы 1/345; 2/961; 3/1168; 4/172, 438, 439, 726, 1115, 1237
- Противознозные присадки 1/286; 2/961; 3/277, 278, 1126; 4/167, 172, 174, 175, 400, 438, 439, 726, 1114, 1163, 1237
- Противозоны 2/200, 408, 503, 504
- Противокашлевые средства 4/230, 231; 2/399, 401
- Противолейкозные средства 3/595, 596
- Противольфарадные средства 3/1031
- Противомаларийные средства 3/675, 834; 5/520, 521, 523
- Противомикробные средства 4/231, 232–234; 1/453; 2/400, 526, 1263; 3/714; 5/111, 143, 426, 427, 438, 523, 697, 698. См. также *Антибиотики*, индивидуальные препараты и их группы
- Противонагарные присадки 2/964; 4/174
- Противообледенители 2/1209, 1246; 4/400. См. также *Антиобледенители*
- Противообрастающие материалы, см. *Необрастающие материалы*
- Противоопухольные средства 4/234, 209, 235, 236, 270, 1149, 1249, 1250; 1/570, 571; 2/95, 221, 426, 605, 606; 3/595, 599, 690, 741, 1029; 5/118, 219, 269, 411, 449, 745
- Противоопреельные вещества 3/692, 1229; 5/318
- Противоопухотканые жидкости 4/1113
- Противопаркинсонические средства 4/236, 237, 238
- Противопеллагрические средства 3/487
- Противопожарная защита 3/1190, 1191
- Противопротозойные средства 4/238, 231, 239
- Противорвотные средства 4/393, 743
- Противоревматические средства 3/693
- Противостарители 4/239, 240, 1088
- антиокислители, см. *Антиоксиданты*
- и долговечность, см. *Противоопухотканые*
- и излучения, см. *Антирады*
- резин, см. *Антиозонанты*
- фотостабилизаторы, см. *Светостабилизаторы*
- Противосудорожные средства 4/240, 241, 743; 1/546, 1068; 2/181, 439, 1275; 3/685; 5/115, 973
- миорелаксанты, см. *Курареподобные средства*
- транквилизаторы, см. *1,4-Бензодиазепин*
- Противоточные процессы
- кристаллизация 2/1046
- сублимация 2/1045
- Противотуберкулезные средства 4/241, 231, 242, 569, 623, 1149; 1/1071; 2/371; 3/675; 5/386, 740, 973
- Противоумотители 4/242, 243
- Противошоковые кровезаменители 2/1078
- Противоэпилептические средства 4/240
- Против 1/403, 775; 2/758; 4/243
- Протонакарб 4/1132
- Протионамид 4/241, 242
- Протоиофос 2/472
- Протоверберины 2/398
- Протовератрины 2/1215; 4/861, 862
- Протодейтерий 2/13; 5/31, 32
- Протолеметаллирование 2/534
- Протодиосци 4/578
- Протопигменты 2/1173, 1174
- Протолиз, см. *Протолитические реакции*
- Протолитические реакции 1/596; 2/71, 72, 780, 781, 1021, 1022. См. также *Енолизация*, *Кислотно-основной катализ*, *Протонирование*
- Протон(ы) 4/243, 244; 1/403, 408, 775, 778; 3/32, 401, 604, 605; 5/929–932, 1017–1019, 1031, 1032
- «гарпуны» 3/832
- гидратированные 1/1097; 5/424
- «губка» 2/82, 115
- доза излучения 2/216, 217, 221, 298
- как «жесткие» кислоты 2/281, 282.
- См. также *Протонные кислоты*
- магнитный резонанс 4/605, 606; 5/1025
- обмен, см. *Водородная связь*
- перенос, см. *Протонирование*, *Фотоперенос*
- проводимость 5/863
- радиоактивность 4/316, 317
- сольватация 2/780
- спини 2/718
- средство 2/782
- ускорение 2/503
- g-фактор 4/788
- химическая поляризация 5/458, 459
- ядер, число и кларки 2/789
- Протонирование 4/244, 245, 297, 309, 991; 1/548, 1097; 2/70, 244, 409, 411, 418, 419, 456, 626, 628, 813, 919; 5/21, 154, 368, 384, 422–424, 519, 907. См. также *Кислоты и основания*, *Кислоты неорганические*
- Протонные кислоты 1/116, 953; 2/628, 642, 664, 666, 697, 770, 774, 779–782, 1293; 3/738; 4/1157; 5/197, 367
- Протопектин 3/896
- Протопион 2/398, 399
- Протопорфирин 2/973, 974; 4/145, 146; 5/575, 576, 772
- Протосоменион 3/275
- Прототригит 5/2, 3
- Прототропия, см. *Прототропная таутомерия*
- Прототропная таутомерия 1/174, 181, 746; 2/411, 421; 3/62, 549, 709, 951, 1033; 4/273, 991, 992; 5/97, 308, 359
- Протофильное замещение 4/1157
- Протохлорофилл а 2/974, 975
- Проточно-инжекционный анализ 4/245, 246; 2/1100; 3/798, 799; 5/151
- Проточные методы 4/880, 881
- Проточные устройства
- калориметры 2/575
- кристаллизаторы 2/1046
- иасосы 3/343, 344
- реакторы 1/486, 689
- сублиматоры 2/1045
- Протоэметин 1/145
- Протравитель (протравы) для гравирования 4/943
- для крашения, см. *Протравные красители*
- древесины 3/689
- семян 4/247, 494, 544, 554; 3/993; 5/416, 419–421, 631, 707
- Протравные красители 4/247, 248, 947; 2/253, 268, 731, 971, 981, 982, 991, 992, 995, 996, 1000, 1321; 3/700
- азосоединения, см. *Азокрасители*
- алириновые 1/139; 3/1054
- антрахиноновые 1/353; 3/690, 691; 4/247, 248
- зеленый Бс 3/537, 538
- кислотные 4/247, 248
- осиновые 2/977; 3/833
- тиазинные 4/1117
- трифенилметановые 4/247
- Протромбин 1/749–751; 2/111, 342; 3/200; 4/248, 249; 5/17, 126
- комплекс 4/248, 249, 250; 5/16, 1036
- Протяжка профильных изделий 4/15
- Проул 1/1027
- Профакс 4/30, 31
- Профендин 4/219, 220
- Профенфос 2/471
- Проферменты 2/875; 3/1098; 4/430; 5/518
- Профибриолизин 1/248
- Профиллированные волокна 3/1202
- Прохимозин 5/518
- Прохиральные соединения 1/388, 389; 5/538, 714
- Прохладорз 5/420
- Процеживание 3/857, 967, 968
- Процессинг 2/1322, 1324; 3/198; 4/517, 810. См. также *Транскрипция*
- Проционы 1/129; 5/420, 769
- Прочность материалов 4/250, 251, 252, 489, 808, 994; 2/224; 3/1123, 1140, 1219, 1220; 5/171
- адсорбционное понижение 3/85, 1169, 1173, 1174; 4/952. См. также *Резиндера эффект*
- и поверхностная энергия 3/1162
- на растяжение, предел 3/144, 145
- Прочный желтый 5/19
- Прозиефалин 3/766
- Проявители, см. *Проявительные методы в фотографии*
- Проявительные методы в фотографии 4/252, 253–255, 502–508, 625; 626, 695; 1/268, 833, 1116; 2/139, 455, 1334; 3/364, 365, 367, 1057; 5/181, 324–327, 329, 330, 452, 453, 455, 531
- при образовании новой фазы 2/319
- хроматография 1/304; 2/295, 296; 4/555; 5/621
- Пружинные приборы
- весы 1/685, 687, 688, 693, 694
- манометры 2/1281–1283
- Пружинные сплавы 2/260, 1333
- Пруста закон 3/413; 4/150, 866; 5/508, 515
- Прустит 4/637
- Прыгающие гены 3/149–152
- Прыжковая проводимость 4/108



- Прямые красители 4/255, 256, 1199; 2/976, 977; 3/382, 997; 5/124, 382 азосоединения 1/83, 85; 3/998; 4/247  
выпускные формы 2/982  
диоксаниновые 3/676; 4/255 для бумаги 2/989, 990  
для волокон 2/81, 991, 992; 3/3; 4/255, 256  
для древесины 2/994  
для кожи 2/995  
для меха 2/999  
желтый К 1/85  
фталоцианиновые 4/255; 5/382  
черные 3 и 3ИШ 2/999  
ярко-голубой светопроичный 3/676  
ярко-оранжевый 1/83
- Прямые методы  
взвешивания 1/685  
измерений 3/137, 639, 640; 5/172, 173  
титриметрия 2/1097–1100; 4/1189
- Прямые процессы  
ионизация фотоионами 2/499  
химические реакции 3/238–240
- Прямые удобрения 5/54
- ПС, см. *Полистирол*
- Псевдоазеотропы 1/67
- Псевдобинарные соединения 3/576
- Псевдобутилен 1/638–640
- Псевдовитамины 1/744
- Псевдололастониот 4/675, 676
- Псевдоохлаждение 4/256, 46, 47, 257; 2/907, 909, 910, 932; 3/392; 5/308
- Псевдогалогениды 1/970; 3/576; 4/594, 595, 1164; 5/699, 701, 702
- Псевдогалогены 1/970; 2/315
- Псевдогели 1/1001
- Псевдогидраты 1/1078, 1097
- Псевдогидроксиды 3/576
- Псевдогиперциция 2/972
- Псевдоиндоксил 2/457
- Псевдоиндол 2/458
- Псевдоионы 2/517, 966
- Псевдоионы 2/518
- Псевдокальций 2/730
- Псевдоколлоиды 2/1254
- Псевдокумидин 4/258
- Псевдокумол 4/257, 258; 1/514; 2/236; 3/27; 5/567
- Псевдолиофильность 2/1183
- Псевдоморфизм 5/958
- Псевдомочевая кислота 3/279; 5/197
- Псевдонитрилы 3/541, 556, 702
- Псевдооживление 4/258, 138, 259–266, 1244; 1/1105; 5/712, 777. См. также *Кипящий слой, Псевдооживленный слой*  
и коксование нефтяного сырья 2/844  
и масштабный переход 2/1321  
и переиживание 4/1245  
и пневмотранспорт 3/1156, 1158  
и полимеризация 4/31  
и растворение 4/353, 354  
и структурообразование 4/886, 887  
и сублимация-десублимация 4/891  
и теплообмен 4/1050  
и термоконтактный крекинг 4/1060  
и хемосорбция 5/448  
циклические режимы 5/718
- Псевдооживленный слой 1/62, 1058, 1188; 2/683, 1052, 1307, 1321; 4/258–266, 401, 736; 5/170. См. также *Кипящий слой, Псевдооживление*
- Псевдооживленный электрод 4/266  
суспензионный 4/953
- Псевдооксуглероды 3/723
- Псевдооснования 4/266, 267, 1144; 3/830
- Псевдооперационные реакции 3/965
- Псевдопасты 2/860
- Псевдосупероксиды 3/980
- Псевдотекуть 4/886
- Псеадоурдин 3/174; 4/811, 1238, 1239
- Псевдофазы 3/183, 185, 186
- Псеадоэпизолакарпидин 1/148
- Псевдоэфедрин 5/1002
- D-Псилоза 2/1211
- Псилофуранин 3/595
- Псилофанол 2/1285, 1290
- Психоаналептики 4/267, 268
- Психоделиптики 4/269
- Психозины 2/1191; 5/693
- Психозомнетиические средства 4/268, 269. См. также *Галлюциногены*
- Психостимулирующие средства 4/267, 268  
метилксантинны, см. *Кофеин, Пуриновые алкалоиды*  
феинилалкалоиды, см. *Дофамин, Индопан, Норадреналин, Сиднокарб, Фенамин*
- Психостимуляторы 4/267, 268
- Психотоники 4/267, 268
- Психотропные средства 4/268, 269; 3/1029; 5/111, 116, 536  
азиниды 1/64  
анксиолитики, см. *Транквилизаторы*  
нейролептические, см. *Нейролептические средства*  
ноотропы, см. *Ноотропные препараты*  
от депрессий, см. *Антидепрессанты*  
отражающие вещества 3/845, 846  
стимулирующие, см. *Психостимулирующие средства*
- Психрометрия 1/756; 4/955
- Псобоера 5/342
- Псорален 5/342, 1055
- ПСХ, см. *Поливинилхлорид хлорированный*
- Птеридин 4/269, 270; 2/975
- Птеридиноны 4/270
- Птеридиноиды 4/270
- Птериин 3/504; 4/270
- 6-Птериинкарбоновая кислота 5/214
- Птероилполлпутаматы 5/215
- N-Птероил-L-путаминовая кислота 5/214
- Птичий жир 2/307
- Птичий помет, удобрение 3/789
- Пуассона  
распределение 3/137  
уравнения 1/43; 2/7  
функция 3/1166
- Пуверуловая кислота 5/21
- Пуваден 5/341
- Пудлингование 2/264
- Пузыри, процесс  
везикулярный 4/501, 507, 509  
зарождение новой фазы 2/317  
кавитация 5/59–61  
кипение 2/760–763  
псевдооживление 2/1321; 3/258, 260  
слияние, см. *Коалесценция*  
флотация 5/205, 206
- Пулегол 4/271
- Пулегол 4/271; 3/60
- Пулуланаз 2/988
- Пултрузия 4/15
- Пульвиновая кислота 2/973
- Пульпа(ы)  
гидравлическая классификация 2/790–792  
и эрозивная коррозия 2/956  
обезвоживание 3/637  
флотация 1/1111; 2/491. См. также *Обогащение полезных ископаемых фосфатные* 3/520
- Пульсационные аппараты 3/271, 272, 349, 402; 2/490, 491, 1046, 1307; 5/824, 831
- Пумилитоксин 5/1043, 1044
- Пуммера перегруппировка 4/272, 209, 210, 925
- Пураторы 2/158
- Пурген 5/140
- Пурепласт 3/746
- Пуривел 2/37, 38
- «Пуризол»-газоочистка 1/931
- Пурин(ы) 4/273, 235, 274–277, 524, 1248; 1/560, 710, 1097; 2/412, 969, 1172; 3/289, 786; 5/225, 449  
агликоны, см. *Пуриновые основания алкалоиды*, см. *Пуриновые алкалоиды*  
антибиотики, см. *Нуклеозидные антибиотики*  
нуклеозиды, см. *Минорные нуклеозиды*
- Пуриновые алкалоиды 4/274, 268, 269, 275, 774, 775; 1/143; 2/966, 967, 1085; 3/786; 5/593, 707
- 2,6-Пуридинол 2/1083–1085
- Пуринные основания 4/275, 274, 276, 277, 492, 495, 518, 519, 810, 1001, 1238; 1/39, 64, 744, 751, 1149; 2/241, 426, 1084; 3/294, 296, 297, 299, 300, 585, 586, 1241; 5/216, 217  
и пиримидиновые основания, комплементарность 3/211, 1051; 4/276, 1229–1231  
канонические, см. *Аденин, Гуанин*  
метаболизм 3/619, 620, 622, 623  
минорные, см. *Ксантин, Минорные нуклеозиды*  
нуклеиновых кислот, см. *ДНК, РНК*  
нуклеозидов 3/594–599  
нуклеотидов 3/619, 620; 4/275–277  
хроматография 2/519
- Пуриноксиды 4/274
- Пурин-2,6,8-трион 3/279
- Пурионин 1/260; 3/595
- Пурпур 2/441, 974; 3/758
- Пурпуреогликозид А 1/1130
- Пурпуреосоли 2/821
- Пурпурин 1/260, 353; 2/972, 973; 3/689, 690
- Пурпуриновая кислота 3/382
- Пурпуриновая реакция 5/579
- Пурпурные соединения  
бензол 2/646; 3/25  
пиронин 5/649
- Пурпуригалин 3/1054
- Пурпуросантин 2/136
- Пурпуrol 1/257
- Пурпурные жидкости 4/1113, 1114
- Пусьеры 2/552; 5/749
- Путанка 1/807
- Пути  
реакций 2/917, 918; 3/1176–1178; 4/417, 420, 512  
эвакуации людей при пожаре 3/1190
- Путресцин 2/81; 3/619, 620, 809, 1080
- Пуфемид 4/240, 241
- Пуццоланы 5/670–672
- Пушечная смазка 2/901; 3/1125
- Пушонка 2/586
- ПФ, см. *Пиррофосфорная кислота*
- Ферциера-Модфатта реакция (реактив) 4/277
- Пфау прочно-желтые АшГ и АшР 2/997
- Пфайфера эффект 3/772
- ПХПС 3/851
- Пчелиный воск 1/825, 826; 2/770; 3/345, 764, 876, 1125; 5/835, 1003
- Пшорра  
реакция 4/278, 279  
синтез 4/278, 279; 5/117, 127
- Пылемеры 4/279, 280, 281
- Пылеулавливание 4/281, 282–286, 629, 954, 967; 1/448, 898–900, 931, 1105; 2/196, 613; 3/613, 819, 922; 5/25, 726. См. также *Пыли, Циклоны*
- Пыль(ь) 1/446, 898, 900; 2/153; 3/848–850, 852–855, 863, 1194
- кремнеземная 2/1028  
стоксовский размер 4/283. См. также *Пылемеры*  
улавливание, см. *Пылеулавливание цементная* 2/348  
цинковая, см. *Цинковые материалы*
- Пьезокаманка 2/733; 4/284
- Пьезомагнетик 2/1072
- Пьезоприборы  
ватгомеры и гигрометры 1/754  
датчики давления 2/1284  
плотномеры 3/1150  
резисторы 2/1072  
уровнемеры 5/90
- Пьезоэлектрики 4/284, 110, 285, 681, 682, 698, 699, 985, 986, 996; 2/583, 733, 1071, 1072, 1208; 3/167, 418, 489, 777; 5/26, 62, 761  
изоморфное замещение 2/371  
поляризация при сжатии, см. *Пирроэлектрики*  
– спонтанная, см. *Сегнетоэлектрики*
- Пьезоэффекты 4/284, 996
- Пьюрек-процесс 3/1155
- Пэксолин 5/144
- ПЭПА, см. *Полиэтиленполиамин*
- Пятна  
дифракционные коллоидные 5/63  
диффузные 2/191  
«черные», см. *Диффузионно-контрастируемые реакции*
- Пятновыводители 4/285, 286; 1/657; 5/724, 777

## P

- P-84, волокно 5/22
- Работа  
агезия 1/36; 2/1182; 4/729  
выхода частиц, см. *Межфазные скачки потенциала*  
как электрохимический потенциал 5/920  
когезия 1/36; 2/833, 1182  
максимальная реакция 2/1268, 1269, 1270; 1/762; 4/1071, 1072; 5/505, 804, 805  
образования зародышей новой фазы 2/317, 318, 760, 761; 3/1171  
повышения давления газа 2/881  
холодильных циклов 5/595–604
- Работоспособность оборудования 3/320, 323
- Рабочая линия процесса 1/9, 10, 12, 13; 2/1305–1307; 4/453–457
- Рабоче-консервационные масла и смазки 2/900, 901; 3/277
- Равновесие  
в растворах полиэлектролитов 4/79, 80  
вековое радиоактивного ряда 4/322, 325  
Гиббса 4/1073, 1074; 5/100, 464  
детальное, принцип 2/41, 42; 4/691, 832, 1068; 5/504  
индикаторов 2/446, 448  
карбонатное, см. *Кальций*  
квантатическое 4/1074  
кето-енольное 2/247  
константы, см. *Константы равновесия*  
конформационное 2/369, 739, 740, 907, 912–914; 5/544  
локальное, принцип 4/1074  
метастабильное 2/859; 4/1074; 5/100, 101  
механическое 4/1073  
моно- и синтетическое 2/61; 5/101  
перитетическое 5/101  
при адсорбции, ступень разделения 1/11  
при экстракции 5/825–828

- таутомерное 4/991  
термическое 3/1094; 4/1028, 1029, 1073; 5/99, 351  
термодинамическое, см. *Термодинамическое равновесие*  
устойчивое, закон 3/936  
фазовое, см. *Фазовое равновесие*  
факторы 5/97  
химическое, см. *Химическое равновесие*  
частичное, см. *Обратимые и необратимые процессы*  
эвтектическое 2/58–60; 5/101  
электрохимическое 5/841, 920, 924  
Равновесная линия процесса 1/7, 9, 10, 12, 13; 2/1305–1307; 4/453, 454  
Равноплечные весы 1/685, 687–690, 700  
Равель 4/43  
Радеупер 4/1224, 1225  
Радищевского реакция 4/287, 288; 3/513  
Радиационная защита 4/288, 289, 294, 1139; 2/503; 5/4, 5  
дезактизация 2/15, 16  
и радиоактивные отходы 4/319–322, 335  
одежда, см. *Защитная одежда*  
от облучения, см. *Доза излучения*  
Радиационная полимеризация, см. *Полимеризация*  
Радиационная стойкость 4/289, 290, 291; 3/1124  
Радиационная химия 4/291, 292, 296; 5/177, 480, 509  
и дозиметрия 2/219, 220, 221  
и радиохимия 4/292, 336  
и реакции, см. *Радиационно-химические реакции*  
и технология, см. *Радиационно-химическая технология*  
и химическая кинетика 2/753  
методы, см. *Радиационные методы*  
приборы, см. *Радиационные устройства*  
Радиационно-химическая технология 4/292, 16, 116, 293–295, 298; 2/503; 3/201. См. также *Радиолиз*  
Радиационно-химические реакции 4/295, 292–294, 296, 329; 2/221, 379, 501. См. также *Радиолиз*  
выход продуктов 4/298, 290, 293, 750; 2/221  
деструкция и старение полимеров 2/39; 4/822  
диффузионно-контролируемые 4/297  
и механические воздействия, см. *Механохимия*  
и мутации 3/297, 298, 301  
иницирование 2/466  
ионо-молекулярные 2/509, 531; 4/297  
кинетика 2/753  
коррозия 2/956  
окисление 3/860  
плазменные 4/295  
полимеризация, см. *Полимеризация радиационная*  
рекомбинация 2/530  
Радиационно-химический выход 4/298, 290, 293, 750; 2/221  
Радиационные методы дефектоскопии 2/49  
дозиметрия 2/219, 216, 217, 220, 221, 1209, 1227; 3/501; 4/329, 338  
интроскопия 2/49  
Радиационные потери 2/500  
Радиационные устройства датчики давления 2/1282  
детекторы 2/43–45  
печи 3/999, 1005–1008  
пирометры 3/1072  
электронные 5/836  
Радиационные характеристики молекул 2/726, 727  
потока электронов 2/500  
производительность аппаратов 4/294  
стойкость материалов 4/289, 290–292, 298, 442–444; 1/345, 629, 978; 2/126, 503, 516, 704, 708; 3/87, 806, 837, 1117, 1124, 1126. См. также *Индивидуальные материалы*  
Радиационные эффекты 2/219, 220; 5/1021, 1022. См. также *Ионизирующие излучения*, *Радиоактивность*  
Радий 4/298, 299, 300, 318, 319, 323–325, 335, 762; 1/1015; 3/84, 97, 169, 413, 583, 957–959, 1193; 5/335, 796, 797, 937, 945, 946, 1017, 1022  
Радий-це-стрий 4/323–325  
Радикалов теория 3/572, 785; 5/509  
Радикалы 3/572, 785; 5/509  
номенклатура 3/577  
«протенн» 1/471  
свободные, см. *Радикалы свободные*  
Радикалы свободные 4/300, 301–304, 867; 1/560, 562, 1153; 2/1224; 3/204  
азотокисные 3/543–546  
алкилдениминоксильные 2/419  
аминлоксидные 3/543–546  
аминокислые 3/543–546  
арокислые 1/371, 977, 978; 5/142  
вердазильные 1/683, 684; 4/302; 5/219  
вещества-ловушки, см. *Спиновых ловушек метод*  
время жизни и гибели 4/164, 165  
гальваникоксильный 1/977, 371, 978; 4/302  
генерирование 1/780, 1157, 1159, 1162; 2/5, 464–466, 645, 754, 945, 965; 3/146, 147, 298, 660, 666, 788, 939, 976, 977, 979, 1062; 4/297, 304, 305, 310–314; 5/59, 60, 93, 94, 336, 548. См. также *Фотохимические реакции*, *Цепные реакции*  
геохимия 1/1018  
гипразильные 1/1070; 2/185; 4/302  
N,N-дифенил-N'-пикрилгидразильный 2/185; 1/1070; 4/302  
замороженные 4/301. См. также *Клетки эффект*  
заряженные, см. *Ион-радикалы*  
и спинового зонда метод 4/790–792  
и спиновых ловушек метод 4/795  
нминокислые 2/419; 3/543–546, 702; 4/303  
иертные 4/301  
Коппинера 1/977  
мультиплетность 3/204, 288. См. также *Бирадикалы*  
нитрокислые 3/543, 544–546, 549, 550, 681; 1/1095; 2/419, 432; 4/302–304, 589, 790–792, 795, 1256  
обнаружение и анализ 2/293, 345, 346; 4/304, 795. См. также *Химическая полимеризация ядер*, *Электронный парамагнитный резонанс*  
окисленные 4/1123  
оксифторидные 2/769  
пары, см. *Радикальные пары*  
пергалтоенаксильные 5/261  
перокислые 2/432, 433; 5/445  
применение 2/872, 873, 1125–1127, 1184, 1185; 3/662; 4/790–792  
рацемизация 4/311  
реакционная способность 2/1268; 4/303, 304; 5/332, 891, 893, 903. См. также *Радикальные реакции*  
резонанс структур 4/447  
рекомбинация, см. *Рекомбинация радикальная*  
семихиноновые 4/623, 624; 5/142  
тетразолильные 5/219  
тильные 4/1123, 634, 1124, 1137  
триарилметильные 4/1254, 301, 302, 1255; 1/393; 3/786; 5/5–8  
тропильные 5/20  
фактор Ланде 5/888  
формильные 5/224, 225  
фталоцианиновые 5/383  
хлоркислородные 5/556  
Радикально-функциональная номенклатура 3/572, 573  
Радикальные пары 4/309, 413, 867; 2/810, 811, 1034, 1239, 1251, 1252; 5/336–338, 355, 356, 458–460, 891, 893  
Радикальные реакции 4/310, 303, 304, 311–314; 1/599, 1114; 2/192, 646, 898, 1096; 3/316, 549, 738, 739, 787; 5/124. См. также *Радикалы свободные*, *Радикальные пары*  
алкилирование 3/557; 4/312  
арилрование 1/1157; 3/557; 4/1157  
Бартона 1/464, 465; 3/518, 535  
в полимерах 2/38, 39; 3/1115; 4/252, 814–816, 821, 822  
виутримолекулярные 1/464; 2/810, 811; 4/313, 314  
восстановление 2/524, 526; 4/310, 314  
галогенирование 1/953; 2/398, 651; 3/101, 346, 383; 4/310; 5/739  
гидрогалогенирование 1/1084  
Гомберга–Бахмана–Хей 1/1157, 1158; 2/17; 3/1045; 4/62, 1157  
гомолитические 1/1162; 2/313, 314  
деалкилирование 2/5  
дегидрохлорирование 2/13  
дейтерирование 2/26  
димеризация 2/1252  
диспропорционирование 2/39, 40, 157, 158, 465, 525, 1239; 3/1062; 4/303, 306, 308, 310, 311  
замещение, см. *Замещения реакции*  
и химическая полимеризация ядер 5/458–460  
и эффект клетки 2/810, 811  
ингибиторы 2/185, 433; 3/545, 745  
инициаторы, см. *Инициаторы радикальные*  
интермедиаты 2/478; 4/301  
конкурирующие 2/897, 898  
механизмы 3/140, 143, 147  
миграция свободной валентности 1/548  
молекулярные перегруппировки 3/938, 939  
нечетные 2/754  
нитрование 2/313; 3/101, 528, 530, 531  
нитрозирование 3/534, 535  
нуклофильные 4/311  
однородный перенос 3/652, 653; 4/314  
окислительные 1/31; 2/91, 313, 464, 465, 651; 3/79, 101, 146, 666; 4/165, 310, 313, 314, 768; 5/548  
пиролиз 3/1059; 4/301  
под действием света, см. *Фотолит*  
*Фотохимические реакции*  
поликонденсация 4/32  
полимеризация 4/305, 21, 28, 39–41, 43, 70, 81, 164–168, 306–310, 313, 669, 670, 764, 765, 840, 850, 1000, 1124; 1/18, 629, 636, 858, 1162; 2/284, 285, 434, 464, 673, 755, 1018, 1267, 1268; 3/114, 123, 516, 738, 739, 742, 743, 745, 839, 840, 977, 1193–1198, 1211, 1223, 1224, 1226, 1227, 1229, 1230, 1232, 1233, 1265–1269; 5/682, 684, 949–951  
присоединение, см. *Присоединение реакции*  
прогорание жиров 2/305  
рацемизация 4/311  
рекомбинационные, см. *Рекомбинация радикальная*  
соляватация 1/548; 4/301, 302  
сополимеризация 2/284, 516; 4/40, 306; 5/983  
сопряженные 4/768  
стереоэлектронные, правила 2/128  
сульфоокисление 4/918, 924  
сульфохлорирование 3/101; 4/310, 918, 924  
теломеризация 2/464, 466; 4/307, 312, 1026, 1027; 5/776  
термолиз 4/552  
формилирование 4/340; 5/225  
фотолит 2/526; 4/552  
цепные 1/1159; 2/313, 464–466; 3/146, 346, 545, 666; 4/310, 311, 413, 415, 1123. См. также *Цепные реакции*  
элиминирование 5/939  
Этара 5/976  
Радиоактивационный анализ 1/119–121; 3/8; 5/284, 610  
Радиоактивная постоянная 4/316  
Радиоактивное излучение 2/1219, 1227, 1228; 4/192  
жесткое электромагнитное, см. *Гамма-излучение*, *Ионизирующие излучения*  
и обогащение полезных ископаемых 3/635  
самопроизвольное, см. *Радиоактивность*, *Радионуклиды*  
Радиоактивность 4/315, 244, 292, 300, 316–332; 3/605, 606; 5/1017, 1032  
горячих частиц 4/318, 319, 332, 337  
земной коры 1/1019  
и люди, см. *Доза излучения*, *Дозиметрия*, *Радиозащитные средства*  
и нуклиды, см. *Радионуклиды*  
и окружающая среда 3/854. См. также *Радиоактивные отходы*, *Радиозеология*  
и радиосемейства, см. *Радиоактивные ряды*  
и стабильность веществ, см. *Радиационная стойкость* материалов  
и химия, см. *Радиохимия*  
и ядерные реакции 5/1019  
«наведенная» 3/1124  
самопроизвольная, см. *Радиоактивное излучение*  
удельная 2/381, 382, 385  
Радиоактивные вещества (частицы, соединения) 1/554  
горячие, см. *Радиоактивные горячие частицы*  
изотопы, см. *Изотопы*  
индикаторы, см. *Индикаторы*  
метки 2/384, 385, 1184, 1185, 1187, 1190; 3/589; 4/325, 337, 517; 5/270. См. также *Меченые соединения*  
нуклиды, см. *Радионуклиды*, *Радиоактивные ряды*  
отходы, см. *Радиоактивные отходы*  
семейства 4/322–325  
элементы 1/1015; 2/1107, 1111; 4/298–300. См. также *Актиноиды*, *Редкие элементы*, *Трансурановые элементы*, *Индивидуальные представители*  
Радиоактивные горячие частицы 4/318, 319, 332, 337  
Радиоактивные отходы 4/319, 320–322, 332, 337, 876; 2/15, 16; 5/4, 5, 1031  
Радиоактивные ряды 4/322, 323–325, 331, 335, 337; 2/383–385; 3/606; 5/946  
Радиоактивный 4/323–325

- Радиоаналитическая химия 4/328  
 Радиогарфия 4/325, 326; 2/49; 3/402  
 Радиодефектоскопы 2/48  
 Радиозащитные средства 4/326, 292, 327; 3/63, 681, 867  
 Радиоизотопные приборы  
 анализаторы газов 1/894  
 – жидкостей 2/293  
 вакуумметры 1/663  
 генераторы 3/1130  
 плотномеры 3/1146, 1150, 1151  
 пылемеры 4/279, 281  
 уровнемеры 5/91, 92  
 Радиоиммунологический анализ 4/328  
 Радиомунный анализ 2/426, 1158; 4/328  
 Радионидикаторные методы анализа 4/327, 328  
 активационный, см. *Активационный анализ*  
 изотопное разбавление 2/381, 382, 383, 1315, 1318; 1/94, 917; 4/327, 328, 557; 5/656  
 инструментальные, см. *Радиометрия*  
 Радионоизация 2/43  
 Радиолигандный анализ 4/517  
 Радиолиз 4/329, 295, 298, 1134; 2/385; 5/409  
 воды 1/767, 786; 2/221; 4/292; 5/4  
 газофазный 2/531  
 импульсный 2/430, 503, 552; 4/292, 295, 462  
 продукты 2/430; 4/292, 297, 301, 750, 791  
 Радиоломинесценция 2/220, 221, 1219, 1227, 1228  
 Радиоломинофоры 2/1227, 1228  
 Радиометрия 4/329, 105, 327, 330, 331, 335, 1209; 2/49, 220, 387, 1227; 3/425, 492; 5/77, 762  
 и обогащение полезных ископаемых 3/635; 4/981  
 метод корректировки 2/382  
 титрование 4/328  
 Радионоуклиды 4/331, 332; 2/370, 503, 962; 3/403; 5/166, 1017–1023  
 анализ, см. *Радионидикаторные методы анализа*  
 выделение и носители 3/583, 584  
 и радиохимическая чистота 4/334, 335  
 и макро(микро)компоненты 2/1254  
 изотопный обмен 2/387, 388  
 как фармпрепараты 4/236  
 как ядерное горючее 5/1018, 1019, 1030, 1031  
 метки 2/384, 385, 1184, 1185, 1187, 1190; 3/589; 4/325, 337, 517. См. также *Меченые соединения*  
 пары, см. *Изотопные генераторы*  
 периоды полураспада 2/383–385; 4/316, 317, 321–324, 331, 335, 1241  
 природные, см. *Радиоактивность*, *Радиоактивные вещества*  
 рады, см. *Радиоактивные ряды*  
 техногенные 4/331, 332. См. также *Радиоактивные горячие частицы*, *Радиоактивные отходы*  
 – нейтронные, см. *Нейтронные источники*  
 токсичность 4/331  
 – защита, см. *Дезактивация*, *Радиационная защита*, *Радиозащитные средства*  
 – и экология, см. *Радиоэкология*  
 транспмутация 4/321  
 химия, см. *Радиохимия*, *Ядерная химия*  
 хранение 4/294, 321  
 эффект Мёссбауэра 3/65, 66  
 эманация 5/945, 946
- Радиопоглощающие и радиопрозрачные материалы 4/332, 333, 334, 706–708  
 Радиопротекторы 4/326; 5/203  
 Радиоскопия 2/49  
 Радиоспектроскопия 4/334; 5/1033  
 Радиосубстехиометрический анализ 4/328  
 Радиотермолюминесценция 2/220; 4/1076  
 Радиоторий 4/322–325  
 Радиоуглеродная геохронология 3/402  
 Радиофармацевтические препараты 4/236  
 Радиофотоломинесценция 2/220  
 Радиохемиллюминесценция 5/446  
 Радиохимическая чистота 4/334, 335  
 Радиохимия 4/335, 336, 337; 5/76, 509, 833, 1016, 1033  
 и радиационная химия 4/292, 336  
 макро- и микрокомпоненты 2/1254; 3/583  
 носители 3/583, 584  
 фертильные материалы 5/166  
 Радиоэкология 4/337, 332, 336–338  
 Радиус(ы)  
 атомные 1/411, 403; 2/1063, 1064; 3/208, 227, 228, 413, 1145; 4/374, 375, 432; 5/897  
 боровский 1/590  
 Бьеррума 4/374, 375  
 ван-дер-ваальсовы 1/412; 3/227, 228, 331, 1145  
 встречи частиц-реагентов 2/193  
 лебаевский экранирования 2/7; 3/1094, 1095; 4/374, 375  
 нонные 1/411; 2/7, 511, 527, 1063, 1064; 3/413; 4/374, 375, 432  
 ковалентные 1/411, 412; 3/227, 228, 413  
 металлические 1/411; 3/97  
 электрона 5/868  
 Радон 4/339, 152, 299, 300, 328, 813; 1/399, 568, 569, 1015; 2/606; 3/170, 414, 956, 958, 959, 1146; 5/937, 945, 946  
 Радонные ванны 3/170; 4/339  
 Разбавители 3/328, 373; 5/824  
 Разбавление  
 и рентгенофлуоресцентный анализ 4/472, 473  
 изотопное 4/78  
 изотопное, см. *Изотопное разбавление метод*  
 предельное 2/711  
 растворов неэлектролитов 4/364, 367  
 – полимеров 3/1114, 1119; 4/78, 369, 373  
 – строительных и бетонов 3/328, 373  
 Разбеливающая способность пигментов 3/1011  
 Разветвленные углеводороды 3/345–347  
 Разделение  
 абсорбционное, см. *Абсорбция*  
 адсорбционное, см. *Адсорбция*  
 белков 1/476–480  
 в аналитической химии 1/293, 295. См. также *Концентрирование*  
 в металлургии, см. *Выщелачивание*, *Гидрометаллургия*  
 возгонкой, см. *Сублимация*  
 газов, см. *Газы*  
 – воздуха, см. *Воздуха разделение жидкостей*, см. *Дистилляция*, *Ректификация*, *Экстракция*  
 изотопное, см. *Изотопов разделение*  
 ионообменное, см. *Иониты*  
 как метод очистки, см. *Очистка*  
 клатратное 2/799  
 конформеров 2/913  
 коэффициенты, см. *Коэффициенты разделения*  
 кристаллизацией, см. *Кристаллизационные методы разделения смесей*  
 магнитное 3/1001; 4/981  
 мембранное, см. *Мембранные процессы разделения*  
 минерального сырья, см. *Обогащение полезных ископаемых*, *Флотация*  
 осадительное, см. *Осаждение*  
 пенное, см. *Пенная сепарация*  
 суспензий, эмульсий и сыпучих материалов, см. *Классификация*, *Фильтрование*, *Центрифугирование*  
 термодиффузионное 4/1074; 2/196  
 фактор 1/1106  
 ферментов 2/295, 1171  
 хроматографическое, см. *Хроматография*  
 электрохимическое, методы 5/863, 864–867  
 электрохимическое 1/295; 3/41, 42. См. также *Электроосаждение*  
 Раздражающе-отлекающие средства 2/173  
 Раздувание 4/7. См. также *Формование*, *Экструзия полимеров*  
 Размерность физических величин 3/1181  
 Разбихители окислительного фосфорилирования 3/668–671. См. также *Ионофоры*  
 Разрешающая способность приборов 1/686; 2/296, 347; 5/869, 873  
 фотоматериалов 5/317, 321, 322, 341  
 Раймера-Тимана реакция 4/340, 341, 570; 1/199; 3/689; 5/21, 142, 224, 580  
 Райса-Рамспергера-Касселя-Маркуса теория 2/754; 3/258  
 Райссерта реакция 4/341, 342  
 соединения 4/341, 342  
 Ракетные топлива 4/342, 135, 136, 343; 1/97, 98, 334, 453, 589, 590, 607, 608, 705, 865, 1076, 1080, 1094, 1210; 2/117, 649, 738, 768, 769; 3/107, 505, 507, 547, 729; 5/979  
 Рамановская спектроскопия 2/864–867  
 Рамберга-Бэкунда реакция 4/343, 344, 933  
 Рамиции 5/412  
 Рамельсбергия 3/473  
 3-О-Рамноглокозид 2/973  
 Рамнетин 1/519  
 Рамноза 1/557; 2/20, 21; 3/895, 896; 4/578, 1010; 5/37, 201  
 Рамнозилглокоза 1/557  
 L-Рамиопираноза 3/895  
 2-О- $\alpha$ -L-Рамнопиранозил-3-О- $\beta$ -D-гликопиранозил-D-галактоза 3/747  
 Рамрод 1/1029  
 Рамселит 2/1291  
 Рандокс 1/1029  
 Раневелин 2/974  
 Ранетидин 1/324, 325  
 Ранка эффект 5/604  
 Ранкинит 2/588  
 Рапа 1/972; 2/1201, 1246; 3/356, 362  
 Раповое масло 4/381, 383  
 Раскисление  
 металлов 2/546, 625, 1010, 1202, 1235, 1288; 4/876, 1175; 5/257, 285, 696  
 почв 2/587  
 Расклинивающее давление 4/344, 345, 729, 1206, 1207; 2/859; 3/1174  
 Распад  
 ретроальдовый 2/1211
- свободных радикалов 4/303, 313  
 $\alpha$ , $\beta$ -типы радиоактивности 4/315, 316, 322, 331  
 фрагментация, см. *Расщепление*, *Фрагментация реакции*, *Элиминирование реакции*  
 Расплавы 4/345, 346; 5/502, 954  
 диаграммы состояния 2/58–63  
 и кристаллизация 2/1039, 1040, 1042–1044, 1047–1050, 1061, 1070; 3/255, 256; 5/473  
 и нанесение покрытий 2/950  
 и полиграфия 4/127, 128  
 и сварка 4/582  
 и формирование волокон 5/225–232  
 и плавление 5/451  
 ионные 2/158, 527; 4/346; 5/857–859  
 как клеи 2/803, 808, 809  
 как растворители 4/359  
 металлов, см. *Плавка (выплавка)*  
 механические свойства 3/144  
 оксидов и силикатов 4/346, 359. См. также *Шлаки*  
 пиролиз 2/332  
 полноконденсация 3/1259, 1207, 1208, 1253, 1260, 1261; 4/71. См. также *Полимеров расплавы*  
 солей 4/345, 346, 359, 1050; 5/864, 923  
 сульфидные, см. *Штейны*  
 фазовое равновесие 5/102  
 электролиз 1/785; 2/579, 769, 1235; 3/349, 1069; 5/854, 923  
 электролитов 2/953; 4/346; 5/857–859  
 электроперенос 5/897, 898  
 электрохимия 5/925, 926, 927  
 Распределение  
 Бозе-Эйнштейна 4/826  
 Больцмана 1/925; 3/1094; 4/826, 827, 1029; 5/886, 887  
 Гиббса 1/924; 4/823–827, 830, 1029, 1073  
 компонентов между фазами 5/101, 102  
 коэффициент для бинарных систем 2/942  
 лекарств по органам и тканям 5/109  
 Максвелла 1/924, 925; 4/827, 830, 1029  
 Максвелла-Больцмана 1/791; 2/125; 4/826, 827  
 полимеров по полидисперсности, см. *Молекулярно-массовое распределение*  
 – по типам функциональности 2/299; 3/742; 5/425, 426  
 Пуассона 3/137  
 Ферми-Дирака 4/826  
 Флори 3/1258  
 Хлопина 5/102  
 частиц по микросостояниям 4/823–832  
 – продуктов, см. *Молекулярных пучков метод*  
 электронной плотности 2/510, 511  
 Распределительная хроматография 1/559, 625; 2/294; 4/833; 5/366, 621  
 Распространенность элементов, см. *Кларки химических элементов*  
 Распыливание 4/346, 139, 347–349, 402, 963, 964; 2/145, 146, 154, 511, 613, 669, 674, 1131; 3/71, 334; 5/62, 831. См. также *Форсушки*  
 Рассасывающие материалы 3/1241, 1263; 4/91  
 Рассеяние света (нелинзирующих излучений) 2/499  
 в рентгенографии 4/472, 473, 477  
 дифракционное, см. *Дифракционные методы*  
 и мутность системы 2/816

- интенсивность, см. *Нефелометрия и турбидиметрия*  
ионное 2/507, 508  
как свечение, см. *Люминесценция, Люминофоры*  
комбинационное, см. *Комбинационное рассеяние*  
комптоновское 2/500  
критическая опалесценция 2/1073, 1074  
молекулярное 3/239, 240  
резерфордское 2/1213  
рэлееское 2/865, 1073; 4/125; 5/104  
стоксово 2/865  
Рассеянные атомы, см. *Биосфера*  
Рассеянные элементы 4/349, 350, 431, 443, 547, 562–565, 593, 710; 1/672, 1015; 2/334, 789; 3/99, 304, 823, 849; 5/845, 936  
Расслаивающая коррозия 3/274  
Рассолы 1/768, 852, 971, 972, 1021; 2/1246, 1251; 3/170, 356; 5/45  
Раста метод 2/1033  
РАСТ-уравнение 5/72  
Растворение 4/350, 265, 351–356; 2/1300  
анодное, см. *Анодное растворение*  
в звуковых полях 5/62  
в расплавах, калориметрия 2/576  
взаимное жидкосте 4/356, 357  
газов в воде 4/356  
и охлаждение 5/604  
и прочность кристаллов 3/1173  
и экстрагирование 5/823  
избирательное 2/916; 4/350  
интенсификация 2/491  
катодное 2/1098; 5/913  
металлов 2/952; 3/987; 4/123  
теплоты 4/1037, 1086  
энтальпия 4/747, 748, 818  
Растворенные вещества 4/360, 365; 5/819–835  
Растворимость 4/355, 301, 346, 356–376, 754; 5/176. См. также *Растворители, Растворы*  
в твердых растворах 4/1003–1005  
газов 1/14–19, 1111; 4/356. См. также *Генри закон*  
диаграммы 2/61–64; 4/357, 358, 360, 370, 371; 5/100, 175  
и гидратация 1/1076  
и гидротропы 1/1110  
и давление 1/1215, 1216. См. также *Дальтона законы*  
и коэзия 4/356  
и летучесть 4/356  
и лиофильность 2/1182  
и механическая активация веществ 3/146  
и поверхностная активность 3/1159–1161  
и сольватация 4/747  
и температура 5/176  
и ударные волны 5/52  
коллоидная 2/1183  
критические точки 2/1076; 4/362, 366  
параметры 2/833, 834; 4/355, 356, 368; 5/834  
произведение 4/187, 188, 356; 5/105  
– активности 4/187, 188, 356; 1/1065; 2/1254  
ретроградная 4/357  
сегментальная, слой 4/733  
Растворители 4/358, 355–357, 359, 360, 889; 1/189, 903, 1097; 2/120, 193, 648; 3/125; 5/11, 860  
амфотерные 2/781  
апротонные 1/603, 752; 2/115, 121, 620; 4/244, 359; 5/304, 392, 444, 778  
бензины 1/502, 498; 2/309, 376; 3/446, 466; 4/285, 286, 359  
взаимная диффузия 2/199  
вода, см. *Вода, Растворы*  
для сублимации–десублимации 4/890–892  
и гибкость макромолекул 2/1264  
и давление 4/364, 365. См. также *Рауля закон*  
и ионные проводники, см. *Электролиты*  
и кислотно-основное взаимодействие 2/779–782  
– – титрование 2/770  
и конформационное равновесие 2/912, 913  
и окраска индикаторов 2/447–452  
и полимеры, см. *Студни*  
и растворимость 4/355  
и растворы 4/355–376  
и сварка 4/582  
инертные 1/1140  
испарение и выращивание монокристаллов 3/256  
континуальные модели 4/408, 409  
корреляционные соотношения 2/941  
металлов 3/511, 533  
неводные 2/199; 3/135; 4/395  
неполярные 1/617; 2/143, 511  
нефтяные 3/466, 445, 446; 4/358  
полярные 1/603, 752; 2/755, 921; 4/422, 423; 5/737, 738, 856, 858, 859, 901  
протонные 2/311, 620; 4/359, 371  
рекуперация 4/360  
«сила» 4/748  
способность растворяющая 4/359; 5/834  
– реакционная 2/941, 942; 4/404–411, 422–424  
– сольватирующая 4/747–749, 752; 5/856–858  
шкалы 4/748, 751  
экстрагенты, см. *Экстрагирование, Экстракция*  
энергия реорганизации 4/409  
эффект клетки 4/867  
– Коттона 5/545  
– тепловые реакций 4/1038  
Растворы 4/360, 361; 1/190, 191; 3/413; 5/465, 466  
активность компонентов, см. *Активность термодинамическая*  
ассоциированные 4/366–369, 372  
атермические 4/368, 369  
бурые 1/1002; 2/227, 585, 1175; 3/719, 1167, 1168; 4/80, 875, 903; 5/949  
буферные 1/652, 139, 653, 1149; 2/571, 743, 1180; 3/625; 4/397, 398; 5/843, 915  
внутренние индикаторы 2/446  
водные 4/359, 361, 375, 376. См. также *Вода*  
вымораживание 1/847  
выпаривание 1/847–855  
выращивание монокристаллов 3/254, 255  
гидратация, см. *Сольватация*  
гипертонические 3/826  
гипотонические 3/830  
диаграммы состояния 2/55–64  
диффузия веществ 2/198–200  
дубильные, см. *Дубление*  
замороженные 2/1219; 5/350  
и растворимость 4/350, 355–358  
и растворители 4/355–376  
идеальные 1/1014, 1015; 4/364, 388; 5/465, 499, 858, 954. См. также *Рауля закон*  
изомолекулярные 2/56  
изополиэлектрические 3/217  
изотонические 2/1078; 3/830  
ионные, см. *Растворы электролитов*  
ненокгенных макромолекул, см. *Полиэлектролиты*  
как клеи 2/800–809  
квазикристаллическая структура 4/368  
кислотно-основное взаимодействие 2/778–782  
кислые 4/359, 361; 5/453  
клайзеновский 1/163  
коллективные координаты среды 4/409  
коллагативность 4/365  
коллоидные, см. *Золи*  
континуальные модели 4/408, 409  
конформные, теория 4/367  
красильные, см. *Куб*  
криоскопия 2/1033  
кристаллизация 2/223, 1060  
локальный состав 4/369  
Люголя 1/338, 340  
медноаммиачный 2/768, 1173; 3/3, 281; 5/663  
мицеллярные, см. *Мицеллообразование, Мицеллярные системы, Мыла*  
молярность 2/915  
молярные 2/915  
неводные 4/359, 361  
неидеальные 3/365, 366  
непрерывные незаряженные, см. *Растворы неэлектролитов*  
нейтральные 4/359, 361  
ненасыщенные 4/360  
нормальные 2/915  
окислительно-восстановительные потенциалы 2/450  
оптическое вращение 3/298  
осмотическое давление 2/293; 3/826–830  
останавливающие в фотографин 5/453  
парциальные молярные величины 4/361–365, 372–374, 376  
пересыщенные 4/360  
полимерные, см. *Растворы полимеров*  
разбавленные 2/7, 8, 506, 507, 1077; 4/78, 364, 365, 367, 373  
реакции 4/404, 309, 360, 361, 405–411, 415; 2/22, 23, 755, 810, 811, 868, 901, 902, 912, 913; 5/336, 856, 863, 864. См. также отдельные реакции  
– кинетика 2/192, 193  
– механизмы 3/140–143  
– поликонденсация 3/1260, 1207, 1253, 1261; 4/25, 71, 95  
– полимераналогичные 3/1263, 1264  
– полимеризация 3/1267, 1266; 1/632, 635, 636; 2/706; 4/21, 413  
регулярные 4/368  
Ришера–Локка 2/1078  
сравнения 3/217  
стоп-растворы 5/453  
танирующие 2/1180  
твердые, см. *Твердые растворы*  
титр 2/915  
теории 1/59, 60; 4/367–369, 374–376, 409, 410; 5/923  
термодинамика 4/362, 363, 365–369, 374–376  
точка(и) критические 2/1072  
– эквивалентности 2/447, 450  
Фелинга 1/1069  
фиксажные, см. *Фиксажи*  
функции смешения 4/363, 364  
сложные 4/359, 361  
эбулиоскопия 5/799  
электропроводность 2/895–897  
эффект Соре 2/196  
Растворы неэлектролитов 4/361, 362–369, 372, 374, 387, 388, 829, 976, 1040; 1/59, 60, 856, 857, 1014, 1015, 1065, 1097; 2/819; 5/71, 465, 826–828, 856, 857, 954  
Растворы полимеров 4/369, 77, 361, 366, 368, 370, 371, 488, 734, 829; 1/859, 872, 873, 1001, 1002; 2/153, 154, 819, 859, 1060, 1264–1266; 3/319, 378; 5/720, 225–232, 234–236, 466. См. также *Пластизоли, Полиэлектролиты*  
Растворы электролитов 4/371, 77, 361, 372–376; 5/466, 800, 857, 899–901, 923, 924  
и гальванические элементы 2/1162  
и двойной электрический слой 2/1–4  
и ионообменные мембраны 3/55  
– – сорбенты, см. *Иониты, Ионный обмен*  
и нанесение покрытий 1/973–977; 2/950  
и неравновесная термодинамика 4/1069  
и пассивация металлов 3/888  
и Фарадея законы 5/106  
– – метод выпрямления 5/105  
иоэлектрическая точка 2/408  
ионы, адсорбция 1/59, 60  
– активность, см. *Активность термодинамическая*  
– атмосфера 2/7  
– гидратация 1/1076  
– образование 2/158; 5/856. См. также *Электролитическая диссоциация*  
– пары, см. *Ионные пары*  
– сила 2/7; 4/78, 187, 188; 5/163  
– сольватация 2/527  
как элюэнты 2/507  
коррозионная активность 2/953, 958–960  
рН-метрия 3/134, 135  
микромольсия 3/162, 163  
осмотическое давление 3/828, 829  
потенциалы, см. *Потенциалы проводимости, см. Электропроводность электролитов*  
самосогласованное поле 4/576. См. также *Дебай–Хюккеля теория*  
фотоэлектрохимия 5/362, 363, 924, 925  
электроперенос, см. *Кольрауши закон*  
Растворяющая способность 4/359; 5/834  
Растительные масла 4/376, 34, 377–383, 669; 1/865, 1085; 2/539, 660, 799; 3/395, 730, 876. См. также индивидуальные представители  
биологическая ценность 4/382  
высыхающие, см. *Высыхающие продукты, Льняное масло*  
гидрированные, см. *Гидрогенизация жиров*  
и мыла 3/302–304  
и фактисы 3/1116  
нодированные 4/478  
как модификаторы 3/445  
как пленкообразователи 1/1207; 3/1139, 1140  
как присадки 4/172  
как слабительные 4/721  
невьсыхающие 4/377, 378. См. также *Касторовое масло*  
полувысыхающие, см. *Подсолнечное масло*  
рафинированные 3/1186; 4/380, 382, 383, 743, 744; 5/551  
соапсток 4/743  
сульфированные 1/17  
число моющее 2/498  
– кислотное 2/770  
– омыления 3/764  
эмульсии, см. *Кровезаменители*

- Растрескивание 5/366  
 в студях 4/889  
 и прочность материалов 4/250–252  
 и эффект Ребиндера 5/171  
 коррозионное, см. *Коррозионная устойчивость, Коррозия под напряжением*  
 озонное 2/704  
 Растровая микроскопия 5/869, 872–874, 877  
 Расходомеры 4/383, 384–387, 1114; 2/218  
 Расширение и сужение циклов 2/33, 36, 37, 71, 75, 76, 1138, 1139, 1252; 3/407, 546, 723, 733, 734; 4/1190; 5/95, 557, 714, 725  
 Расшихловка тканей 3/360  
 Расщепление. См. также отдельные типы химических реакций  
 белков бромциановое 1/477  
 в нулевом поле спектров ЭПР 3/309; 4/797, 798; 5/891  
 галоформное 1/941, 970, 971; 2/647; 4/803  
 кетонное 1/440  
 киистическое 1/393, 1179  
 Лоссена 2/1213, 1214  
 мультиплетное 3/288  
 по Бекману 1/469  
 по Брауну 1/605  
 по Гофману 1/348, 1179, 1180; 3/1029, 1030; 5/744, 947  
 по Смигу 4/37  
 по Хунсдиккеру 5/641  
 рацематов 4/391, 392  
 свободных радикалов 4/303, 313  
 ферментативное углеводов, см. *Брожение*  
 фотохимическое 2/410  
 экситонное 5/545  
 Эмде 5/947  
 энергетических уровней 2/328–330; 5/26–28, 886  
 Ратциды 2/341  
 Рауаолифия 1/105  
 Рауонин 1/105  
 Рауля закон 4/387, 364, 365, 372, 388; 1/5, 1014; 3/216, 828; 5/101, 465, 857  
 Раундан 1/1033  
 Раух-топаз 2/1027  
 Рафинирование 5/824, 825  
 аффинаж 3/413, 872, 1133; 4/533, 534, 565, 640  
 металлов 2/496, 1235, 1245; 3/93, 474, 475, 479, 480, 497, 1000, 1068, 1089; 4/435, 543, 550, 563, 592–594, 615, 944, 1020, 1174; 5/400, 407, 611, 613, 750, 762, 765, 854, 923. См. также отдельные химические элементы  
 нефтяных фракций, см. *Нефтепродукты*  
 растительных масел 3/1186; 4/380, 382, 383, 743, 744; 5/551  
 сахара 2/1246; 3/1089; 5/676  
 Рафия 4/27; 5/166, 167  
 Раффиноза 3/748; 4/582; 5/375  
 Рацемазы 2/363, 364  
 Рацематы 4/388, 389–392, 853, 858, 873, 925, 1216; 1/393, 1146, 1147; 2/132, 369, 599, 1141; 3/252, 570, 602, 687, 688, 735, 1263; 5/129, 130, 731, 732, 939, 952, 1015. См. также *Рацемизация*  
 Рацемизация 2/128, 369, 729; 4/389–392; 5/732, 904. См. также *Рацематы*  
 и синтез пептидов 3/931, 933  
 – – стереоселективный 4/853  
 и эффект клетки 2/810  
 кислотная 2/773  
 окислительная 2/863  
 пинаколиновая 3/1024  
 свободных радикалов 4/311  
 стереорегулярных полимеров 4/849  
 ферментативная 2/363, 364, 969  
 электрохимическая 2/863  
 Рациональная химическая номенклатура 3/572, 573  
 Рациональные химические формулы 5/230, 237  
 Рациональный анализ 5/104, 105  
 Рашига  
 кольца 3/338, 1141  
 реакции 4/392, 393, 570; 1/1074  
 Вротные средства 4/393; 5/948  
 «Рвотный камень» 4/943  
 Реагенты 4/414–416. См. также отдельные типы реакций, индивидуальные соединения  
 возникающие, метод 4/1126  
 высокоизбирательные 2/347  
 вычитающие, см. *Реакционная хроматография*  
 Дэвн 4/1133  
 и субстраты 4/414, 605  
 нон-парные 2/295  
 как реактивы, см. *Реактивы химические*  
 Лавессона 4/1133, 1135  
 маскирующие 3/713, 715  
 органические 4/393, 394–397; 2/709–711, 741, 743, 821, 822, 1231, 1271; 5/220, 274, 379  
 пептизаторы 5/208  
 сдвигающие 4/605, 68, 606  
 Симмонса–Смита 4/693  
 спин-меченые 4/303  
 Фентона 1/374; 3/637  
 флокулянты 3/637  
 флотационные, см. *Флотореагенты*  
 хелатирующие, см. *Хелатообразующие соединения*  
 хелатропных реакций 5/442  
 чувствительность 2/347; 4/395  
 хромогенные 4/398  
 шифт 4/605, 606  
 Шиффа 5/223  
 электрохемилюминесцентные 2/1230  
 Эрлиха 2/113, 114; 3/1079; 4/713; 5/970  
 Реадиновые алкалоиды 4/397, 398  
 Реактивные материалы  
 индикаторные бумаги 4/398, 399; 1/575, 787; 2/1148, 1231; 3/834; 5/819  
 клеи 2/803–807  
 топлива 4/399, 175, 400; 1/334, 644, 1090, 1107; 2/682, 1005, 1225; 3/278, 446–448, 462; 5/660  
 – авиакеросин, см. *Авиационные нефтепродукты*  
 Реактивные методы  
 напыление 3/344  
 распыливание 3/344; 4/347, 348  
 Реактивы химические 4/400, 401; 2/731. См. также *Реагенты*  
 Бенедикта 5/114  
 бумажные, см. *Реактивные индикаторные бумаги*  
 Виттига 5/258, 259, 606  
 Гриньяра, см. *Гриньяра реактивы*  
 Грисса 1/94; 4/394, 935  
 Иванова 2/344, 345  
 Иодича 2/85, 532, 533; 5/999, 1000  
 Лауссона 3/105  
 Легалья 1/437  
 Миллопа 3/163  
 Несслера 3/433; 1/94, 277; 2/1108; 4/545, 642  
 Нормана 1/150  
 Прево 4/157  
 Фишера–Моффатта 4/277  
 Реформатского 4/512  
 сдвигающие 4/605, 606  
 Твиччела 1/863; 2/304  
 Толленса 4/1197, 1198  
 Фелинга 5/114, 122; 1/199, 726, 1073; 2/743; 3/691; 4/581, 621, 769  
 Фентона 1/780; 2/465; 4/312  
 Фишера 5/196; 1/108, 109; 2/121, 499, 648, 1024; 3/795  
 Фолина 5/217  
 Фолина–Дениса 3/710  
 Фолина–Чиокалтеу 5/213  
 чистота 4/400. См. также *Особо чистые вещества*  
 Швейцера 2/1329, 1331  
 Шиффа 5/782, 223, 413, 769  
 Эллмана 5/941, 768, 942  
 Эрлиха 2/113, 114; 3/1079; 4/713  
 Яренко 2/214  
 Реактолапы 1/129  
 Реактопласты 1/1188; 2/1129, 1319; 3/281, 282, 436, 802–804, 1119, 1121, 1122, 1196, 1197, 1207, 1215, 1216; 4/1–3, 162–164, 445, 446, 449, 661, 844–846, 1013; 5/41, 136, 577. См. также *Пластики, Пластические массы, Полимеры, Смолы синтетические*  
 как матрицы 2/878, 880  
 как пленкообразователи 3/1140  
 как покрытия 3/86  
 крашение 2/1002  
 наполненные 3/327  
 отвержение 1/859; 3/838–840  
 переработка 4/3–17  
 пресспорошки 4/142–144, 165  
 сварка 4/583  
 таблетирование 4/970  
 Реакторные яды, см. *Ядерное горючее*  
 Реакторы химические 4/401, 402–404, 1048, 1051; 5/170, 715. См. также *Аппараты*  
 адиабатические 3/1065  
 барботажные 1/1050  
 безрадиентный 1/465, 466, 485, 1165; 2/689; 4/717  
 бункеры 1/1107  
 вибрационные 1/708  
 вычитающие 4/425  
 газификаторы 4/1061  
 гидролизные 1/1101, 1102  
 Гольджи 1/1140  
 деметаллизации 1/1106, 1107  
 дифференциальный 1/466  
 идеального вытеснения и смешения 1/465, 486, 1058, 1165; 2/851; 3/1100, 1101. См. также *Структура потоков в аппаратах*  
 изотермические 3/1063  
 импульсные 1/44; 2/190  
 лифтовые 2/32, 678, 681–683  
 масштабирование 2/1257, 1320, 1321  
 мембранные 5/474  
 плазменные 3/1099–1101  
 производительность 4/718  
 проточные 1/486; 2/689, 851  
 режимы работы 2/689, 690, 693; 4/402–404  
 со слоem катализатора 1/1057, 1058, 1105. См. также *Каталитические процессы*  
 трубчатые, см. *Трубчатые аппараты*  
 ферментеры 1/773; 2/232; 3/155; 5/149–151  
 Реакторы ядерные 1/778, 785, 786; 2/25, 190, 503, 553, 952, 1202; 3/349, 403, 404, 492, 493; 4/295, 298, 557; 5/76, 166, 762, 767; 5/4, 1017, 1019, 1022, 1030, 1031  
 Реакции химические 4/414, 415, 416; 3/787, 788; 5/502, 506. См. также *Модификации, Перегруппировки, Расщепление, Синтез*, отдельные реакции, в том числе именные, и их типы  
 адиабатические 2/918; 3/258; 5/338  
 амбидентные 2/248  
 анилунизация, см. *Аниелирование*  
 аномальные, см. *Аномалии*  
 антаповерхностные 1/841–843; 2/127–129; 5/442  
 аппаратура, см. *Реакторы химические*, отдельные устройства  
 «базовые» 2/886  
 без затрагивания свободной валентности 3/545  
 без участия кислорода, см. *Анаэробные процессы*  
 бимолекулярные, см. *Бимолекулярные реакции*  
 блочные, см. *Блочные процессы*  
 быстрые, см. *Быстрые реакции*  
 в анализе, см. *Химические методы анализа*  
 в газовой фазе, см. *Газофазные реакции, Парофазные методы*  
 в звуковых полях, см. *Инфразвуковые аппараты, Ультразвук в химии*  
 в плазме 3/1098–1103. См. также *Плазма, Плазмохимия*  
 в пламени 1/704, 705  
 в растворах, см. *Растворы*  
 в сильных внешних полях 2/126  
 в твердых телах, см. *Твердофазные процессы, Твердые тела, Топохимические реакции*  
 в хроматографии 4/424, 425  
 взрывные 1/702, 715, 767; 2/466; 3/348, 648; 5/12. См. также *Взрывы, Взрывные процессы*  
 внедрения, см. *Внедрения реакции*  
 внутримолекулярные, см. *Внутримолекулярные реакции*  
 выроджденные, см. *Вырожденные реакции*  
 высокотемпературные, см. *Высокотемпературные процессы*  
 выход, см. *Выход реакций*  
 гальформная 1/970, 941, 971; 2/647; 5/995  
 гаптотропные 4/665  
 гетерогенные, см. *Гетерогенные реакции*  
 гетеролитические, см. *Гетеролитические реакции*  
 гетерофункциональные 2/1017, 1022  
 глубина протекания 4/717  
 гомогенные, см. *Гомогенные реакции*  
 гомолитические, см. *Гомолитические реакции*  
 горячих атомов 1/1178, 1179  
 графы 1/1198–1200  
 двухквантовые 2/4, 5, 728; 3/189  
 деструктивные, см. *Деструктивные процессы*  
 диастереодифференцирующие 4/855  
 диотропные 4/665  
 дисмутация, см. *Диспропорционирование, Метатезис*  
 дисротаторные 1/842, 843; 4/417, 420; 5/442, 443, 927, 928  
 диссоциативные, см. *Диссоциативные процессы, Диссоциация*  
 еновые 2/246, 247; 5/732  
 замещающие, см. *Замещения реакции*  
 и горение, см. *Горение*  
 и давление 1/1216–1218, 1220  
 и дисперсные системы 2/154  
 и диффузия, см. *Диффузионные реакции*  
 и ионизирующие излучения, см. *Радиационно-химические реакции*  
 и коррозия, см. *Коррозия металлов*

- и люминесценция, см. *Хемилюминесценция*  
и жесткость молекул 3/395  
и объем системы 2/1216–1218  
и пены 3/648  
и туннельный эффект 5/28  
и ядерные, см. *Ядерные реакции*  
изобара и изохора, уравнения 2/902  
изотермические 2/1269  
изотопы, см. *Изотопный обмен*, *Изотопы*  
иммунные, см. *Иммуннохимия*  
ингибирование, см. *Ингибиторы*  
индикаторные 2/756, 757; 5/147–151. См. также *Индикаторы*  
индофеиновая 4/1120  
иницирование, см. *Инициаторы*, *Иницирование*  
ионные, см. *Ионно-молекулярные реакции*, *Ионные реакции*  
каналы накопления и выхода 4/405, 406  
капельные 2/606, 607  
карбены 4/415, 416. См. также *Карбены*  
катализаторные, см. *Катализ*, *Катализаторы*, *Каталитические реакции*  
квазистационарные 2/689, 690, 693, 715  
кинетика, см. *Кинетика реакций*, *Микрокинетика*  
кислотные, см. *Кислотные процессы*  
колебательные, см. *Колебательные реакции*  
количественная теория, см. *Корреляционные соотношения*  
комплементарные 1/1159; 4/19, 20  
конденсации, см. *Конденсация (реакции)*  
конкурирующие, метод 2/897, 754, 898, 1295  
контротаторные 1/841–843; 3/324; 4/417, 420; 5/442, 927, 928  
контролируемые, см. *Контролируемые реакции*  
конформационный контроль 2/740  
«концертные» 3/143, 964; 4/743, 744  
координаты, см. *Координаты реакций*  
координационные 4/1026, 1027  
кросс-сочетание 2/889  
ксантогеновая 5/779  
лазерные 2/1116, 1122–1127  
магнитно-спиновые эффекты 2/1238, 1239  
макромолекулярные, см. *Полимер-аналогичные превращения*, *Полимер-полимерные комплексы*  
максимальная работа 2/1268, 1269, 1270; 1/762; 4/1071, 1072; 5/505  
маршруты 4/722, 723  
межфазные, см. *Межфазные процессы*  
метатекстические 2/60  
механизмы, см. *Механизмы реакций*  
механическая активация, см. *Деформации*, *Механохимия*  
модифицирующие, см. *Модифицирование*, *Модифицирование полимеров*  
молекулярность 3/221, 222; 4/415  
мономолекулярные, см. *Мономолекулярные реакции*  
моно- и синтетические 2/61; 5/501  
на поверхности планет 2/963  
направленные, см. *Направленные процессы*  
неадиабатические 3/258  
«незатурденные» 1/1056  
нейтрализации, см. *Нейтрализация*  
некомплементарные 1/1159  
необратимые, см. *Обратимые и необратимые процессы*  
неравновесные, см. *Неравновесные процессы*  
несогласованные 1/843  
нестационарные 2/715  
низкотемпературные, см. *Криохимия*, *Низкотемпературные процессы*  
нуклеофильные, см. *Нуклеофильные реакции*  
обменные, см. *Обменные реакции*  
обороты, число 1/126, 1050  
обратимые, см. *Обратимые и необратимые процессы*  
однотипные, см. *Реакционная способность*  
окислительные, см. *Окисление*, *Окислительно-восстановительные реакции*, *Окислительные процессы*  
осаждение 4/1188, 1189  
отщепления, см. *Элиминирование*  
реакции  
параллельные 2/753, 755, 877, 897, 898, 1034; 3/517; 4/149, 721  
перекрестные, см. *Перекрестные реакции*  
переноса, см. *Перенос*  
период индукции 3/954; 2/432, 754  
перитекстические 2/59, 60; 5/101  
перитектоидные 2/60; 4/1004; 5/101  
перициклические, см. *Перициклические реакции*  
под действием света, см. *Фотохимические реакции*  
– ферментов, см. *Ферментативные реакции*  
– электрического тока, см. *Электрохимические процессы*, *Электролиз*, *Электрохимические процессы*  
полирование 4/33  
политропные 4/665  
порядок 4/149, 150; 2/754, 759; 3/222  
последовательно-параллельные 4/721  
последовательные 2/753; 3/517; 4/721  
при пищеварении 1/558  
при «ударно-волновом» сжатии 5/52, 53  
присоединительные, см. *Присоединительные реакции*  
пробег, число 5/505  
протгорание 2/305; 3/1088; 4/381  
промежуточные продукты, см. *Интермедиты*, *Переходное состояние*  
простые 1/546–548; 2/753, 756, 759; 3/257–260; 4/149, 150  
протолитические, см. *Протолитические реакции*  
протофильные 4/1157  
прямые 3/238–240  
пурпурная 5/579  
пути 2/917, 918; 3/1176–1178; 4/417, 420, 512  
равновесие 1/546–548. См. также *Равновесие*  
– константы, см. *Константы равновесия*  
радиационные, см. *Радиационно-химические реакции*  
радикальные, см. *Радикальные реакции*  
расщепление, см. *Распад*, *Расщепление*  
ретропреарашения, см. *Ретрореакции*  
рикошетные 3/142, 238–240  
с сорбентами, см. *Хемосорбция*  
с участием кислорода, см. *Аэробные процессы*  
самоускоряющиеся, см. *Автокаталитические реакции*  
селективность 1/389–391, 604; 2/127–131, 347, 504, 546, 787, 941, 1093, 1238, 1270, 1271; 3/324, 665, 732, 790, 794, 1250; 4/501, 854–856, 1217; 5/538. См. также *Резиоселективность* и *Резиоспецифичность*, *Селективные процессы*  
сечения, см. *Сечения реакций*  
симметрия, см. *Вудворда-Хофмана правила*  
синглет-триплетные 1/1158; 2/501  
синхронные 4/743  
скорость, см. *Константы скорости*, *Скорость реакций*  
сложные, см. *Сложные реакции*  
согласованные, см. *Согласованные реакции*  
сопряженные, см. *Сопряженные реакции*  
сродство, см. *Химическое сродство*  
срывные 3/142, 238–240  
стадии 4/722, 723  
стандартные 4/417  
стационарные 2/689–691, 715  
степень завершенности 3/1257; 5/505  
стереоселективные, см. *Стереоселективный синтез*  
стереоспецифические, см. *Стереоспецифические реакции*  
стерические требования, см. *Динамическая стереохимия*, *Сtereохимия*  
структурно-(не)чувствительные 1/1056  
супраповерхностные 1/841–843; 2/127–129; 5/442  
суспензионные, см. *Суспензионные реакции*  
«талейхинная» 5/522  
темновые 4/817; 5/332, 336, 341, 347–349, 362, 363  
теплоты, см. *Тепловые эффекты реакций*  
термически разрешенные 1/843  
типа «вперед–назад» 3/239, 240  
«токообразующие», см. *Химические источники тока*  
топохимические 5/252, 516  
травление, см. *Травление*  
трансаннулярные 4/1226, 1227, 1228  
транспортные 5/496, 164, 497, 755, 762; 1/938; 2/223, 255; 3/255, 420, 777, 1070; 4/619, 669, 685, 893, 1024  
тримолекулярные, см. *Тримолекулярные реакции*  
туннельные, см. *Туннельные реакции*  
тушение 2/1239  
ферментативные, см. *Ферментативные реакции*, *Ферментативный катализ*  
формование 4/49, 55, 57  
фосфотропные 5/308  
фотонные, см. *Многофотонные процессы*  
фрагментации, см. *Фрагментации реакции*  
хелатронные 5/442, 365, 443; 4/344  
химические эквиваленты 5/802, 803  
цветные, см. *Цветные реакции*  
цепные, см. *Цепные реакции*  
эвтектоидные 2/58–60; 5/101  
эвтектоидные 2/60; 5/101  
экзотермические, см. *Экзо- и эндотермические реакции*  
экстрена 5/806  
экструзия 5/938  
электрофильные, см. *Электрофильные реакции*  
электростатические 5/927, 928; 1/841, 843; 3/324, 939, 964; 4/420, 993  
элементарные, см. *Элементарные реакции*  
эндотермические, см. *Экзо- и эндотермические реакции*  
эантиостереодифференцирующие 4/855  
энергия Гиббса, см. *Гиббса энергия*  
– избыточная, см. *Активация процессов*  
– пороговая 4/871  
– потенциальная, см. *Поверхность потенциальной энергии*  
энтальпические 1/551, 552  
энтальпия, см. *Энтальпия реакций*  
энтропия 2/754; 3/395; 4/415; 5/352, 956  
Реакции атерные, см. *Ядерные реакции*  
Реакционная способность 4/417, 418–424; 1/124, 1185, 1186; 2/724; 3/601–604; 5/868  
и дефекты в кристаллах 5/515  
и координаты реакции 2/917  
и молекулярные графы 1/1198, 1200  
и напряжение молекул 3/333, 334  
и поверхность потенциальной энергии 3/1178  
и поле лигандов 2/1170; 4/122  
и полярнография 4/128  
и постулат Хэммонда 5/642  
и принцип Кертмана–Гаммета 2/740  
и сольватированный электрон 4/750, 751  
и среда реакции 2/941, 942; 4/422–424  
и топология 4/1216  
и эффект(ы) индуктивный 2/460, 461, 940, 941  
– – компенсационный 4/424  
– – магнитно-спиновые 2/1239  
– – мезомерный 2/940, 941  
– – стерические 2/940, 941  
катализаторов 2/770–774  
корреляционные соотношения 2/939, 941, 942; 4/418–424  
макрорадикалов 2/1268  
оценка 4/120  
при низких температурах 2/1033  
свободных радикалов 2/1268; 4/300, 303, 304  
сопряженных соединений 2/919; 3/407; 4/767  
стереоизомеров 2/913, 914  
Реакционная хроматография 4/424, 425; 1/883  
Реакционная эмиссия вторичных ионов 2/512  
Реакционное детектирование 4/424  
Реакционные серии 4/417–424  
Резальтар 1/1175; 3/304, 312–314  
Рецилирование 2/1190  
Рейндера метод 3/1171  
эффект 3/85, 214, 1169, 1173, 1174; 4/725, 952; 5/171, 172  
Рейндера–Шуккина–Марголиса модель 4/137  
Ревдинскит 3/472  
Реверсия, см. *Мутации*  
Ревертаса 4/1231  
Ревертекс 2/837  
Ревули 3/1222, 1223, 1231, 1232  
Регексия 5/120  
Регенерационные процессы 1/4, 11–13, 52, 61, 62, 1105; 2/168, 561, 668, 674, 678, 679, 682, 683, 687, 842, 844, 967; 3/860, 971, 972, 974; 4/360, 440, 537, 611, 727, 816, 977, 1051; 5/715, 718, 1047  
Региоизомеры 4/425  
Региональная геохимия 1/1021



- Регноселективность и региоспецифичность 4/425, 303, 304, 535, 553, 620, 1157; 1/758; 3/285, 733, 794; 5/34, 314, 738
- Регитии 5/146
- Регион 1/1032; 2/37, 38
- Реголит 2/961
- Регрессионный анализ 3/642, 1106–1109
- Регрессия скрытого изображения 5/330
- Регулирования законы 1/24
- Регулируемая газовая среда, см. *Защитный газ*
- Регулярные насадки 3/337–339
- Регуляторные белки 4/426, 189, 190, 249, 250, 427, 428, 431, 496, 516, 517, 1231; 1/470; 3/212, 587
- Регуляторы биосинтеза белков, см. *Трансляция* – и репликация ДНК 3/470
- водородного показателя 5/208
- горения 4/1185
- иммунитета 3/934
- молекулярной массы 3/1244, 1253; 4/307; 5/571
- набухания резин 4/174
- нервной деятельности, см. *Нейролептиды*
- обмена веществ 3/625, 626
- роста дрожжей 5/715
- растений 4/428, 247, 429, 661, 742, 861, 917, 927, 1100; 1/416, 451, 526, 1026, 1063, 1064, 1071; 2/53, 54, 280, 972, 1023, 1153, 1274; 3/378, 503, 683, 715, 994, 1044; 5/260, 433, 587, 768, 769, 983
- цепей 2/1013, 1014; 3/1198. См. также *Ценные реакции*
- смачивания, см. *Поверхностно-активные вещества*
- соличной радиации в помещениях 3/1138
- структурообразования в дисперсных системах 3/1167; 4/886, 887
- ферментов 4/430, 426, 431; 1/43; 2/967; 3/212, 503, 504; 5/152, 153, 155
- флотации 5/208
- Редкие элементы 4/431, 559, 560, 593, 723, 806; 1/568, 1015; 2/789; 3/96, 97, 99, 411, 414, 632, 635, 823; 5/936
- инертные газы, см. *Благородные газы*
- платиновые металлы, см. *Благородные металлы*
- рассеянные, см. *Рассеянные элементы*
- РЗЭ, см. *Редкоземельные элементы*
- Редкоземельные элементы 4/431, 434, 1054, 1055; 1/1015; 5/23. См. также *Лантаноиды*, отдельные химические элементы
- амальгамы 1/223
- вольфраматы 1/823; 2/583
- галогениды 4/436, 435, 437; 1/949; 3/90, 91; 5/160, 391, 861
- гидриды 1/1081; 4/433
- гидроксиды 2/545; 4/435, 438; 5/160
- гранаты 1/1035; 2/222
- интерметаллиды 1/384; 2/485, 486, 1243
- ионные ассоциаты 2/84
- как «земли», см. *Земли*
- карбиды 2/624, 625
- карбонаты 4/436, 437
- комплексные соединения 5/966, 967
- металлы 1/206, 936, 1035; 2/222, 1225, 1226; 4/943, 944, 1183
- нитраты 5/276
- оксиды 4/438, 434, 436, 437, 585–587; 1/468
- определение 4/397, 435, 436, 1221; 1/380, 381, 617, 1182; 2/291, 896, 1219; 3/124, 690, 969; 4/435, 436; 5/128, 866, 867
- особо чистые 3/834
- перхлораты 3/986, 990
- получение 1/1103, 1104; 2/354, 1295; 3/88, 90; 4/434, 435, 559, 562, 1257; 5/256, 833, 898
- применение 1/331, 1063; 2/220, 670, 921, 922, 1123, 1219, 1225–1227, 1230, 1243; 3/87; 4/109, 436
- разделение 1/468, 875; 2/84, 519, 1045, 1146; 4/435
- свойства 1/341, 875, 1018, 1156, 1157; 2/156, 157, 243, 244, 544–548, 674–676, 925, 1145, 1146, 1229, 1230, 1232; 3/75, 96, 97, 105, 409, 410, 949; 4/156, 157, 315, 432–434, 570, 571, 710–712, 723; 5/163, 164, 609, 679, 680
- селениды 4/618, 619
- силикаты 4/674–676
- сульфиды 3/88, 89; 4/684, 685
- соединения включения 1/1193
- органические 1/1193; 2/1017, 1083; 4/435, 1221. См. также *Металлоорганические соединения*, *Элементоорганические соединения*
- сплавы 2/1249, 1250; 3/88, 249, 482
- сульфаты 4/435
- фосфаты 2/1225, 1226; 4/435; 5/249
- халькогениды 4/618, 619, 1024
- хроматы 5/630–633
- Редлиха–Квонга–Соаве уравнение 5/70
- Редоксайд 2/274
- Редоксантин 2/972
- Редокс-иониты 3/662, 663
- Редоксметрия 4/155; 5/924
- Редоксполимеры 3/662, 663
- Редокс-электроды 5/841, 921
- Редуктазы 3/697; 4/894
- Редукторные масла 4/438, 439, 440; 2/463
- Резины 4/738
- Резервирование производства 3/322
- Резервная набивка 3/998
- Резервные гальванические элементы 1/973; 5/489
- Резерпин 4/439, 269, 694, 695; 1/552, 1119, 1120; 2/459; 3/398, 399
- Резерпиновая кислота 4/439
- Резерфорд(а) единица радиоактивности 4/317
- модель атома 3/955
- спектроскопия рассеяния 2/507, 508, 1212
- Резерфордий 2/1107, 1214; 5/929
- Резиновые смолы 1/151
- Резина(ы) 4/439, 1, 440–444
- белые 2/1210
- гель и золь-фракция 1/844, 1002
- губчатые 1/566, 1069; 2/112, 1192; 4/129, 130; 5/730
- как сетчатые эластомеры 1/844, 845; 3/838; 4/440
- кожеподобные 3/327
- крашение 5/62
- литьевые 4/440
- получение, см. *Вулканизация*, *Резиновые смеси*
- пеннистая 4/129, 130
- пористая 4/129, 130, 133, 442; 1/80; 2/328, 838; 3/339, 902
- применение 1/563; 2/358, 1014, 1319; 3/632, 864; 4/442–444. См. также *Резиновые клеи*, *Резинотехнические изделия*
- свойства 1/402, 630, 631, 634, 636, 637, 719, 720, 846, 847, 873; 2/324, 377, 378, 631, 704–708, 806, 1003, 1013, 1014, 1241; 3/144, 145, 272, 273, 327; 4/82, 83, 174, 291, 442–444, 488, 998, 1054, 1087–1089; 5/960, 984. См. также *Каучуки*
- твердые, см. *Эбониты*
- цветные 2/183, 187, 708; 3/327
- ячеистая 4/129, 130
- Резинаты 2/602; 4/669, 742
- Резиновые клеи 4/443, 444, 445, 715, 753; 1/846; 2/802, 803; 5/139
- Резиновые смеси ингредиенты 1/334, 337, 646; 2/286, 586, 606, 1028; 3/519, 750; 4/239, 241, 242, 589, 978, 1115, 1200. См. также *Антиозонанты*, *Млгчители*
- переработка 1/1188; 3/144; 4/3, 4, 7–9, 14, 15, 443, 977
- получение 1/630, 633, 634, 636, 645, 646, 872; 2/357, 377, 1013, 1014; 3/326, 327, 1115; 4/440, 444; 5/397, 572, 730, 731, 960, 992. См. также *Вулканизация*, *Вулканизующие агенты*
- Резинолы 4/738
- Резинотехнические изделия крашение 2/1002, 440, 1003; 3/537, 1009
- получение 2/462; 3/864; 4/442–444, 450; 5/605. См. также *Резина*, *Резиновые смеси*
- Резистентность к пестицидам 3/994
- Резолы 4/445, 446
- Резольвометрические миры 5/317
- Резольные смолы 4/445, 165, 928; 1/156, 157; 2/803, 804; 3/568, 911, 912, 1232; 5/133, 134, 136, 137, 143, 341
- Резонанс гамма 3/64–68. См. также *Мёссбауэровская спектроскопия*
- двойной и тройной магнитные 2/1239; 4/304, 795; 5/892, 893, 1028
- и грочечение 1/1206
- и дефектоскопия 2/49
- и захват нейтронов 5/1021
- и ионно-молекулярные реакции 2/509
- и комбиационное рассеяние 2/865, 866
- и люминесценция 2/729, 1221
- и многофотонные процессы 3/189–191
- и молекулярные интегралы 3/223
- и эффект Мёссбауэра 2/189, 191; 3/64, 65, 229, 230
- источники излучений 2/502, 503; 3/401–403
- как межмолекулярное взаимодействие 5/319
- линии в атомных спектрах 1/408, 409
- структур 2/178, 401, 409, 629, 630, 642; 3/548, 550; 4/1140; 5/258, 259, 413, 782, 1009
- теория 4/446, 447, 767, 1132; 1/666; 3/29, 787
- циклотронный, см. *Циклотронный резонанс*
- электронный парамагнитный (ЭПР), см. *Электронный парамагнитный резонанс*
- спиновый 5/886–893
- электронный 5/892, 893
- ядерный 5/892
- энергия 1/377; 3/19; 4/447. См. также *Мезомерия*, *Мезомерный эффект*
- 3/30
- ядерный квадрупольный (ЯКР), см. *Ядерный квадрупольный резонанс*
- ядерный магнитный (ЯМР), см. *Ядерный магнитный резонанс*
- Резонансы 5/930, 932
- Резонаторы оптические, см. *Лазеры*
- Резорциловые кислоты 3/692, 693; 4/448
- β-Резорциловый альдегид 5/66
- Резорцин 4/448, 234, 449, 450, 507; 1/267, 338, 507, 516, 518, 545, 615, 654, 671; 2/234, 236, 366, 806, 864, 999, 1082, 1182; 3/371, 542, 676, 694; 5/115, 124, 135, 139–143, 146, 375, 378, 746
- Резорцино-альдегидные смолы 4/448, 449, 450, 613; 3/327, 568; 5/135
- Резорциновый желтый 4/448; 5/16
- Резохин 4/238
- Рейнке соль 1/133, 284; 3/711
- Рейнольдса аналогия 2/1303; 5/30, 31
- числа 1/447, 1105; 2/1257, 1301; 3/820, 821, 1141, 1183; 4/350, 1046, 1047, 1049, 1050; 5/170
- Рейнольдса–Шеллуду уравнение 4/1207
- Рейссера соединения 5/526
- Рейхарта–Мейсля число 3/378, 380
- Рекарбонизация воды 1/769, 771
- РекOMBинация 4/450; 3/1094
- внутриклеточная 4/867. См. также *Клетки эффект*
- геминальная 4/297; 5/336, 337
- генетическая 4/450, 451, 452, 493, 510, 1243; 1/1009; 2/478; 3/211, 212, 594
- гетеролитическая 1/1060
- диссоциативная 3/428, 1102
- диффузионно-контролируемая 2/192, 193
- и люминесценция 2/702, 703, 1062, 1220, 1221; 5/446
- и химическая поляризация ядер (электронов) 5/458, 459
- ионов в газах 2/509, 530, 531
- механизм 3/143
- молекулярность 3/222; 4/1265
- молекулярными пучками 3/240
- носителей заряда в полупроводниках 4/104
- парная 4/297
- радиационная 2/530
- радикальная 1/1070, 1158; 2/5, 39, 40, 113, 158, 465, 525, 810, 811, 898, 1220, 1221, 1238, 1239, 1251, 1252; 3/143, 1062; 4/32, 303, 306, 308, 310, 413, 450, 867; 5/953
- туннельная 2/1035
- фотохимическая 5/329, 330, 336–339, 353, 354, 356, 839
- Рекристаллизация 1/1190–1192; 2/51, 53, 153, 1046, 1047, 1053; 3/324, 1172
- «Ректизол»-газоочистка 1/902, 931
- Ректификация 4/452, 453–461, 633, 986; 2/165, 592–594, 668, 1039; 3/119, 420, 423, 835; 5/170, 473, 474, 715, 734, 976, 978, 996
- азеотропная 1/65, 66, 69, 837, 897, 904; 5/660
- аппаратура 1/1105; 2/167, 168; 3/1141, 1143, 1144
- вакуумная 3/339
- воздуха 1/794–798
- и концентрирование 2/916
- и металлургия 3/93, 1069
- и очистка стоков 3/860
- и разделение изотопов 2/390
- как эквимольный массообмен 2/1298
- металлов 2/552, 553
- нефтяных фракций 3/458
- низкотемпературная 1/928, 933; 2/25; 5/4, 33
- экстрактивная 2/627; 3/449; 4/457, 458, 460, 1202; 5/829, 834
- Рекуперация 1/62; 3/42, 999; 4/1051
- отходов 3/863, 864
- растворителей 4/360
- теплоты 4/460

- Релаксационные методы 4/461, 462, 464; 2/754; 5/156. См. также *Кинетические методы*, *Релаксация диалектрический* 2/208  
 импульсные, см. *Импульсные методы*  
 Монте-Карло 3/215; 4/832
- Релаксация 4/462, 461; 5/226, 230, 231, 888, 890  
 акустическая 4/463  
 в плазме 4/463. См. также *Плазмотимия*  
 время 2/208, 691, 715, 1073, 1074, 1255, 1257, 1265; 3/645, 948; 4/794, 795, 832, 1063  
 заряды в электретах 4/1062  
 и колебательные реакции 2/848  
 и миделлообразование 3/184  
 в период индукции 3/954  
 и поверхностная энергия 3/1161  
 и процессы переноса 3/948  
 и реология 3/144; 4/464, 484, 486, 487, 489  
 и самоорганизация 4/463, 574  
 и старение полимеров 4/821, 822  
 и термодинамическое равновесие 4/1073  
 и фазовые переходы 3/839, 840. См. также *Вязкотекучее состояние*, *Стеклообразное состояние*  
 в химической кинетике 2/691, 715, 754; 3/426–429, 645  
 магнитная 4/463; 5/1024, 1025, 1029  
 методы, см. *Релаксационные методы*  
 спина-решеточная 3/31; 5/1024  
 спина-спиновая 5/1024, 1025  
 структурная жидкостей 1/287  
 функция 4/484
- Реликвум 4/1224
- Релкзалин 1/438
- Релокс 3/1201
- Реликтивистская квантовая механика 2/721; 3/401; 4/686, 787
- Ремазолы 1/129
- Ремалан-аркие красители 1/129
- Рематалдин 4/464, 77, 218; 1/35
- Ремонтпригодность оборудования 3/320, 323
- Ренания-фосфат 2/498
- Ренатурация белков 1/1218; 2/857
- Ренаты 4/465, 467, 469, 470
- Ренатиты 3/1115
- Ренез  
 медь 1/114  
 никель 1/117, 175, 269, 494, 528, 667, 990, 1083, 1129, 1210; 2/68, 90, 360, 1297; 3/117, 473, 515, 532, 540, 546, 553, 693, 817, 1054, 1079; 4/205, 274, 576, 866, 1097, 1098, 1117, 1122, 1157, 1199, 1200; 5/116, 130, 133, 165, 429, 434, 523, 722, 973
- Ренивая кислота 3/576; 4/465, 466, 469
- Рениево-осмиевый метод 4/467
- Рениверит 1/1036
- Ренин 4/464, 349, 350; 3/165, 242, 244, 949; 5/937, 938  
 бориды 4/465  
 галогениды 1/820, 949, 970; 3/79; 4/465–468; 5/389, 391  
 интерметаллиды 1/384; 2/481  
 нитрид 4/465  
 оксиды 4/469, 465–467, 470, 685; 2/833; 3/103, 244, 489; 5/16, 659  
 определение 1/739; 3/703; 4/397, 466, 467, 1142, 1165, 1202; 5/431, 637  
 органические соединения 4/467, 468; 1/169, 364, 365; 2/362, 641, 651; 3/79, 84, 103, 104  
 иолучение 1/869, 1022; 3/4; 4/142, 466, 470; 5/833
- применение 2/671, 676, 685; 4/467, 835; 5/730, 926, 978  
 свойства 2/387, 665; 3/958; 4/349, 431, 464–466, 813; 5/929  
 силициды 4/107, 465, 684  
 сллавы 1/618, 819, 821; 2/537; 3/249, 1129; 4/467, 584; 5/80, 966  
 фосфиды 4/466  
 халькогениды 4/465–467, 1023  
 чернь 3/253
- Ренин 4/468, 216, 469; 2/559, 696
- Реникина шкала 4/1076, 1077
- Рениера-Теллера эффект 5/1057
- Рениин 5/517, 518
- Рентгеновая плотность 3/1145
- Рентгеновские методы анализа  
 внешнего и внутреннего стандартов 4/476  
 дифракционный, см. *Рентгенография*  
 и излучение, см. *Рентгеновское излучение*  
 локальный 3/161  
 радиометрический 4/479, 480, 481; 2/293; 3/431  
 спектроскопия 4/470, 467, 471–473, 479, 480, 706, 775, 779, 982; 2/191, 529, 712, 727, 1212; 3/475; 5/360, 554, 873, 878  
 – в микроанализе, см. *Электронно-зондовые методы*  
 – на краю поглощения 2/191  
 – электронная 4/481, 470, 482, 483; 3/209, 229–231, 431  
 структурный 4/473, 474, 475, 810, 829, 882, 883, 1005; 1/559; 2/190, 920, 1063, 1065; 3/208, 209, 254, 255, 593, 797; 5/874  
 топография 4/477  
 фазовый 4/475, 476; 2/190, 712; 5/104  
 флуоресцентный 2/712, 916; 3/431, 797, 1134; 4/436, 470, 472, 479, 480, 779; 5/128, 610, 762
- Рентгеновские трубки 2/430, 503; 4/471, 473, 481
- Рентгеновское излучение 2/188–190, 216, 217, 499, 503, 1065, 1219, 1220, 1227, 1228; 3/297, 301, 429, 488, 636; 4/326, 706; 5/872. См. также *Радиоактивность*, *Рентгеновские методы анализа*
- Рентгенография 4/476, 475, 477, 1006; 2/188, 190, 1065; 3/404, 797; 5/327, 328, 334
- Рентгеноконтрастные средства 4/477, 478, 479; 3/710
- Рентгенолипоминомы 1/875; 2/1227
- Рентгеноотрицательные средства 4/477
- Рентгеноотрицательные средства 4/477
- Рентгенопозитивные средства 4/477
- Рентгеноположительные средства 4/477
- Рентгенорезисты 5/341
- Реолюман 2/1078
- Реология 4/483, 251, 484–492; 3/145. См. также *Механические свойства материалов*, *Механицизм дисперсных систем* 2/152, 153. См. также *Физико-химическая механика*  
 и отверждение 3/840  
 и релаксация 3/144; 4/464, 484, 486, 487, 489  
 жидкостей 4/483–492  
 пластичных смазок 3/1123  
 полимеров 1/707; 3/1114; 4/484–490; 5/226, 227  
 порошков 4/136–138  
 структурная 4/489–492  
 уравнения состояния 4/484–487, 490. См. также *Гаука закон*, *Ньютона–Стокса закон*
- Реолексия 2/111, 112
- Реополиэтилен 2/1078
- Репарация 4/492, 493; 2/1170; 3/212, 293, 296, 470, 1241, 1242
- Репелленты 4/494, 247, 495; 1/341, 657, 990; 2/122, 284, 473, 601, 1298; 3/999; 5/130, 377, 587
- Реперные точки 4/1076, 1077; 5/16
- Репликация 4/495, 276, 492, 493, 496–499, 510; 1/559, 1009; 2/877; 3/175, 179, 210, 211, 293, 296, 300, 587, 588, 622, 927, 1097, 1241, 1242; 5/342
- Репликоны 3/211; 4/495, 496, 498
- Реплисома 4/495
- Реплокси 3/746
- «Репортерные» группы (метки) 2/1184
- Репре реакции 2/499, 11, 176, 195, 207, 500, 501, 804; 1/198, 430, 644, 649; 4/1097; 5/713, 977, 999
- Репрография 4/501, 502–509; 5/315, 322, 325, 327
- Рериген 2/474
- Ресметрин 3/1041
- Респираторы 3/867; 4/319
- Респонстехника 4/1245
- Рестель 3/61
- Рестриктазы 4/509, 510; 1/551; 2/20; 5/952
- Рестрикция и модификация ДНК 4/510, 276, 509
- Резульфирование 4/917
- Ретаболил 4/511; 1/290, 291
- Ретарланты 4/428, 429; 5/108, 109, 278
- Ретгерса правило 4/1006
- Ретгерсит 3/485
- Ретен 4/740, 741
- Реткиули 3/274
- Реткиуприванные полимеры, см. *Сетчатые полимеры*
- Ретинакс 5/371
- Ретиналин 1/740, 741, 751; 2/972; 3/48, 536–538; 5/349
- Ретинальдегид 1/740, 741
- Ретинен 1/740, 741
- Ретиноевая кислота 1/740, 741, 752
- Ретинолы 3/48
- Ретинол(ы) 1/484, 740, 741; 3/48
- Реторты 3/90, 1060; 4/714; 5/749
- Ретровирусы 3/1242
- Ретроградация, см. *Крахмал*
- Ретроградная растворимость 4/357
- Ретрорасположение двойных связей 4/511
- Ретрореакции  
 альдольное разложение 2/1211; 3/699  
 диевольный синтез 2/101, 247; 5/365  
 сеновые 2/247  
 перегруппировка Амадорн 1/222  
 – «карбузювая» 3/316  
 – нонилценовая 4/511  
 – пинаколиновая, см. *Пинаколиновая и ретропинаколиновая перегруппировки*  
 – прототропная 2/1103  
 – раемизация 4/392  
 циклоприсоединение 5/738
- Ретроспективный анализ 4/511, 512; 1/1199; 2/886; 3/791–793
- Ретростроения соединения 4/511, 513. См. также *Ретрореакции*
- Ретур сухого продукта, см. *Сушка*
- Реумизин 2/526
- Реформатского реакция 4/512, 513; 1/956; 2/416, 647, 1139; 3/700
- Рефрактометрия 4/513, 514, 515; 1/916; 2/44, 45, 207, 292; 5/33. См. также *Рефракция молярная*
- Рефракция молярная 4/515, 513, 516; 2/207  
 и поляризуемость 4/125, 126, 515  
 и эффект Коттона 5/545  
 измерение, см. *Рефрактометрия*
- коэффициент, см. *Коэффициент рефракции*
- мезомерных систем 3/29  
 экзальтация 3/29
- Рефрижераторные установки 5/599, 601, 602
- Решеточные белки 4/516, 428, 517; 1/470, 472  
 иммунные, см. *Иммуноглобулины*
- Ресиклизация 2/963, 964; 3/1048–1050; 4/1248
- Решеточные теории жидкостей 2/301; 4/368, 829, 831
- Резкстракция 4/975; 5/824
- Ржавчина 1/19, 1208; 2/271, 1180; 3/700
- РЗЭ, см. *Редкоземельные элементы*
- Рианодин 2/468
- Рибит-5-фосфат 3/615, 616
- Рибоза 1/42, 484; 3/173, 174, 200, 263, 269, 470, 525, 585, 586, 595, 597, 598; 5/37, 957
- D-Рибозил-5-фосфат 3/813
- Рибозимы 5/153, 158
- D-Рибозо-5-фосфат 3/615, 616, 918–920; 4/1119; 5/769
- Рибоксан 1/290, 291; 3/599
- D-Рибонат 3/615, 616
- Рибонуклеазы 4/517, 518, 519, 1001; 1/471, 482, 1098; 3/584, 589, 593; 5/158, 1034, 1037
- Рибонуклеиновые кислоты 3/585–588; 5/153. См. также *Нуклеиновые кислоты*, *РНК*  
 адапторные, см. *Транспортные рибонуклеиновые кислоты*  
 информационные, см. *Матричные рибонуклеиновые кислоты*  
 рибосом, см. *Рибосомные рибонуклеиновые кислоты*  
 трансферные 4/1237–1241
- Рибонуклеозид-дифосфат-редуктазы 4/519; 2/970
- Рибонуклеозиддифосфаты 4/519
- Рибонуклеозитрифосфат-редуктазы 4/519
- Рибонуклеозитрифосфаты 4/519, 527
- Рибонуклеозидфосфаты 4/519, 527
- Рибонуклеозиды 3/597–599
- Рибонуклеопротенды 3/599; 4/520, 521
- Рибонуклеотидредуктазы 2/970; 4/519
- Рибонуклеотиды 1/1153; 2/970; 3/600, 601, 1090; 4/1229, 1242. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*
- Рибосомные рибонуклеиновые кислоты 4/522, 519–521, 523; 3/173, 175. См. также *Рибосомы*
- Рибосомы 4/519, 520–523, 1195, 1231–1236; 1/472, 482, 559, 661, 1009; 2/1322–1324; 3/173, 175, 211, 588, 595, 596, 599, 600, 622, 934; 5/412, 818
- Риботимидин 4/1238, 1239
- Рибофлавин 4/523, 270, 524, 525; 1/222, 455, 525, 750–752, 1153; 2/242, 606, 967, 968, 975; 3/254, 697. См. также *Витамины В2*
- Рибофлавин-5'-фосфат 4/523
- Рибофуранозиды 4/1249
- 9-β-D-Рибофуранозилпурин 3/594; 4/274
- D-Рибулоза 3/264
- D-Рибулозо-1,5-дифосфат 2/633; 3/270, 614–616; 5/347
- Рибулозидифосфат-карбоксилсвязь 3/270
- Рибулозо-5-фосфаты 3/614–616, 918–920; 5/347
- Риванол 1/338; 2/1218; 3/562, 834; 5/119
- Ридберга постоянная 2/721
- Ридила – Или механизм катализа 1/1053, 1054
- Ридмерджерит 3/1192

- 5-Ризобизилурация 3/174  
 Ризобин 1/451  
 Ризоторфин 1/451  
 Рикошетные реакции 3/142, 238–240  
 Рилизинг-факторы 1/1163; 3/400  
 Рильсан 3/1139  
 Римантадин 4/464  
 Рингера-Локка раствор 2/1078  
 Риммаида зелень 5/748  
 Ридокол 4/218  
 Ритизин 1/292  
 Ритодрин 2/1322; 4/1194  
 Риттера реакция 4/525, 526; 3/514  
 Риттера-Графа реакция 4/525, 526  
 Ритца метод 1/682  
 Ритчи уравнение 2/941; 3/603  
 Рифальдегид 1/303  
 Рифамицин 1/302, 303, 320  
 Рифамилин 1/303, 321; 4/241  
 Риформат 4/526; 2/46  
 Риформинг 4/526  
   каталитический, см. *Каталитический риформинг*  
   термический 4/526  
 Рихе реакция 5/224  
 Рихтера реакция 2/752; 3/553  
 Ричи 4/526, 527, 1194, 1195; 2/1162; 3/710; 5/1049, 1056  
 Ридиновая кислота 4/527  
 Ридинин 3/1047, 1048  
 Ридиолевая кислота 4/527, 377, 378, 607, 919; 1/139, 863–865, 1023; 2/660; 3/303, 683, 1089  
 Ридиолисиновая кислота 4/527  
 Ридизиаладиновая кислота 4/527  
 Ричардса-Чечотта уравнение 4/182  
 Ришелит 5/144  
 Ришитин 5/196  
 РНК 3/585–587, 594; 5/38. См. также *Нуклеиновые кислоты*  
   адапторные 4/1237–1241  
   аитигены 1/324  
   антисмысловые 3/588  
   биосинтез 1/1012; 4/428, 527, 528. См. также *Слайсинг*, *Транскрипция*  
   – мутации 3/293, 300  
   – стимуляция 3/578  
   – терминаторы 3/589, 595  
   – угнетение 1/1125  
   вирусные 2/486; 3/211, 588, 594, 719; 4/218, 1231  
   геномов 1/1014  
   гены 1/1009, 1010  
   двухспиральные 2/487  
   и ДНК, гибриды 3/587, 588  
   и канцерогены 2/604  
   и нуклеопротеиды 3/599  
   и РНКазы, см. *Рибонуклеазы*  
   информационные (иРНК) 2/1322–1325  
   как метаболиты 3/619, 620, 622, 624, 626  
   клеточные 2/1323  
   комплементарность 2/877  
   малые ядерные 3/588  
   матричные (мРНК), см. *Матричные рибонуклеиновые кислоты*  
   микотоксины 3/154  
   однотажевые 2/1323; 3/587, 588  
   праймеры 4/497, 498  
   процессинг 4/810  
   рекомбинантные 3/594  
   репликация 2/877; 4/495–499  
   рибосомные (рРНК), см. *Рибосомные рибонуклеиновые кислоты*  
   транспортные (тРНК), см. *Транспортные рибонуклеиновые кислоты*  
   хроматина 5/619  
   чужеродные 4/518  
   «шпильки» 3/587, 588  
   щелочной гидролиз 1/41; 3/599  
 РНКазы, см. *Рибонуклеазы*
- РНК-зависимые ДНК-полимеразы 3/1242  
 РНК-зависимые РНК-полимеразы 4/498, 528  
 РНК-лигаза 3/593  
 РНК-полимеразы 4/527, 426, 427, 528, 1229–1231, 1240, 1242; 1/1211; 3/588; 5/818  
 РНК-зависимые 4/241, 426; 5/1049  
 РНК-зависимые 4/498, 528  
 β- и β'-субъединицы 1/472  
 РНК-репликаза 4/498  
 РНК-синтаза 4/498  
 Робинсона  
   анилирование 1/312; 2/886  
   синтез 4/528, 529  
 Робинсона-Манниха реакция 4/528, 529; 1/312; 3/792  
 Робинсона-Шенфа реакция 4/529, 530  
 Рован 1/716  
 Ровиль 3/1236  
 Ровиналь F 3/1231, 1232  
 Роговники 2/1027  
 Роговое серебро 4/635  
 Роговые обманки 4/677  
 Рогор 2/471  
 Родамины 4/530, 247, 397, 944, 945, 975, 1021; 1/936; 2/89, 302, 336, 1082, 1083, 1128, 1216, 1228; 3/834; 5/213, 363, 378, 444  
 Родан 2/306, 375; 4/1164, 1165, 1167  
 Роданиды 1/328, 814; 3/113, 969; 4/653, 1164–1169. См. также *Тиоцианаты*  
 Роданины 4/530, 531, 640, 1127  
 Роданистоводородная кислота 2/246; 4/550, 1164, 1165  
 Роданстый водород 2/246; 4/1164, 1165  
 Родановое число 3/397, 1186; 4/378; 5/25  
 Роданометрия 4/1165  
 Родануровая кислота 4/1164  
 Родентициды 1/956; 2/341–343, 439; 5/410, 411, 748  
 Родия 1/425–427  
 Родизоновая кислота 1/1141, 1142; 3/723, 724  
 Родий 4/531, 431; 1/570; 3/1193; 5/725, 937  
 галогениды 1/1083; 2/137, 1038; 3/78; 4/532, 534  
 гидроксид 4/532  
 интерметаллиды 1/331; 2/485  
 кластеры 2/794, 795  
 нитрат 4/532  
 оксид 4/532; 5/98  
 определение 1/117, 261; 2/183; 3/1133, 1134; 4/184, 530, 531; 5/8  
 органические соединения 4/534, 204, 500, 533, 535; 1/364, 365, 1057, 1112; 2/97, 98, 537, 651, 677, 794, 795, 1171; 3/78, 79, 735  
 пероксиды 3/975  
 получение 2/535; 3/1133; 4/533, 534  
 применение 1/651, 1082; 2/640, 664, 666, 675, 677; 4/534; 5/363, 365, 735, 739, 980  
 свойства 1/974, 976, 1015; 2/136, 137, 282, 383, 670–672, 920, 924, 929; 3/347, 672, 956–958, 1093, 1132–1134; 4/321, 532, 533, 696, 803, 813, 1269; 5/56, 57, 740, 1047  
 сплавы 2/537; 3/46, 873, 1130; 4/532, 534, 565  
 сульфат 1/974  
 сульфиды 4/532  
 цианид 5/703  
 Родиолит 5/774  
 Родиолит 5/1001  
 Родионова реакция 4/536; 1/253  
 Родионова-Кравченко модификация 4/536  
 Родионит 4/676, 681
- Родопас 3/1223  
 Родопсин 4/536, 516, 537, 538; 1/470, 472, 741, 751; 2/972; 5/270, 358  
 Родосопин III 5/1054  
 Родохрозит 2/639, 1285, 1289  
 Родоцеия соли 3/91; 4/534  
 Розалин 2/1262  
 Розалилин 5/412  
 Розатои 2/238  
 Розенмунда реакция 4/538, 539, 1200; 1/199, 943, 1089; 2/645  
 Розенмунда-Брауна реакция 5/704  
 Розенмунда-Зайцева реакция 4/538, 539  
 Розенмунд-Цетше яд 5/527  
 Розеноксид 4/539; 2/238  
 Розеосоли 2/821  
 Розовое масло 1/1024; 2/237; 3/577; 4/539; 5/112, 130, 774, 1003–1006  
 Розовые красители  
   антрахиноновый Ж 2/150  
   бенгальский 5/363  
   γ-хиакридиновый 1/113  
   эозин 1/362; 2/1082, 1083  
 Розоли 3/191  
 Роика 4/49, 50  
 Ройлар 5/87  
 Роквелла метод 4/998  
 Рокезит 2/443  
 Роккал 1/338, 339  
 Роликовые устройства  
   мельницы 2/355, 356  
   печи 3/999  
 Ролитетрациклин 4/1110  
 Ролтрузия 4/15  
 Романтрены 2/1095  
 Роигалит 1/115, 636; 2/465, 1095, 1096, 1156; 3/284  
 Ройкол 1/1118  
 Ронит 1/1030  
 Роилакон 4/478  
 Рорстар 1/1031  
 Рорин А 3/154  
 Роса  
   и коалесценция 2/818  
   точка 4/539, 540, 954, 1032, 1033; 1/756, 896, 897, 905, 906; 2/322, 890  
 Роскозит 1/672  
 Росный ладан 1/511  
 Россит 1/671  
 Рост щети, см. *Поликонденсация*, *Полимеризация*, *Цепные реакции*, *отдельные полиреакции*  
 Ростерит 1/535  
 Ростовые вторичные вещества 4/428  
 Ротаксаны 4/540, 858, 1215; 3/787; 5/719  
 Ротаметры 4/383–386  
 Ротационные устройства  
   вискозиметры 1/729; 3/1123  
   тиксометры 3/1123  
   турбулентно-пленочные испарители 2/1149  
   формующие машины 4/11  
 Ротеноиды 4/540, 541  
 Ротенон 4/540, 541; 2/242, 343, 468  
 Роторные устройства  
   грануляторы 1/1188  
   дистилляционные 2/161, 162  
   дробилки 2/352, 353  
   компрессоры 2/883–886; 3/344  
   конвейерные линии 4/541, 542, 970  
   кристаллизаторы 2/1051  
   мельницы 2/354–357; 4/139  
   исасы 3/342–344  
   пленочные 4/542; 2/161, 162, 1306, 1307; 3/1141, 1143, 1144  
   ректификаторы 3/1144  
   сепараторы 3/633  
   таблеточные машины 4/970, 971  
   фильтры 5/189, 193, 194  
   центрифуги 5/673, 675, 676  
   экстракторы 5/823, 831, 832
- РР-кислота 1/257  
 Роулянда окружность 5/879  
 РРКМ-теория 3/258  
 Р.Р.О., см. *Полифениленоксиды*  
 Ртутная порометрия 2/613; 4/131  
 Ртутные устройства  
   гальванические элементы 1/972; 3/583; 4/546; 5/487, 488  
   кулонометры 5/914  
   лампы 5/63, 540  
   наометры 4/1032  
   термометры 2/573; 4/1078  
   электроды 3/582, 583; 4/127, 128; 5/844, 845  
 Ртуть 4/547, 560; 1/399, 791; 3/575, 871; 5/936, 937  
 азид 4/549  
 галогениды 4/542, 84, 188, 480, 543–546, 548–550, 553, 554, 672, 801, 914, 1026, 1075, 1099, 1122, 1191, 1263; 1/338, 429, 596, 950, 1084, 1099, 1205; 2/18, 120, 171, 178, 179, 336, 495, 709, 732, 927, 932, 1294; 3/76, 125, 306, 433, 674, 761, 1044–1046, 1079; 5/16, 562, 768.  
   См. также *Каломель*, *Сулема*  
 гидриды 4/548  
 гидроксид 4/545, 546  
 гремячая 1/1202, 706; 2/466, 467; 4/549, 603  
 желтая 1/338  
 жидкая 3/163  
 интерметаллиды 1/331; 2/481, 484, 1201; 4/99, 556  
 кластеры 2/797  
 нитрат 1/263, 1151, 1202; 2/96; 3/64, 163, 507; 4/543, 545, 549, 550, 745, 1102  
 нитрит 3/517  
 оксиды 4/545, 546, 548, 549, 586, 930, 1140, 1167, 1253; 1/338, 972, 1122; 2/140, 182, 186, 455, 460, 629, 732, 768, 1107; 3/89, 541, 583, 800, 990; 5/844  
 определение 1/79, 336, 348, 670, 745, 889; 2/84, 177, 183, 573, 654, 743, 822, 1057; 3/124, 169, 690, 751; 4/396, 399, 530, 531, 550, 555, 628, 935, 936, 1126, 1147; 5/118, 149, 151, 636, 637, 719, 781  
 органические соединения 4/551, 223, 247, 500, 543, 544, 549, 550, 552–555, 595, 686, 726, 868, 869, 894, 946, 976, 1099, 1140, 1158, 1253; 1/336, 337, 718, 1202; 2/17, 26, 128, 171, 174, 175, 180, 203, 315, 337, 651, 732, 871, 932, 1085, 1107, 1143, 1148, 1237; 3/81, 82, 84, 432, 542, 580, 874, 897, 1045, 1124; 5/276, 421, 439, 524, 735, 999  
 перхлораты 3/64, 990  
 получение 1/1020; 2/87, 164; 3/89, 412, 763, 1000, 1001, 1069; 4/543, 549, 550, 745, 820; 5/205, 651  
 применение 1/661, 662; 2/613, 1281, 1282; 4/131, 223, 550, 1032, 1078, 1267; 5/553, 693, 843, 844, 901, 917, 920. См. также *Ртутные устройства*  
 свойства 1/675, 944, 964, 1015; 2/113, 128, 282, 392, 767, 920, 1077, 1332; 3/75, 96, 97, 239, 240, 949, 955, 958, 1093, 1146; 4/152, 548, 549, 584, 586, 587, 813, 916, 976, 1003, 1039; 5/7, 9, 16, 84, 417, 739, 904  
 силицид 4/685  
 сплавы 3/82; 4/601, 640, 655, 809; 5/897. См. также *Амальгамы*  
 сульфаты 2/1107, 1108; 3/109, 122, 582, 1045; 4/549, 820; 5/115, 917  
 тетрафтороборат 5/400  
 тиоцианаты 4/549

- токсичность 3/849, 854, 857, 1194; 4/550, 551, 554, 555, 1156  
 фосфаты 5/250  
 халькогениды 4/546, 111, 112, 546–550, 555, 617, 619, 630, 911, 1022–1024; 1/1110; 2/709; 3/1069  
 цианид 2/732; 5/450, 693, 700, 702  
 фосфид 5/277  
 хромат 5/630
- Рубеанаты** 4/555  
**Рубеановодородная кислота** 4/555; 2/822; 3/475  
**Рубероид** 1/563, 564  
**Рубидий** 4/555, 431; 2/580; 5/936, 937  
 азид 1/72; 4/557  
 амид 1/231; 4/556  
 галогениды 4/558, 556, 557, 559; 1/1114; 2/510, 1088, 1209; 3/57, 142, 356; 5/162, 862, 863  
 гидрид 4/556–558  
 гидроксид 1/460; 2/566, 1205; 4/555, 557, 558, 559  
 гидросульфит 4/920  
 интерметаллиды 4/556  
 карбиды 4/555, 586  
 карбонат 2/864; 4/557–559  
**металлаты** 2/1329, 1331; 3/57, 307, 424; 4/466, 557, 558, 1112  
 нитрат 3/392; 4/557, 559  
 нитрид 4/556  
 озонид 3/658  
 оксиды 4/555–558  
 определение 1/1061; 2/710; 4/557, 786; 5/335  
 органические соединения 2/986; 4/556, 557; 5/265  
 пероксиды 3/972–974; 4/556, 557  
 пероксидоборат 3/979  
 перхлораты 3/986–988, 990; 4/557  
 перхромат 4/557  
 получение 3/413, 751, 1069, 1238; 4/556, 557; 5/366, 655, 695, 923, 926  
 применение 4/557, 821; 5/920  
 свойства 1/411, 768, 1015, 1194; 2/505, 560, 767, 1088, 1181; 3/165, 439, 606, 955, 957, 958, 1093; 4/152, 349, 556, 813; 5/332, 797, 798, 890
- силикат** 3, 1193; 4/680  
**силицид** 4/556  
 сплавы 4/556; 5/656  
 сульфат 4/557–559  
 фосфаты 5/247, 250, 252  
 фосфид 4/556  
 халькогениды 4/556, 910  
 хлорат 5/560  
 хлорит 5/564  
 хроматы 5/609  
 цианид 3/393
- Рубин** 2/153, 222, 223, 332, 1064, 1116, 1117, 1119, 1120; 4/951, 1075  
**Рубицилл** 5/788  
**Рубомицин** 1/356, 357; 4/235, 236  
**Рубраксы** 3/1116  
**Рубрей** 5/444  
**Рубраметия** 5/948  
**Рудничный газ** 3/101  
**Рудольфонция** 1/356, 357  
**Рудоподготовка** 3/630  
**Рудоразборка** 3/630  
**Рудотель** 4/1225  
**Руды** 4/559, 560, 561; 3/165. См. также *Полезные ископаемые, отдельные элементы (получение)*  
 борные 1/586, 573, 574, 587. См. также *Неметаллические полезные ископаемые*  
 металлургия, см. *Гидрометаллургия, Металлургия, Обжиг, Пирометаллургия*  
 монокристаллы и поликристаллы, см. *Горные породы, Минералы*
- Ружички**  
 изопреновое правило 2/378  
 реакция 3/1059; 5/713  
 Рулонные материалы 1/563, 564; 3/44, 338, 339, 864  
**Румера диаграммы и правила** 1/666, 667  
**Руле перегруппировка** 4/561, 562, 610  
**Рутекарпин** 5/520  
**Рутений** 4/562, 431; 5/937  
 «буряя и красная соли» 4/564  
 галогениды 2/137, 1038; 4/564–566  
 гидроксид 4/564  
 горячие частицы 4/318  
 интерметаллиды 1/331; 4/562  
 кластеры 2/793–795  
 оксиды 1/457; 2/536, 647, 1144; 3/657; 4/563–565, 848; 5/332, 333  
 определение 1/242; 2/142, 183; 3/1133, 1134; 4/184, 530, 531, 555, 1142, 1147; 5/118  
 пероксиды 3/975  
 получение 2/535; 3/413, 1133; 4/565; 5/926  
 применение 4/565; 5/199, 553, 554, 735, 901, 926  
 свойства 1/570, 1015, 1082; 2/670, 671, 675, 677; 3/96, 97, 871, 949, 956–958, 1132, 1133, 1144, 1193; 4/321, 563–565, 803, 813  
 соединения диоксигенильные 2/136, 137  
 – органические 4/565, 423, 563, 564, 566, 567, 1148, 1270; 1/364, 365; 2/362, 641, 651, 793, 794; 3/78, 79, 83, 84, 91, 98, 825, 826; 5/446  
 – полиядерные 4/96  
 сплавы 3/46, 825, 872, 1129; 4/565  
 сульфиды 3/1132; 4/562, 564  
 цианид 5/703
- Рутоноен** 3/91, 826; 4/564, 566  
**Рутил** 4/567, 560; 1/1021; 2/222, 223, 263, 832, 1234; 3/1011, 1012; 4/1172, 1174, 1178, 1179; 5/391, 616. См. также *Титан, диоксид*  
**Рутин** 1/322, 519, 556, 557, 1129; 2/731, 973; 5/203  
**Рутинный анализ** 2/610  
**Рутовое масло** 3/118  
**Рутса насысы** 3/344  
**Руфесцин** 2/398, 399  
**Руфигалловая кислота** 1/940; 3/689, 690  
**Руфигаллол** 1/986; 5/762  
**Руффа правило** 4/762  
**Рыбий жир** 2/305–309  
**Рыбий технический клей** 2/802  
**Рыжиковое масло** 4/377–380  
**Рычага правило** 2/58, 256  
**Рычажные весы** 1/685, 687–691
- Реза**  
 рассеяние света 2/865, 1073; 4/125; 5/104  
 уравнение 2/160, 893  
**Реза–Шредингера уравнения** 1/799  
**Рема–Веллера уравнение** 5/339  
**Рандла–Эршлера схема** 5/919  
**Рад(ы)**  
 Брауна 1/605, 606  
 винилогический 1/718, 1163  
 гомологический 1/1163; 3/573, 785, 1093, 1160; 5/622  
 Гофмейстера 2/1181  
 изогиогический 1/1163  
 изоэлектронные 4/106  
 лиотронные 2/1181  
 напряжений, см. *Электрохимический ряд напряжений*  
 полнерегистроматический 1/1163  
 радиоактивные 4/322, 323–325, 331, 335, 337; 3/606; 5/946  
 Тейлора 3/137  
 Фурье 1/759; 2/189, 847; 4/474, 477
- С**
- СА, лакриматор** 1/615  
**Саданил** 3/1139  
**Салочная соль** 3/369  
**Сажа** 1/19, 431, 646; 2/594, 682, 868; 3/646; 4/136, 283, 673, 817, 1114, 1115, 1173; 5/39, 40, 68, 973. См. также *Технический углерод «белая»* 1/62, 281; 3/992. См. также *Кремний, диоксид*  
 графитированная 1/884; 2/608  
 как антистатик 1/339  
 как канцероген 2/606  
 как наполнитель 1/630, 633, 634, 636, 1028; 2/377; 3/326  
 как светостабилизатор 4/588  
**Саймона уравнение** 1/1215  
**Саймонса реакция** 1/953; 3/982; 5/392  
**Сайты** 4/450, 509, 510; 5/158  
**Сакагучи реакция** 4/568; 1/362, 363, 475  
**Сакситоксин** 5/1045, 1047, 1048  
**Сакураит** 2/443  
**Салазодиметоксин** 4/902  
**Салазопиридазин** 4/902  
**Салазосульфаниридин** 4/902  
**Салазосульфаниламида** 4/901, 902  
**Салбутамол** 1/318  
**Саликоксал** 2/473  
**Салигитон** 2/473  
**Салицилальдегид** 4/569; 5/213  
**Салицилальдегид** 1/201  
**Салицилальдоксим** 3/185, 186  
**бис-Салицилэтиленидиамины** 4/397  
**Салициламид** 1/297; 4/569  
**Салициланилид** 1/337, 452; 4/225, 226, 568; 5/359, 419  
**Салицилаты** 4/569  
**Салицилиденанилин** 4/504, 505  
**Салицилиденэтиленидиамины** 3/278; 4/400  
**Салициловая кислота** 4/568, 219, 230, 285, 569, 570, 774, 775, 840, 892, 893, 901, 935, 1174; 1/263, 297, 338, 434, 531, 615; 2/1, 19, 89, 151, 634, 802, 864, 1083, 1100, 1217, 1294; 3/126, 692, 693, 711, 1124, 1234; 5/45, 132, 143, 903, 1001, 1012  
**Салициловый альдегид** 4/569, 341, 570; 1/492, 518, 531; 2/931, 1005, 1101; 3/686–688, 691, 797, 966; 5/360, 903  
 «Салициловый спирт» 4/569, 570  
**Салицилонитрил** 1/491  
**Салицил-5-сульфохлорид** 4/935  
**Салицилфлуорон** 5/128  
**Салицины** 2/973  
**Салол** 4/569; 5/133, 143  
**Саломасы** 1/1085; 3/302, 1186; 4/743  
**Салуретик** 2/180, 181; 5/433  
**Салуритин** 3/274  
 «Салькомин» 3/390, 971  
**САМ, см. Метилстиролы**  
**Самандарин** 5/1044  
**Самарий** 4/570; 5/937  
 алюминат 1/206  
 галлиевый борат 2/222  
 галогениды 2/1214; 3/356; 4/436, 437, 570, 571  
 карбонат 4/571  
 интерметаллиды 3/91, 576  
 нитраты 4/570, 571  
 оксиды 4/438, 570, 571, 586  
 определение 5/631, 632  
 органические соединения 2/479, 481, 485, 486, 828, 1147, 1148, 1242; 3/767; 4/142, 571  
 получение 1/875; 4/571  
 применение 2/1240; 4/571  
 свойства 2/962; 3/75, 957, 958, 961; 4/432–435, 570, 571  
 сплавы 2/589, 809
- сульфаты 4/570, 571  
 феррит 5/163  
 цианиды 5/707  
**Самарскит** 4/156, 570  
**Самоассоциаты** 3/82  
**Самовозгорание** 4/571, 572, 573; 2/767; 3/1187  
**Самовоспламенение** 1/702, 828–831, 1164; 2/304, 767; 3/81, 326, 1187, 1189; 4/174, 571; 5/22, 688, 689  
**Самозатравка** 3/255, 256  
**Самоизмельчение** 2/353, 354, 356, 630  
**Самоинстраивающиеся системы автоматического регулирования** 1/24  
**Самоорганизация** 4/573, 574; 3/841; 5/466, 473. См. также *Марингони эффект*  
 в иерархических системах 4/1063, 1064  
 в неравновесных процессах 3/430, 841  
 и десублимация 4/890  
 и релаксация 4/463  
 на межфазной поверхности 2/1308  
 пространственно-временная, см. *Коллективные реакции*  
**Самопроизвольные процессы (явления)**  
 армирование, эффект 3/1120  
 в дисперсных средах, см. *Структурообразование*  
 в открытых системах, см. *Самоорганизация*  
 в твердых источниках газов 3/1075  
 возгорание, см. *Самовозгорание*  
 воспламенение, см. *Самовоспламенение*  
 высокотемпературный синтез, см. *Самораспространяющийся высокотемпературный синтез*  
 деление ядер 4/315, 316, 318, 331, 432  
 диффузия 2/192, 195, 197, 384; 4/832, 994  
 ионизация 3/11  
 конденсация 2/784, 785, 787, 814; 3/26  
 коррозия 2/952  
 люминесценция 2/1220  
 нагревание 4/571, 572  
 необратимые 3/644  
 образование растворов 4/363  
 – тонких пленок 4/1206  
 окисление – восстановление 2/157, 158; 3/664. См. также *Автоокислительные реакции*  
 пассивация металлов 3/889, 890  
 переход растворителя через мембрану 3/39, 40  
 поверхностные, см. *Поверхностные явления*  
 полнкоденсация 3/1258  
 полимеризация 3/1262; 5/977  
 поляризация диэлектриков, см. *Сегнетоэлектрики*  
 преарания нестабильных атомных ядер, см. *Радиоактивность*  
 спайсинг 4/811  
 таутомерные, см. *Таутомерия*  
 цепные 5/689–692  
 электролиз 5/838  
 эмуглирование 5/948, 949  
 энтропия 5/955  
 эпитаксия 5/957  
 этерификация 3/253; 4/527, 1127  
**Самораспространяющийся высокотемпературный синтез** 4/574, 575, 685; 1/584, 1169; 2/1261; 3/415, 421; 5/516, 755  
**Самородные элементы** 3/95, 166; 4/560; 5/936. См. также *отдельные химические элементы*  
**Самосадочная соль** 1/956, 957; 3/369  
**Самосборка рибосом** 3/211, 600

- Самосинхронизирующаяся грохота 1/1206, 1207
- Самосогласованного поля метод 4/575, 576; 2/722; 3/233–236, 391, 893; 5/875
- «Сампо», пенообразователь 3/648
- Сангвиария 2/398, 399
- Сангвиритрин 4/231
- Сангвиамидин 3/594, 595
- Сандозол 2/1097
- Сандарак 4/739
- Сандерсена метод 5/896, 897
- Сандини 3/1192
- Санорин 3/380
- САН-пластик 1/118
- Санпрен 5/86
- Сантал А 4/1090
- Санталенин 5/1004
- Санталидол 4/576, 1090; 1/660, 988; 2/598
- Санталовое масло 4/576; 5/1003, 1004
- Санталол 4/576; 5/1004
- Сантен 5/438
- Сантокор 3/62
- Сантонини 2/26; 4/661
- Сантопур 4/173
- Саперкоазол 4/233
- Сапогенин 4/577–580
- Сапонины 4/576, 577–580, 860; 1/1128, 1129; 3/284, 848; 5/38, 589, 1042, 1051, 1053, 1056
- Сапропелиты 4/579, 580; 1/1177; 1178; 2/703
- Сапропель 3/457, 789; 5/54
- Сапфир 2/208, 222, 223, 1043, 1072, 1283; 3/256, 1103; 4/782; 5/387, 788
- Сапфирин 2/1027
- Сарая 1/716; 3/1139
- Саркозиды 4/580
- Сарколизин 4/234
- Саркозин 1/80, 134, 135, 250; 4/580; 5/584
- Сарпаги 5/537
- Саррацин 3/1082, 1083
- Сарсасопенин 4/577, 578
- Сартонер 3/746
- Сассасаровое масло 4/581; 5/800
- Сассолин 1/586
- Сафлоровое масло 4/377–380
- Сафранин 1/75; 2/450; 4/1199; 5/116
- Сафрол 4/580, 581; 1/185, 505, 1004
- Саха уравнения 2/532
- Сахатит 1/587
- Сахар(а) 1/1129, 1147, 1162, 1163; 2/6, 40, 935; 3/34, 1090; 5/7, 36–39, 158, 819, 995. См. также *Углеводы*
- ацетобромсодержащие 1/1131
- внутренние ангидриды 1/1127
- восстанавливающие 1/1128, 1129; 4/1197
- жженный 2/1277; 3/1089
- заменители 4/900, 1090; 5/119, 121. См. также индивидуальные добавки
- изомеризация 2/1211
- «колер» 3/1089
- молочный 3/572
- мутаротация 2/913
- определение 2/133, 291; 3/519; 5/114, 123, 659
- разделение 2/1171
- рафинирование 2/1246; 3/1089; 5/676
- свекловычный 4/581
- свиный 3/572, 785; 4/597
- содержание в продуктах 2/292; 3/1147
- солодовый 3/747. См. также *Мальтоза*
- стереохимическая конфигурация 2/906
- тростниковый 1/195; 2/755; 3/1078; 4/581, 582. См. также *Сахароза*
- ферментативное расщепление, см. *Брожение*
- фосфаты 5/347–349
- фосфорилированные 1/483; 3/918–920
- фруктовый 1/195; 5/375. См. также *Фруктоза*
- эпимеризация 2/629
- эфиры 1/1131; 4/38. См. также *Глюкоза*
- Сахараты 4/582
- Сахариметрия 2/292; 3/1147
- Сахарин 4/581, 1204; 2/539; 3/1090
- Сахаринные кислоты 2/1211
- Сахарная кислота 1/1154
- Сахароза 4/581, 514, 582, 1037; 1/1154; 2/5, 31, 464, 544, 989, 1092, 1153; 3/157, 169, 271, 614, 748, 749, 829, 896, 1090; 5/37–39, 348, 373–375, 715, 781
- СВС 2/95
- Саара 2/273; 5/53, 750
- атомно-водородная 1/778
- азетилено-кислородная 1/429, 430
- лазерная 2/1120, 1128
- «локальные мостики», см. *Трение*
- материалов нетканых 3/437
- полимерных 4/582, 17, 583
- пиротехническая 3/1076
- термитная 4/1057
- ультразвуковая 5/62
- химическая 3/1121
- Сварта реакция 1/529, 530, 953; 3/938; 5/391
- Свекловычный сахар 4/581, 582
- Свена (Свейна)–Лаптона уравнение 2/941
- Свена–Скотта уравнение 2/941; 3/294, 602
- Сверхвозбужденные состояния 2/501
- Сверхвысокие давления 2/47, 223
- Сверхкислоты 1/950; 2/25, 770, 784; 4/244, 947; 5/384
- Сверхкритические методы хроматография 2/610, 611
- экстракция 5/834, 835, 1005
- Сверхпроводники 4/583, 438, 574, 576, 583–587, 831, 877, 878, 893, 911, 975, 996, 1057, 1058, 1087, 1112; 1/1037, 1194; 2/77, 477, 485, 486, 547, 722, 733, 797, 1073, 1146; 3/31, 76, 97, 101, 225, 243, 250, 414, 415, 417, 419, 420, 435, 491, 493, 498, 758; 5/102, 413, 510, 516, 594, 762, 868
- Сверхсжатие 4/766
- Сверхструктуры, см. *Интерметаллиды*
- Свертываемые растворы 4/1005
- Свертучесть 1/1003, 1004; 2/299, 385, 479–481, 886; 5/102–104
- Свертучие взаимодействия 4/587, 588, 795, 797, 798; 1/407, 413, 414; 2/721; 5/889–893
- Светеналь 4/588
- Светильный газ 3/1061
- Светлые нефтепродукты 3/378, 441–443, 445–448, 462, 1059–1061
- Светлый креп 4/444
- Светокопирование 4/507
- Светопрочные красители 3/1035, 1036, 1079; 4/256; 5/382, 383
- Светостабилизаторы 4/588, 589, 590, 814, 817, 1088, 1100; 1/402; 3/519, 1119, 1234; 5/288, 1001
- Светостойкость 4/590; 1/645; 2/708; 3/1116, 1119. См. также *Светостабилизаторы*
- Светоувеличивающая фотоматериалов 5/315, 316, 321, 325, 328–330
- Свечение 2/1062, 1129. См. также *Люминесценция*, *Хемилюминесценция*
- Свечи 1/865; 2/768; 3/369, 884, 1075
- Свинец 4/590; 3/575; 5/74, 936, 937
- азид 4/597, 592, 603, 1082; 1/72, 705; 2/466, 467
- амальгамы 1/222, 223
- ацетаты 4/597, 43, 591, 600, 803, 1137; 1/639, 870, 916; 2/28, 711, 747, 1001, 1079, 1148; 3/347, 541, 580; 5/219, 521, 664
- бораты 1/581, 974; 3/371; 4/707, 708; 5/400
- галогениды 4/597, 46, 314, 508, 591, 592, 597, 598, 835, 1003, 1039, 1138; 1/1184; 2/709, 1079; 3/356, 774; 5/562, 563, 755, 841
- гидроксид 1/1092; 2/637; 3/1012; 4/591
- гидрофосфат 1/783
- интерметаллиды 2/384, 478, 481, 1201; 3/165, 304, 348; 4/99, 556, 584, 601
- карбонат 2/637, 639; 3/553, 1012; 4/591, 597, 598, 600
- кислоты 4/591, 595
- металлаты 1/382, 383, 462, 675, 774, 1035; 2/474, 733, 1001, 1078, 1079; 3/241, 242, 244, 424, 774, 1011, 1012; 4/158, 284, 597, 598, 608, 617, 708, 944, 985; 5/62, 83, 608, 621, 630–633, 761
- нитраты(ы) 4/598, 591, 596, 597, 600, 603, 944, 1165, 1168; 1/96; 2/1079; 3/517; 5/456
- оксиды 4/598, 42, 158, 159, 183, 184, 283, 359, 563, 584, 587, 591–593, 597, 602, 706, 737, 820, 836–838, 869, 984, 1057, 1086, 1140, 1205; 1/110, 111, 371, 541, 832, 977, 1035, 1044, 1049, 1182, 1184; 2/138, 183, 242, 443, 525, 566, 573, 629, 1096, 1156; 3/89, 147, 168, 279, 357, 360, 369, 370, 390, 433, 545, 660, 696, 698, 775, 906, 969, 1012, 1079; 5/142, 552, 568, 701, 702, 901
- определение 1/348, 381, 739, 1182; 2/177, 205, 442, 451, 522, 709, 743, 838, 896, 1218, 1219, 1230; 3/124, 164, 169, 969, 1058; 4/397, 448, 530, 531, 594, 936, 1126; 5/335, 719, 837
- органические соединения 4/594, 54, 172, 592, 595–598, 600, 641, 946, 1138, 1140, 1252; 1/168, 169, 495, 543, 563, 958, 964; 2/174, 175, 466, 1085, 1296, 1297; 3/62, 81, 84, 369, 371, 432, 749, 897, 906, 907, 978, 986, 990, 1020, 1056; 5/384, 421, 934
- полимеры 3/419
- получение 1/672, 977, 1019–1021, 1103, 1104; 2/87, 334, 561; 3/4, 7, 89, 93, 412, 637, 1001, 1069, 1193; 4/559–561, 592, 593, 598, 602, 639, 820, 1020; 5/205, 207, 210, 211, 298, 506, 651, 746, 749, 750
- применение 1/974; 2/503, 676, 685, 801, 1226, 1227; 3/71, 85–87; 4/106, 594, 1007, 1111; 5/487, 488, 753, 841, 901, 903, 904, 920. См. также *Свинцовые аккумуляторы*, *Свинцовые материалы*
- свойства 1/400, 459, 652, 768, 1018; 2/282, 334, 384, 386, 387, 394, 504, 671, 962, 1099, 1153; 3/96, 357, 606, 955, 958, 1012, 1093, 1179, 1180; 4/322–324, 584, 587, 591, 592, 814, 816, 1003, 1039, 1154, 1155; 5/84, 142, 388, 391, 455, 928, 929
- силикаты 1/774; 4/838; 5/407
- сплавы 4/601, 184, 594, 595, 602, 639, 809, 876, 945, 975, 1110; 1/343, 813, 1192; 2/580, 801, 1331–1333; 3/82, 306, 349, 753, 754, 758, 1133; 5/371, 753, 854, 855
- стифнат 4/603
- сульфаты 4/602, 591, 820, 1149
- 2/710, 1079; 3/1011
- тиоцианат 4/1164, 1165
- титанат 4/602, 284; 2/733; 3/433; 5/621, 761
- токсичность 3/849, 854, 857, 866, 1194; 4/594
- тринитрорезорцинат 4/603, 1266
- 1/706; 2/466, 467
- ферриты 5/163
- фосфаты 5/247, 248, 250–252, 281
- фосфит 5/288
- халькогениды 4/603, 104, 109, 111, 112, 555, 560, 585, 591–593, 602, 604, 617–619, 630, 785, 1005, 1018, 1022–1024, 1168; 1/916, 1015, 1110; 2/51, 702, 709, 797, 1124, 1148; 3/165, 243, 250, 774
- хлорат 5/559
- цианамид 3/1012
- цианат 5/702
- цианид 3/281; 5/702
- черь 1/735; 4/592–594
- Свинцелористоводородная кислота 4/591
- Свиный жир 2/303, 304, 307, 308; 3/302, 395, 730; 4/172; 5/1005
- Свицеевание 1/974; 4/594
- Свинцовые аккумуляторы 1/109, 110; 3/865; 4/591, 594, 600, 602, 648
- Свинцовые материалы
- блеск 4/603. См. также *Галенит*
- мыла 3/301, 303
- пигменты, белила 1/1208; 2/1296; 3/1011, 1012; 4/602
- , кроны 1/1207, 1208; 2/274, 330, 996, 1078, 1079; 3/991, 1011, 1012; 4/92
- , сурки 1/563; 2/322; 3/1012; 4/591, 600, 838
- смазки 3/1125
- сахар 3/572, 785; 4/597
- стекла 3/775; 4/836, 837
- Свин-режим РМР 5/1027
- Свободная влага 4/954, 955
- Свободная энергия, см. *Энергия свободная*
- Свободнодисперсные системы 2/152, 153
- Свободное осаждение 1/1106
- Свободные радикалы, см. *Радикалы свободные*
- Свободный объем жидкости 2/301
- насадок 3/337
- СВХ-моионит 3/262, 263
- Связанная влага 4/954
- Связанная энергия 3/1161
- Связнодисперсные системы 2/152, 153. См. также *Реология*
- Связывающие орбитали 3/781, 782, 965; 4/420
- Связь(и)
- адгезионные 1/36, 37; 2/799
- валентные, см. *Валентных связей метод*
- водородная, см. *Водородная связь*
- лативная 1/432; 2/919, 927; 3/82, 83, 735
- двойная, см. *Двойная связь*
- дисульфидные 2/423–425, 475, 476, 487, 736, 1156; 3/198
- длины 1/378, 411, 412; 3/208, 210, 219, 330–334, 390, 797
- дионорно-акцепторная 1/432, 665; 2/831, 832, 877, 918, 1019, 1171; 3/82, 83, 207, 545, 735
- изомерия 2/929
- ионная, см. *Ионная связь*
- ионно-ковалентная 2/479; 3/698; 4/674, 909, 910

- нонно-металлическая 2/478  
ковалентная, см. *Ковалентная связь*  
координационная, см. *Координационная связь*  
кратные, см. *Кратные связи*  
металлическая 3/73, 74–76, 96, 164, 508, 509; 2/478–485; 4/994, 995  
механическая, см. *Связь топологическая*  
обратная, см. *Обратная связь*  
орбитали 2/1211  
пептидные 1/231, 471, 483, 840. См. также *Пептиды*  
простые 2/983, 984; 3/785, 787  
рефракции 4/515, 516  
топологическая 2/694; 4/1214; 1215; 5/538  
химическая, см. *Химическая связь*  
Связующие 4/604; 5/122, 128. См. также индивидуальные представители и реакционные системы
- СГ-соль 1/988  
Сгушение 2/491, 492; 3/637, 819–822; 5/193, 674, 675. См. также *Осаждение*  
Сдвиг  
батохромный 2/99; 4/751, 767; 5/384, 646, 649  
гипсохромный 2/174, 1082; 4/751; 5/360, 646, 649  
1,2-метилный, см. *Метилнафталины*  
модуль 4/663. См. также *Механические свойства*  
при перегруппировках 2/599, 600, 628, 966; 3/549  
– α-распаде, правило 4/315  
рамки, мутации 3/300  
химический, см. *Химический сдвиг*  
частот линий спектров КР 2/865–867  
электронов химических связей 2/461, 462  
энергетических уровней системы 1/799; 3/66, 67
- Сдвигающие реагенты 4/605, 68, 606  
Себадианы 1/866, 988; 2/804; 3/1197; 4/606, 607; 5/572  
Себаиновая кислота 4/606, 527; 1/606, 630; 2/107, 108, 660, 804, 809, 863; 3/1201, 1223; 5/903  
динитрил 4/607  
эферы 2/92; 3/728, 1116, 1117, 1234; 4/172, 698; 5/1001
- Севарины 2/844  
Севин 2/473; 3/107  
Сегетова соль 3/256; 4/284, 608  
Сегнетокерамика 2/209, 733; 4/608  
Сегнетоэлектрики 4/608, 110, 585, 616, 708, 879, 909, 943, 949, 951, 984, 985, 996, 1022, 1176, 1184; 1/672; 2/207, 209, 242, 284, 285, 371, 571, 1070–1073, 1111; 3/489, 777, 1078; 5/102, 103  
Сегрегация 4/735, 1004  
Седативные средства 4/608, 609, 743, 773; 2/1275, 1322; 3/354, 685, 701  
Седиментация 1/687; 3/819, 820, 851, 859, 860. См. также *Осаждение белков* 1/559  
бесструктурная 2/816  
гравитационная 4/282, 285  
и коагуляция 2/816  
и молекулярная масса полимеров 3/218, 219  
и молекулярно-массовое распределение 3/221  
и устойчивость систем 2/154, 155, 338, 339; 3/819, 991; 4/952  
потенциал 5/847, 848, 850, 898  
структурная 2/816  
и эмульгирование 5/949  
Седлованные азетропы 1/69
- Селловые точки реакций 1/45, 121–125; 2/916, 917; 3/1175–1177  
D-Седогептулоза 5/37  
Седогептулозо-(7)-фосфаты 3/615, 616, 918, 919  
Седуксен 4/1224, 1225  
Секалины 4/190  
Секалин 4/1039  
Секвенаторы 1/551; 3/921  
Секвейирование 1/472, 479; 3/588, 589; 4/522; 5/801  
Секоларифиллин 1/144  
Секологанин 2/457–459  
Секоефантrenoидолизидиновые алкалоиды 5/118  
Секоефантrenoидолизидиновые алкалоиды 5/117, 118  
Секретин 4/609, 758; 3/199  
Секстетные перегруппировки 4/610  
Секторный метод 4/164, 165  
Секურიны 1/147  
Секционные устройства  
классификаторы 2/790  
печи 3/999  
питатели 3/1084, 1085  
Селагин 1/146  
Селаниондин 5/969, 970  
Селант 2/1245  
Селар-ОН 3/1139  
«Селексол»-газоочистка 1/931  
Селективная химия 5/476  
Селективность  
анализа 1/550; 2/347, 710, 711, 757, 871, 1098; 5/148, 149, 151, 629  
материалов, см. *Селективные материалы*  
процессов, см. *Селективные процессы*  
связаных углеводородов 2/811  
Селективные материалы  
детонирующие ВВ 1/706; 4/162  
индикаторы 1/550; 2/451  
ионообменные смолы 4/612, 613; 1/289; 2/520, 1171; 5/440  
катализаторы 1/1051, 1057, 1058; 2/662, 667, 671, 672, 680, 685, 689; 5/52  
мембраны 3/38–40, 55–57  
органические реагенты 4/395  
сорбенты 2/477; 5/814  
флотореагенты 5/207, 208  
электроды 2/522, 1146
- Селективные процессы  
адсорбция 2/210; 5/473  
коррозия 2/1332, 1333  
нефтепереработки 5/681  
низкотемпературные 2/1034  
обессмоливание 2/168  
отравление катализаторов 5/1047  
очистка, см. *Нефтепродукты*  
правило Брауна 1/604  
«сверхкритическая» экстракция 5/834  
трибохимические 4/1256, 1257  
флокуляция 5/203  
химические, см. *Реакции химические, селективность*
- Селектоформинг 5/681  
Селен 4/613, 431; 3/854, 1053; 5/298, 493, 494, 937  
бораты 4/618  
галогениды 1/541, 612, 1194; 2/137, 182, 1125; 3/494; 4/614, 615, 618, 1020  
гидрид 1/1079, 1080; 4/548, 614, 615, 619, 621, 1096. См. также *Селеноводород*  
металлаты 4/618  
оксиды 4/616, 614, 615, 617, 619–621, 657, 659, 922; 1/526, 1162; 2/13, 105, 745, 858, 1108, 1214; 3/665, 1000, 1018, 1079; 5/202, 526
- определение 1/408, 428, 526, 739; 2/654, 709; 3/169; 4/615  
органические соединения 4/619, 278, 614, 615, 620, 625, 815, 1025; 1/526; 2/409, 557, 622, 811; 3/62, 825, 826, 987; 5/279, 309. См. также индивидуальные представители  
полнмеры 3/419  
получение 1/869; 2/87; 3/4, 413, 1053, 1193; 4/562, 614, 615, 1020  
применение 2/421, 730, 1119; 3/93; 4/105, 106, 108, 114, 115, 502, 503, 550, 615, 835, 839; 5/799  
самородный 4/613  
свойства 1/412, 550, 768, 1015; 2/13, 606, 767, 911, 912, 1170, 1227, 1280; 3/161, 243, 955, 958, 1000; 4/325, 349, 584, 613–615, 741, 813, 1019, 1034, 1095, 1101, 1153, 1270; 5/437, 438, 455  
сплавы 2/453, 454, 1124, 1332; 4/502  
халькогениды 1/332, 935; 2/709; 3/243, 348, 754–756, 763; 4/503, 550, 619, 632. См. также *Селениды*  
цианид 5/702
- Селеназины 4/619  
Селенантрен 2/144  
Селенаты 4/616, 617  
Селениазины 4/619  
Селениды 4/617, 111, 112, 141, 465, 614, 615, 618–620, 1022; 2/671, 1061; 3/165, 166, 774–776; 5/162, 925. См. также *Халькогениды*, отдельные химические элементы  
Селениновые кислоты 4/619  
Селенистая кислота 1/187; 2/557; 3/989; 4/614, 616, 620; 5/438  
Селениты 1/1123; 3/166; 4/616, 619  
Селеноальдегиды и селенокетоны 4/619  
Селеновая кислота 4/616, 617; 5/438, 755  
Селеноводород 1/777; 3/243, 576; 4/548, 614, 615, 619, 621, 1091; 5/16, 437  
Селеноводородная кислота 3/576; 4/617  
Селеногуанидин 4/620  
Селениолит 4/616  
Селениолы 4/619, 620  
Селеномочевина 1/981  
Селеноновые соединения 3/765; 4/619  
Селеноновые кислоты 4/619  
Селенионы 4/619  
6-Селенопурин 4/620  
Селенотазолы 1/981  
Селенофан 4/1096  
Селенофан 4/621, 619, 1026; 5/429  
Селенофосфоновые кислоты 5/275, 280  
Селеноциклоалканы 4/619  
Селеноцистамин 4/620  
Селеноцистин 4/620  
Селиванова реакция 5/375  
Селианы 4/660  
Селиен 2/26; 4/659, 660  
Селитры 4/621; 1/191; 2/709; 3/172, 173, 412, 505, 564  
аммиачная, см. *Аммиачные продукты*  
бариевая 1/461; 4/621. См. также *Барий, нитрат*  
известково-аммиачная 1/102, 103; 4/621  
индийская 1/92  
калийная, см. *Калийные (калиевые) продукты*  
кальциевая, см. *Кальциевая селитра*  
натриевая, см. *Натриевые материалы*  
чилийская 1/92, 102, 103; 3/347, 357  
Селитряная смесь, см. *Нитрий, нитрит*
- Селлант 5/386  
Селфок 3/776  
Семантические графы 1/1201  
Семенова  
диаграмма 1/828, 829  
критерий 1/829  
метод квазиэнтальпийности 2/715  
уравнение 5/687, 689  
Семерон 1/1033  
Семивзвальный механизм 5/96  
Семивзванный 2/596  
Семидиновая перегруппировка 1/491, 1073  
Семидины 1/247, 491  
Семидурохинон 4/623, 624  
Семикарбазид 4/621, 622, 623, 1147, 1250; 1/682, 1075; 2/620; 3/280; 5/702, 705  
Семикарбазидосемикарбазоны 4/623  
Семикарбазоны 4/622, 621, 623; 1/437; 2/251, 252, 359, 516, 600, 1081, 1298; 3/577, 725  
Семиквадратная кислота 3/723, 724  
Семиколлоиды 3/302  
Семиксиленоловый оранжевый 5/379  
Семикоогулеродные кислоты 3/723  
Семиполярные связи 2/919  
Семитимолфталесон S 5/379  
Семихиноны 4/623, 624; 1/532; 2/872, 873; 3/36, 665; 5/142, 354, 532, 533  
Семьяента 4/85  
Сенармонтит 4/942  
Сен-Венана модель 4/486  
Сенгера метод 3/589, 594, 601  
Сендасты 2/1241, 1243  
Сенсибилизация  
и детонация 1/280; 2/47; 4/731  
и люминесценция 2/1062, 1220, 1225–1227  
и разложение молекул растворителя 2/5  
и светостойкость полимеров 4/590  
оптическая 4/624, 588–590, 625, 626, 720; 1/508; 2/37, 398, 811, 1272; 3/132, 683; 5/317, 322, 324, 327, 330, 339, 340, 363  
спектральная 2/37; 4/624  
фотографических материалов 4/626, 627, 841; 3/679; 5/116, 322, 330, 445, 632  
фотодиссоциация 2/811  
фотополимеризации 1/494  
Сенситометрические показатели 5/329, 453  
Сенсоры  
химические 4/627, 628, 893, 1224; 3/415, 418; 5/66, 151, 764, 863, 915  
электрохимические 5/915, 842, 916, 917, 920, 924  
Сепараторы 1/929, 1105; 2/351; 3/636  
воздушные 4/629  
гравитационные 1/931  
инерционные 1/931  
классификаторы 2/790  
крутояконные 3/633  
молекулярные 5/628, 629  
осадительные 5/193  
радиометрические 3/635  
фильтры 1/931  
центробежные 1/931; 5/673–677  
циклонные 1/931; 2/614, 683; 4/629, 1060  
электрические 3/634, 635
- Сепарация 3/630  
в аппаратах КНС 3/633  
в криволинейных потоках 3/632  
в тяжелых средах 3/631, 632  
вакуумная 3/93  
воздушная 4/628, 629, 630; 1/1205; 2/351, 790; 5/715  
гравитационная 3/631–633; 5/206  
диэлектрическая 3/634  
магнитная 3/633–635, 1001; 4/981



- на столах 3/632, 636  
оборудование, см. *Сепараторы*  
отсадка 3/631  
пенная 3/897, 898–901, 922  
по плотности 3/631–634  
с наклонной плитой 3/636  
трибоэлектрическая 3/634  
флотационная 5/206  
электростатическая 2/563
- Септанозиды 1/1127  
Септаидины 3/596  
Септизины 5/118
- Сера 4/630; 1/190, 191, 399, 400;  
3/576, 1193; 5/54, 55, 936, 937  
аморфная 3/575; 4/631  
газовая 4/633  
галогениды 4/655, 43, 171, 548, 631,  
632, 654, 656, 914, 922, 938–940,  
1108, 1133, 1141–1143, 1149;  
1/163, 612, 943, 950, 953; 2/142,  
533; 3/514, 733, 734, 938; 5/280,  
389, 392, 834. См. также *Сульфур-*  
*ридагалогениды*, *Тиоцидагалогениды*  
– гексафторид 4/656, 152, 655, 814;  
1/664, 834, 911; 2/529, 1077;  
3/142, 190, 392, 421  
гидриды 1/1079, 1080; 2/1205;  
4/938. См. также *Сероводород*  
желтая 4/650  
жидкая 2/300  
золи 2/154, 319  
кластеры 2/792, 793, 796  
коллоидная 2/846; 4/171, 633  
комовая 4/633  
метастабильная 4/630  
нитриды 1/93; 4/632  
оксиды 3/42, 419, 632  
– диоксид (SO<sub>2</sub>) 4/656, 152, 177,  
193, 223, 325, 344, 359, 396, 628,  
632, 634, 644–647, 654, 657, 667,  
814, 877, 899, 907, 916, 918, 921,  
922, 926–928, 934, 938, 939, 975,  
1020, 1142, 1149, 1210; 1/6–8,  
532, 573, 664, 670, 674, 675, 786,  
836, 888, 890, 892, 893, 900–904,  
915, 916, 973, 1103; 2/99, 120, 282,  
322, 342, 381, 402, 446, 499, 505,  
522, 661, 664, 666, 672, 769, 807,  
874, 933, 952, 1043, 1077, 1112,  
1332; 3/168, 356, 365, 667, 698,  
699, 849, 853, 854, 864, 1044, 1088.  
См. также *Сернистый ангидрид*,  
*Сернистый газ*  
– триоксид (SO<sub>3</sub>) 4/657, 71, 193,  
540, 632, 644–647, 658, 659, 836,  
896, 900, 906, 907, 917–919, 923,  
924, 928, 940, 1103, 1150, 1210;  
1/573, 664, 665; 2/142, 154, 505,  
641, 661, 664, 672, 769, 1077;  
3/121, 375, 392, 528, 667, 698, 980,  
1025, 1044, 1046. См. также *Сер-*  
*нистый ангидрид*  
– растворы, см. *Олеум*, *Серная*  
*кислота*  
определение 2/654, 710–712, 731,  
770, 896; 3/168, 447; 4/627, 633,  
779, 1056, 1148, 1318; 5/781, 916  
органические соединения 4/634,  
635, 938, 1025, 1086, 1151; 1/565,  
901–904; 2/62, 96, 409, 410, 558,  
812, 845, 1016; 3/458, 463, 464,  
540, 660, 765, 785, 975; 5/279, 309  
– алкалоиды 4/651, 652, 653  
перламутровая 4/630, 631  
пероксиды 3/974, 975  
пластическая 4/631  
полимеры 2/923, 924; 3/419, 420  
получение 1/562, 786, 901, 902, 904,  
930, 931, 1175; 2/597, 846; 3/7,  
363, 412, 1068; 4/561, 592, 632,  
633, 654, 1149, 1151; 5/144, 443  
применение 1/106, 107, 880; 2/286;  
3/995; 4/114, 115, 227, 633, 634,  
835; 5/416, 835. См. также *Серная*  
*вулканизация*  
ромбоздрическая 4/630, 631  
самородная 4/630, 632, 633; 5/208  
свойства 1/234, 412, 664, 665, 684,  
708, 709, 734, 903, 904, 1015, 1122,  
1205; 2/13, 94, 171, 173, 180, 183,  
208, 367, 421, 561, 767, 779, 832,  
911, 1172, 1227, 1333; 3/62, 167,  
226, 365, 575, 577, 619, 620, 955,  
957, 958, 1001, 1012, 1034, 1194,  
1219, 1227, 1333; 4/274, 325, 331,  
349, 482, 515, 556, 593, 630–632,  
649, 651, 726, 741, 813, 848, 1008,  
1022, 1101, 1128, 1131, 1134,  
1151, 1159, 1270; 5/43, 85, 86, 145,  
416, 417, 437, 438, 463, 494, 502,  
527, 571, 572, 610, 611, 617, 755,  
889  
содержание в сырье к сплавах 1/768,  
1106–1108; 2/839, 840; 3/442,  
444, 447, 453, 456, 753, 1069  
сплавы 1/977; 2/1124, 1153; 5/895  
халькогениды 1/332, 935; 2/444,  
445, 1234; 3/243, 304, 348, 754–  
756, 763; 5/43. См. также *Сульфиды*  
цианид 5/702  
черенковая 4/633
- Серазид 4/237  
Серакс 4/1224, 1225  
Сервантит 4/942, 948  
Сервоитные пленки 3/85  
Сергеева реакция 1/375  
Серполик 2/1027  
Серебрение 1/974, 975; 4/636, 639, 640  
«Серебристая соль», см. *Антрахинон-*  
*сульфокислоты*  
Серебро 4/637; 1/189, 191; 3/575,  
1193; 5/936, 937, 941  
азид 1/72  
амальгамы 1/223; 4/640  
аммины 1/570; 2/920; 5/400. См.  
также *Толленса реакция*  
галогениды 4/635, 157–159, 227,  
252–255, 505, 625–627, 633, 636–  
638, 640, 641, 745, 746, 782, 820,  
938, 952, 1006, 1007, 1149; 1/362,  
592, 593, 611, 786, 948, 1099, 1114,  
1215; 2/3, 51, 332, 374, 387, 388,  
408, 452, 455, 494, 709, 1024;  
3/105, 135, 256, 440, 722, 774, 775,  
796, 800, 981, 1046; 5/181, 182,  
315, 357, 452–457, 531, 552, 555,  
562, 659, 704, 841, 861–863, 915,  
1007  
гексацаноферрат 5/453, 454  
германиевый цеолит 1/1034  
гидроксид 1/279, 1093; 3/1046;  
4/638, 931  
гидросульфид 5/182  
гемучее 2/365  
зеркало 1/199; 4/1197  
изоцианаты 3/800  
интерметаллиды 1/331, 385; 2/481,  
483, 1201; 3/348; 4/593, 637  
иодат 4/227  
карбонат 2/637, 732, 1215; 4/639;  
5/534  
кластеры 2/797  
коллоидное 4/639, 640  
металлаты 1/675, 959, 1034; 2/374;  
3/306, 1227; 4/466, 617, 636, 637,  
973, 1019, 1024, 1112  
нитрат 4/636, 155, 205, 638–641,  
746, 1062, 1075, 1099, 1198, 1251;  
1/338, 361, 541, 599, 613, 726,  
1069, 1093; 2/3, 171, 179, 205, 449,  
450, 496, 654, 710, 743, 896, 1024,  
1084, 1148, 1217; 3/289, 506, 507,  
557, 674; 5/6, 181, 323, 454, 563,  
768, 861, 990, 1007  
нитрит(ы) 1/102; 3/32, 517, 533,  
546, 557; 4/1190
- озонид 3/658  
оксиды 1/111, 371, 533, 541, 639,  
959, 1073; 2/453, 455, 460, 569,  
732; 3/89, 504, 545, 693, 739,  
1032; 4/638, 639, 1098, 1268;  
5/20, 124, 142, 277, 532, 552, 794,  
982  
определение 1/529, 739; 2/142, 177,  
205, 452, 522, 569, 573, 709, 710,  
1224, 1230; 3/62, 169; 4/183, 184,  
394, 399, 530, 531, 555, 640; 5/118,  
128, 719, 838  
органические соединения 4/641,  
157, 158, 273, 500, 606, 640, 642,  
868, 1252; 1/430, 432, 433, 488,  
597, 810, 841, 864; 2/174, 466, 642,  
741, 769, 871, 1085; 3/83, 102, 535,  
527, 1020, 1036; 5/45, 139, 721,  
861, 862, 999  
перманганат 2/242, 1277  
перхлорат 3/757, 989; 4/638, 641  
получение 1/869, 977, 1020, 1104,  
1109; 2/87, 573; 3/4, 36, 89, 304,  
412, 763, 819; 4/139, 561, 593, 639,  
640, 820; 5/106, 205, 207, 222, 263,  
333, 454, 506, 651, 704, 750, 833,  
895, 923  
применение 1/110, 111, 339, 974,  
975; 2/221, 1225–1227; 3/71, 73,  
74, 87, 696, 777; 4/114, 252–255,  
266, 638, 640, 1004; 5/257, 841,  
843, 844, 904, 915, 920, 990. См.  
также *Серебряная фотография*  
роговое 4/635  
свойства 1/810, 1056; 2/13, 77, 154,  
282, 334, 393, 505, 596, 603, 665,  
667, 668, 671, 691, 766, 779, 867,  
920, 1187; 3/45, 74, 97, 98, 289,  
691, 732, 955, 958, 1093; 4/208,  
632, 636, 694, 787, 803, 813, 837,  
1003, 1039, 1077, 1255; 5/7, 49,  
84, 222, 453, 454, 773, 856, 958  
сплавы 1/821; 2/1153, 1332; 3/753,  
754, 873, 1133, 1134; 4/142, 593,  
601, 637, 639, 640, 809, 1020;  
5/753  
сульфаты 4/638–641, 1151; 5/453,  
749  
тетрафтороборат 5/400  
тиоцианат 5/454  
фосфаты 5/247, 252, 284  
халькогениды 1/1015; 2/334; 3/165,  
243, 250; 4/618, 619, 637, 1018,  
1023, 1024  
– сульфид(ы) 4/636, 188, 555, 585,  
626, 630, 637–639, 910, 911;  
1/976; 5/454, 455, 457, 704  
хлорат 4/638; 5/559  
хроматы 1/362; 4/640; 5/630–632  
цианат 5/701  
цианиды 2/373, 779; 3/800; 4/639;  
5/9, 700, 702–704  
циановокислоте 2/365
- Серебряная фотография 5/326–331,  
339, 452–457. См. также *Галогено-*  
*серебряные фотоматериалы*, *Фото-*  
*графия черно-белая*  
Серебряные устройства  
цезиевые фотокатоды 3/696  
цинковые аккумуляторы 1/110, 111;  
4/638, 640  
– гальванические элементы 4/638;  
5/487
- Серсенена  
метод титрования 1/252  
реакция 1/874  
N<sup>±</sup>-(±)-Серил-N<sup>2</sup>-(2,3,4-тригидрокси-  
бензил)гидразин 4/237
- Серин 4/642, 194, 214, 215, 217, 250,  
1075, 1171, 1247, 1260, 1261, 1270;  
1/250, 435, 1000, 1013, 1022, 1098,  
1138, 1149, 1174; 2/22, 559, 635, 695,  
736, 1136, 1169, 1189–1191; 3/198,  
619, 620, 878, 933; 5/1, 2, 215, 244,  
272, 518, 767. См. также *Аминокис-*  
*лоты*  
О-пептиды 2/34, 35  
О-сульфоуксиклота 1/396  
ферменты, см. *Сернистые ферменты*  
Сернистые ферменты  
амидогидролазы 2/695  
гидроксиметилтрансфераза 4/1241  
дегидратаза 2/1169  
карбоксипептидаза A<sub>1</sub> 2/695  
протеиназы 1/1097, 1098; 4/194;  
5/159, 1036  
Серинци 2/736, 992  
Серная вулканизация 1/630, 634, 645,  
846, 847; 2/377, 706, 719; 3/62,  
1244; 4/969; 5/571, 572  
Серная кислота 4/642; 1/400, 863, 943;  
3/576, 853; 5/915  
аккумуляторная 1/110  
амид 4/900  
гидраты 5/176  
и канцерогены 2/606  
и сопряженное основание 2/782  
концентрированная 3/522, 524, 527,  
532, 542, 547, 551, 675, 693, 708,  
714, 738, 913, 951, 1034, 1045,  
1074, 1081; 4/73, 525, 591, 615,  
632, 643, 644, 657, 718, 719, 906,  
907, 935, 943, 967, 981, 1019,  
1055; 5/126, 140, 382, 384, 519,  
572, 1008  
коррозионная активность 2/322,  
947, 948  
определение 1/520; 2/293, 896;  
3/705, 950, 953  
полные галогениды, см. *Сульфурил-*  
*галогениды*  
получение 1/467, 679, 1065, 1076;  
2/664, 672, 768; 3/362, 412, 667,  
698, 856, 863, 864, 1053, 1130;  
4/644–648, 651, 657, 659, 900,  
911, 1141, 1142, 1164; 5/25, 467,  
684  
применение 1/549, 898; 3/648;  
4/648. См. также *Сернокислот-*  
*ные процессы*  
разбавленная 1/630; 3/519, 527, 676,  
677, 693; 4/644, 951, 975, 1019,  
1055, 1060; 5/122, 139, 221, 572,  
608, 636, 845, 977  
растворы, выпаривание 1/851  
– серниго ангидрида, см. *Олеум*  
свойства 1/9, 114, 157, 191, 254, 299,  
578, 635, 648, 650, 667, 669, 680,  
715, 731, 734, 738, 771, 780, 786,  
900, 901, 940, 958, 974, 976, 1034,  
1049, 1060, 1068, 1100, 1102,  
1133, 1161, 1194; 2/73, 75, 76, 79,  
80, 86, 118, 132, 133, 154, 186, 214,  
216, 221, 271, 347, 380, 381, 402,  
403, 505, 525, 552, 553, 565, 633,  
664, 673, 697, 711, 731, 770, 773,  
775, 784, 822, 869, 888, 889, 1107,  
1108, 1130; 3/99, 105, 107, 108,  
119, 121, 122, 133, 253, 280, 289,  
374, 382, 383, 385, 447, 482, 506,  
507, 518, 521, 541, 559, 561, 564,  
580, 1026, 1251; 4/359, 540, 639,  
746, 802, 803, 917, 919, 923, 924,  
941, 1039, 1096, 1124, 1125, 1139,  
1171, 1173, 1174, 1199, 1205,  
1265–1267; 5/6, 77, 109, 119, 125,  
131, 133, 136, 144, 202, 222, 367,  
372, 453, 589, 710, 856, 857, 903,  
995, 996, 1012, 1042  
соли, см. *Гидросульфиды*, *Сульфиды*  
*неорганические*  
эфирсы 3/121, 293; 4/644, 801. См.  
также *Диметилсульфид*, *Метил-*  
*серная кислота*, *Метилсульфат*,  
*Сульфаты органические*  
Серная печь 2/571; 4/1149  
Серрил 3/845

- Сернистая кислота 1/833; 2/782, 784, 1174; 3/102, 656, 918, 1142; 5/438, 559, 782  
соли, см. *Сульфиты неорганические эфирь*, см. *Сульфиты органические*
- Сернистая сенсбилизация 4/626
- Сернисто-золотая сенсбилизация 4/626
- Сернистые красители 4/648, 649, 921, 1198, 1199; 2/455, 460, 976, 978, 992, 993, 1156; 3/359, 363, 364, 365, 382, 519, 547, 563, 566; 5/124  
дисперсные 5/530  
набвные 3/997  
полисульфидные 4/43  
тиазинные 4/1116, 1117  
формы водорастворимые, см. *Тиозоли*  
- пигментные 2/990  
хинонаминные 5/530, 531
- Сернистые топлива, см. *Мазуты*
- Сернистый ангидрид 1/338, 573; 4/656, 657. См. также *Сера, диоксид*
- Сернистый газ 1/399, 400; 4/656, 657. См. также *Сера, диоксид*
- Серноватистая кислота 4/1149
- Сернокислотные процессы гидратация этилена 5/996  
очистка, см. *Нефтепродукты*  
разложение фосфатов 2/290  
цикл получения водорода 1/786
- Сернокислые эфиры лейкосоединений 2/1096, 1156; 4/72
- Сернокислый ландшафт 1/1020
- Серно-крезоловая смесь 2/18
- Серно-натриевые аккумуляторы 1/111; 5/487, 488
- Серные удобрения 4/650
- Серный ангидрид 1/299, 573; 2/505; 4/657-659. См. также *Сера, триоксид*
- Серный колчедан 2/265; 3/863, 1052, 1053; 4/561
- Серный цвет 4/633
- Серный эфир, см. *Диэтиловый эфир*
- Сероводород 4/650, 651; 3/576, 854; 5/57, 222, 437  
определение 1/888, 889, 892, 893, 915, 916; 2/522; 4/628, 1056; 5/819, 916  
получение 1/904, 929, 930, 932, 1087, 1106-1108; 2/265, 629, 843, 845; 3/363; 4/632, 654, 1135, 1137, 1140, 1141, 1151, 1155, 1162; 5/162  
применение 1/293, 786; 4/223, 632, 633, 651  
свойства 1/6-8, 458, 528, 549, 664, 709, 721, 739, 755, 777, 786, 833, 903, 911, 995, 1079, 1080, 1093; 2/106, 175-177, 322, 331, 420, 495, 533, 553, 652, 668, 675, 709-711, 782, 1043, 1077, 1333; 3/63, 227, 458, 485, 492, 513, 527, 624, 699, 734, 758, 785, 1001; 4/200, 633, 644, 746, 951, 974, 1096, 1112, 1116, 1120, 1123, 1124, 1126, 1128, 1133, 1134-1136, 1138, 1139, 1141, 1149, 1156, 1158, 1160, 1164, 1166, 1174, 1220; 5/16, 343, 429, 692, 701, 709, 976, 991, 1047  
содержание в воде и сырье 1/554, 773, 901-904; 2/568, 639, 666; 3/170, 171, 1055
- Сероводородная кислота 3/576; 4/651, 909
- Серосодержащие алкалоиды 4/651, 652, 653
- Серотонин 4/653, 269, 654, 742, 773; 1/322, 325, 369, 653; 2/425, 456, 1176; 3/254, 619, 620; 5/1, 1037, 1039, 1044
- Сероуглерод 4/654, 655
- определение 1/916  
получение 1/62, 929, 932, 1085; 2/176, 213, 231, 840; 4/632, 654, 657, 1140, 1164  
применение 1/6-8, 730, 731, 733; 2/1086, 1119; 4/223, 359, 372, 654  
свойства 1/70, 71, 271, 306, 655, 730-733, 892, 902, 989; 2/82, 174, 183, 186, 300, 413, 415, 564, 573, 668, 768, 929, 1086, 1127, 1138; 3/62, 63, 106, 733, 785, 853, 854, 945, 1000, 1236; 4/355, 357, 631, 632, 634, 814, 1019, 1111, 1132, 1133, 1136, 1141, 1153, 1154, 1165, 1167-1169, 1203, 1216, 1220; 5/43, 195, 212, 234, 264, 416, 608, 688, 777, 779, 790, 791, 975, 986, 1025
- Серпантиниты 2/348
- Серпентин 1/385, 1035; 2/1233
- Серпентиниты 2/458, 459
- Серпентиниты 2/1233; 4/561
- Серратинин 1/146
- Серые тела 2/256, 257; 4/1047; 5/645
- Серый йод меха ДА 3/694
- Сесквиртеноиды 2/602; 3/1047; 4/659, 660; 5/1042
- Сесквиртены 4/659, 660, 661, 714, 1090-1092; 1/105, 342, 684, 697; 2/26, 283; 3/432; 5/66, 438, 1004, 1005
- Сесквифульвалены 5/415
- Сетка(и) 1/899, 931  
вулканизационная 1/844, 845  
для очистки воды 1/770  
контактные золотые 5/705  
металлические, см. *Гальванотехника*  
насадки 3/338, 339  
платиновые 3/1130  
полимерные 4/844. См. также *Сетчатые полимеры*  
фильтровальные 5/186
- Сетоксидим 1/1026, 1027
- Сетчатые полимеры 4/661, 3, 19, 20, 52-55, 57, 70, 662, 663, 734, 844, 887, 1002; 1/124, 572, 646, 647, 861, 862, 921; 2/286, 465, 628, 629, 701, 1016, 1017, 1132, 1266-1268; 3/35, 54, 282, 418, 419, 742, 743, 858, 838-840, 909, 1121, 1139, 1195, 1196, 1215, 1224, 1232, 1248, 1249, 1251, 1254, 1255, 1268, 1269. См. также индивидуальные представители и их группы  
гели 1/1001, 1002  
нониты, см. *Ионообменные смолы*  
номера 2/516  
неорганические 3/418  
полиэлектродиты 2/519, 520  
эластичные, см. *Резины*
- Сефадексы 1/1002; 2/31, 1187; 5/813
- Сефароза 4/417; 2/422; 5/149
- Сечение(я)  
захвата нейтронов 2/501; 3/402, 403  
низинизация 2/528; 5/331  
критическое в десорберах 1/12, 13  
поверхности потенциальной энергии 2/917  
прилипания электронов к атомам 2/529  
рассеяния ионов 2/507, 508  
реакций 1/547, 548; 2/124, 192, 509, 754; 3/238-240; 4/870, 871; 5/1022, 1023  
свободное тарелок 4/987  
Сеченова уравнение 1/5
- Сжатие. См. также *Давление, Сжимаемость*  
газов 3/278, 1157, 1158. См. также *Компрессорные машины*  
адиабатическое, метод 1/43, 44; 2/754, 880, 881, 1101  
лантаноидное 1/132; 4/432
- Сжигание 3/1000, 1001, 1056, 1069; 4/320, 321, 615, 616, 634
- Сжижение  
газов 1/204, 205, 904; 2/166-168, 300; 3/278, 653; 5/44, 593, 597, 605. См. также *Конденсация, Холодильные процессы*  
древесины 2/1165
- Сжимаемость 4/663, 664, 747, 763, 1038; 1/1215-1218; 2/1072; 5/71, 97, 103
- СЖК, см. *Синтетические жирные кислоты*
- СЖТ, см. *Синтетическое жидкое топливо*
- СИ, см. *Международная система единиц*
- Сигалат 3/615, 616
- Сигалдаза 3/397
- Сигалитрансферазы 1/980
- Сигаловые кислоты 1/260, 979, 980; 2/1191; 3/198, 254, 267; 4/215, 1169; 5/37, 605
- Сигалогликоксфинголипиды 1/979
- Сигалоны 2/734; 3/649, 650; 4/1006
- Сибазон 4/1224, 1225
- Сибирек 4/660
- Сибирскит 2/582
- Сиблон 1/732
- Сивушные масла 1/233, 628, 649, 1024; 2/616; 3/897; 4/570
- Сигыз 4/697
- Сигматронные перегруппировки 4/664, 416, 665, 993; 1/841, 843; 2/410, 628, 1110; 3/350, 607, 939, 964, 1034  
бензидиновая 1/490, 1073; 4/664
- Клайэна 2/786, 787; 1/185, 199, 717; 5/60, 905, 1008
- Коупа 2/965, 786, 966, 1253; 1/143, 185, 243, 620; 4/664, 993, 1215, 1216; 5/197
- Майзенхаймера 2/1251, 1252; 1/243; 4/867
- Сигналзатормы  
горючих газов 4/665, 666; 1/886, 892; 3/1190. См. также *Газоанализаторы*  
загорания 4/666, 667, 1080; 3/1190  
температурного режима 4/1078  
утечки газов 4/667, 668
- Сигнальные графы 1/1199-1201
- Сигнальные составы 4/668, 669, 878, 1246; 2/240, 1084; 3/1011, 1075
- Сигуатоксин 5/1049
- Сидераты 3/789
- Сидерит 2/270, 637, 639
- Сидерофильные химические элементы 1/1015
- Сиджвика правило 2/874; 3/82, 83
- Сиднокарб 4/669, 267-269; 3/29, 675
- Сиднонимин 3/28, 29, 673
- Сидноны 3/28, 29, 673
- Сиднофен 3/29, 675; 4/267, 268, 669
- Сидниты 4/561; 5/113
- Сизоминин 1/246
- Сиккативы 4/669, 670, 742, 833; 2/602, 603, 648, 1296; 3/305, 749, 750, 1227; 5/73, 749, 962
- Сиклоак, см. *АБС-пластик*
- Сикроны 1/725; 3/1232-1235
- Сила(ы)  
и потоки, соотношения 4/1065-1070  
измерение 1/696; 2/219  
ионная раствора 2/7; 4/78, 187, 188; 5/153  
как градиент величины 4/1065  
кислот и оснований 2/783; 5/423, 424  
«нуклеофильная» 3/602  
обобщенная термодинамическая 5/506  
осциллятора 2/727  
растворителя 4/748
- тока, закон Ома 4/1067
- электровдвижущая, см. *ЭДС*  
ядерные 5/1031
- Силабензол 2/1034
- Силаболл 1/290, 291
- Силазаны 2/806, 1014, 1015, 1022; 3/800, 803-805
- Силак, см. *АБС-пластик*
- Силан 2/1009, 1136, 1234; 3/260, 261, 309, 1105; 4/670, 671; 5/16
- Силанольные соединения 2/1013, 1017, 1021, 1022; 3/799, 800, 803, 907; 4/1111; 5/196
- Силаны 4/670, 671, 684, 685; 2/1008, 1015, 1019, 1020, 1234; 3/575, 576, 762; 5/503, 710
- Силар 3/1213
- Силарда-Чалмерса эффект 1/1179
- Силатраны 4/671, 672; 2/1019, 1023, 1024
- Силациклобутан 2/1019
- Силациклопропан 5/443
- Силаэтилен 2/1034
- Силикатель 4/672, 131, 132, 134, 360, 654, 673, 725, 834, 928, 1106; 1/52, 62, 344, 345, 754, 897, 1001; 2/13, 19, 188, 294, 297, 323, 326, 339, 446, 519, 608, 1007, 1026, 1028, 1171, 1172; 3/324, 325, 459, 649, 699, 907, 967, 992, 1126; 5/12, 13, 712, 733, 813, 999
- Силикасерогели 2/1007
- Силикальцит 4/681
- Силикатизаторы 4/673
- Силикатофосфаты 5/253
- Силикаты 4/674, 290, 675-682, 834-838, 841, 842; 2/350, 371, 578, 1008, 1027, 1233, 1234; 3/419, 439; 5/73, 207, 208, 438, 476, 477, 719, 894  
гпазури 3/1009  
как драгоценные и поделочные камни 4/681  
как ионные кристаллы 2/510  
как наполнители 3/328  
как шлаки 4/346  
краски 4/673, 674, 834; 2/982; 5/67  
мастики 2/1319  
метеоритные 2/963  
минералы 2/270, 580, 1287; 3/165, 166, 969; 4/560, 685, 834, 841, 842.  
См. также *Алюмосиликаты, Слюда, Тальк*  
номенклатура 3/575  
стекла 3/775, 776; 4/834-838, 1224  
фторсодержащие, см. *Фторосиликаты*
- Силикоалюминий 2/580, 1010
- Силкоз 2/1010
- Силикокальцит 4/685
- Силикомарганец 2/1010, 1287; 4/685
- Силиконы 3/79, 993. См. также *Кремнийорганические полимеры, Органические силиконы*  
замазки 1/19  
каучуки, см. *Кремнийорганические каучуки*  
масла, см. *Кремнийорганические жидкости*  
мастики 2/1318
- Силикосилленит 4/682
- Силикотермия 2/1287, 1235; 3/88, 89
- Силикофосфат 2/774
- Силикохлороформ 2/1032
- «Силикпор», плиты 2/328
- Силламини 2/326, 764; 5/241
- Силлены 1/1040; 2/622, 623; 5/443
- Силилирование 4/682; 2/326, 1023; 3/801, 805; 5/279, 629
- Силиловые эфиры 2/326; 3/552, 554
- Силилфосфаты 4/682, 683, 684; 1/3; 3/180
- Силилфосфониты 1/3
- Силильная защита, см. *Силилирование*

- «Силли» («сил», «силк») 3/575. См. также *Кремний*
- Силлициды 4/683, 107, 436, 465, 575, 671, 684, 685, 981–983, 985; 2/670, 734, 1010; 3/76, 88, 89, 165, 166, 334, 575, 649, 777
- Силицирование 3/1101; 4/808; 5/451
- Силлениты 1/734, 738
- Силлманит 4/680
- Силовая постоянная молекул 2/852
- Силоксиды 2/1013; 3/807
- Силоксаны 2/697, 981, 1013, 1021, 1022; 3/799; 5/997, 998. См. также *Органосилоксаны*
- каучуки, см. *Кремнийорганические каучуки*
- смазки 1/64
- Силоксен 2/1218
- Силои 3/1250
- Силумены 1/214; 2/1010
- Сильван 5/429, 434
- Сильванит 2/334; 4/1018
- Сильвестрен 3/58
- Сильвин 1/611, 951, 956; 2/559, 562, 572; 4/555; 5/551, 563
- Сильвинит 1/957; 2/498, 562, 563, 572; 3/863; 4/1024
- Сильногидравлическая известь 2/350
- Сим... 4/686
- Симазин 1/193, 1033; 4/1250; 5/979
- Симметризация 4/686, 554, 976; 3/81
- Симметрия
- в неравновесных процессах 4/1067, 1068
- зеркальная спектров, см. *Люминесценция*
- кристаллов, см. *Кристаллы*
- молекул 4/686, 47, 48, 687–693; 1/856; 2/144, 853, 854; 3/208, 232, 233, 391–394, 780, 781, 783; 5/538, 641, 644, 646, 647, 875–877, 883–886
- и рацемизация 4/390
- орбитальная, см. *Молекулярные орбитали*
- топливные отношения 4/1211, 858, 1212, 1213; 5/538
- эффекты Яна–Теллера 5/1056, 1057
- нормировки компонентов раствора 1/126
- системы в фазовых переходах 5/103
- Симмонса–Смита
- реагент 4/693
- реакция 4/693, 694; 5/740
- Симона уравнение 3/1092
- Симонни
- комплекс 1/841; 4/157, 158
- реакция 1/592
- Симплатотические средства 4/694, 695; 3/725
- Симпатомиметические средства 1/51
- Син, см. *Анти, син...*
- «Синактен» 3/400
- Синалар 2/959
- Синапный спирт 2/1173
- Синаповый спирт 2/1173, 1174
- Синвет 3/1251
- Сингенит 2/570
- Синглетные состояния 1/758; 2/5, 501, 622, 729, 766, 1220–1223, 1239; 3/287, 288, 507, 508, 628, 891; 5/336–339, 345, 350, 351, 355, 442, 443, 446, 458, 459, 812, 882–884, 893
- Синглет-триплетные превращения 1/1158; 5/336–339
- Сингония кристаллов 2/1067–1069, 1071
- Сингулярные точки 2/55, 60; 3/434
- Синдиотактические полимеры 2/922; 3/1228, 1232, 1236, 1263; 4/19, 28, 30, 306, 849–852, 857, 887. См. также *Стереорегулярные полимеры*
- Синемет 2/1152; 4/237
- Синергисты 4/695, 243, 338, 574, 594, 699, 816, 817; 1/333, 334, 650; 2/433; 3/1040, 1041; 5/195, 196, 828
- Синерезис 1/1001; 4/886, 888, 889
- Синефунгин 3/595, 596
- Сини(ь)
- вольфрамовая 1/814
- метилевоная 3/113
- молибденовые 3/244
- мышьяково-молибденовая 3/306
- Тенара 2/821
- турбулева 2/272, 565, 566, 1148; 5/703
- Синие красители
- Вюрстера 5/339
- индофенол 5/530
- К 2/150
- кубовый О 2/439, 440
- металловый 2/447; 3/113, 663; 4/633; 5/379
- α-нафтоловый 2/455; 3/536; 5/530
- пигментированные 2/330, 440
- тимоловый 2/447–449, 779, 1216; 3/124; 4/936, 1126; 5/1002
- толуидиновый 1/322
- трифенилметановый 3/1016
- Синизария 3/706
- Синильная кислота 4/695, 223, 341, 639, 696, 1255; 1/93, 275, 276, 328, 439, 440, 655, 834, 982, 930, 969, 1067; 2/121, 573, 746, 752, 777, 783, 1279; 3/26, 107, 365, 370, 512, 515, 516, 517, 519, 672, 673, 702, 708, 843–846, 1055; 5/43, 142, 224, 433, 588, 702, 704, 706, 710, 793, 794, 1042, 1045, 1053. См. также *Цианистый водород*
- и сопряженное основание 2/782
- изоформа, см. *Изонитрилы*
- соли, см. *Цианиды*
- Синклинальные конформеры 3/571, 572
- Синомени 3/274, 275
- Синперипланарные конформеры 3/571; 5/939
- Синтазы 2/1168
- Синтактические (синтактические) материалы 1/2; 3/902, 903, 909, 1120
- Синтамыды 4/696, 697; 3/686; 5/974
- Синтамолы 3/718; 4/661
- Синтез(ы)
- абиотический 3/788
- абортный 4/1229
- азидный 3/932
- азлактоновый 4/1170
- аминобуттиновый 4/500
- аминопропиловый 4/500, 501
- асимметрический 1/388, 390, 391, 393; 2/53, 538; 3/25, 84; 4/389, 416, 856, 858; 5/952
- Вильямсона 1/710, 170, 711; 3/817; 5/1008
- Вудворда 5/576–580
- Ганча 1/980, 981; 2/858; 4/1118; 5/713
- Ганча–Бейера 1/980
- Гаттермана 1/982, 199, 201, 487, 948, 983; 2/73, 75, 90, 315, 419; 3/689, 703; 5/224, 449
- гидротермальный 1/1109, 1110, 1220; 2/223, 268; 3/256; 4/1022; 5/252, 680, 755
- двеновый, см. *Двеновый синтез*
- енный 2/246, 247
- Кьюрра 5/526, 527
- компьютерный 2/886; 3/784, 793; 4/512
- Конрада–Липпахса 5/526
- матричный 2/1325, 1326–1328; 1/472; 3/211, 212, 295; 4/19, 398; 5/138, 510
- микробиологический 3/155, 156, 157, 212, 441, 596, 627, 1090; 1/483, 555, 1101, 1123; 2/463, 538, 657, 960, 1176; 4/525
- Мншера 1/457
- на основе СО и Н<sub>2</sub>, см. *Фишера–Тропша синтез*
- неорганический 3/342, 415, 416, 421; 2/664
- нефтехимический 3/450
- органический, см. *Органический синтез*
- пептидный 1/138, 231, 482, 994, 1151; 2/6, 629, 1176; 3/139, 915, 931–934; 4/1000–1002, 1136, 1170; 5/1
- Пиннера 3/1027, 1028
- пористых тел 4/132
- Пшорра 4/278, 279; 5/117, 127
- ретроденовый 2/247
- Робинсона 4/528, 529
- самораспространяющийся высоко-температурный 4/574, 575, 685; 1/584, 1169; 2/1261; 3/415, 421; 5/516, 755
- Скраупа, см. *Скраупа реакция*
- стереоселективный, см. *Стереоселективный синтез*
- твердофазный 4/1000, 1001, 1002; 3/146, 147, 591–593, 930, 933, 934
- темплатный 2/1326; 5/385
- термоядерный 2/25, 1120, 1128; 3/32, 872; 5/4, 5, 33, 1018, 1020, 1022
- технологических схем разделения смесей 4/459, 460
- Тильмана–Риттера 4/525
- тотальный 3/784
- Фишера–Тропша, см. *Фишера–Тропша синтез*
- Фридлендера 5/369, 370, 526
- хлоральный 5/538
- хлорофилов 5/576–579
- цветов, см. *Цветовоспроизведение*
- циангидриновый 2/752
- Шрекера 5/793
- электрохимический, см. *Электро-синтез*
- эпитаксиальный 1/389, 1161; 4/535, 854, 855; 5/538
- Эрленмейера–Плехля 1/198; 4/1170
- Синтез-газ 4/697, 100, 500, 526, 701, 702, 705, 1061; 1/375, 877–880; 2/118, 845, 1165; 3/101, 119, 1100; 5/45, 46, 985, 995
- Синтетическое равновесие 2/61; 5/101
- Синтетны 1/1210
- Синтетазы 2/1168–1170
- «Синтетик-палп» 1/623
- Синтетические материалы
- волокна, см. *Волокна химические*
- гранаты, см. *Гранаты синтетические*
- жидкое топливо 4/701, 580, 702–706; 1/640, 1086; 2/597; 5/199
- жирные кислоты 1/863–866, 903; 4/580, 669
- каучуки, см. *Каучуки синтетические*
- масла 4/697, 166–168, 438–440, 698, 726, 1097, 1116, 1237; 1/286; 2/961; 3/86, 277, 378, 1125–1127; 5/28–30
- металлы 2/477; 3/96, 100
- моющие средства 4/698, 286, 699–701, 927–929; 1/656; 2/1177; 3/367, 717, 1167–1169; 5/77, 780, 974
- полимеры 1/858
- смоли, см. *Смоли синтетические*
- Синтокартон 1/624
- Синтоны 1/1199; 2/886; 3/599, 791, 792; 4/511, 512; 5/224
- Синхронные реакции 4/743
- Синхротронное излучение 4/706; 2/499, 502, 1311
- Синьки 3/835
- Синэстрол 1/302
- Сирневый альдегид 2/1173
- Сириноксил 1/371
- Система(а)
- автоматическая, см. *Автоматизированные методы (процессы)*
- антиароматические 1/376–378
- ароматические 1/375–379
- асимметрические 5/71, 72
- вариантность 5/98, 99
- гетерогенные, см. *Гетерогенные системы*
- гомогенные, см. *Гомогенные системы*
- двойные, см. *Двойные системы*
- диатропные 1/378
- дисперсные, см. *Дисперсные системы*
- единый, см. *Международная система единиц*
- закрытые, см. *Закрытые системы*
- замкнутые 2/351, 361, 362, 672, 690
- иерархические, термодинамика 4/1062, 464, 574, 1063, 1064; 5/466, 511
- изолированные, см. *Изолированные системы*
- иммобилизованные, см. *Иммобилизованные системы*
- информационно-поисковые 2/487, 488–490; 5/478, 511
- коллоидные, см. *Коллоидные системы*
- комплемента 1/470; 2/427, 477, 874–876; 3/1098
- конденсационные, см. *Конденсационные системы*
- мёббусовские 1/379
- микрорегерогенные 1/1049, 1158; 2/661
- многокомпонентные, см. *Многокомпонентные системы*
- научных исследований 1/27, 28–30
- неароматические 1/377, 378
- открытые, см. *Открытые системы*
- параметры порядка 5/103, 104
- паратропные 1/378
- полимер-полимерные 4/732–734
- состояние, вероятность 5/957
- спироароматические 1/379
- стереоспецифической нумерации 2/1189
- фотохромные 5/538, 539
- ХТС, см. *Химико-технологические системы*
- хюккелевские 1/376, 378, 379
- число фаз 5/97–99
- элементов, см. *Периодическая система химических элементов*
- Системный анализ, см. *Кибернетика*
- Снта 1/1205–1207; 2/295; 3/74, 180, 182, 709, 710, 987, 988; 4/611. См. также *Ситовой анализ*
- молекулярные 1/890, 928; 2/27, 339, 504, 1057; 5/680, 681, 977, 980, 996
- Ситаллы 4/706, 333, 334, 681, 707–709, 843; 2/208, 800; 3/418, 420; 5/835
- Ситовая хроматография 2/295; 5/812–817
- Ситовой (ситовой) анализ 4/709, 179, 180, 182, 710, 951; 1/1187, 1205; 2/148. См. также *Классификация*
- Ситостерян 1/300, 301, 1118, 1119; 3/49; 4/381, 859–861, 903, 977; 5/972
- Ситчатые тарелки 4/987, 988; 5/831
- Ск-эп 1/615
- Ск-эп 5/560, 561
- СК, см. *Каучуки синтетические*
- Скайпрепы 5/571, 572

- Скалднаты 4/711  
 Скандий 4/710; 3/165  
 галогениды 1/949; 3/354; 4/437, 709–712; 5/862  
 гидрид 4/711  
 гидроксиды 4/188, 711  
 интерметаллиды 1/331; 2/485  
 нитрат 4/711, 712  
 нитрид 4/711  
 оксиды 4/438, 711, 712; 5/861  
 определение 1/139, 336, 381; 2/710, 731, 1090; 3/124, 290, 705, 1044; 4/936; 5/619  
 органические соединения 1/169; 2/1083, 1147; 4/711, 712  
 перхлорат 3/986; 4/712  
 получение 2/545; 3/413, 1193; 4/559, 561, 711, 712, 1257; 5/298  
 применение 4/712  
 свойства 1/331, 1015, 1185; 2/1230; 3/96, 97, 949, 957, 958; 4/349, 431, 432, 437, 710–712, 813  
 сплавы 4/712  
 сульфат 3/363; 4/712  
 сульфиды 4/585  
 феррит 5/163  
 фосфаты 4/710–712  
 цирконат 5/761
- Сканирующая микроскопия, см. *Микроскопия*
- Скалопол 1/261  
 Скатол 4/712, 713; 5/1  
 СКБ, каучук 1/632, 635; 2/705, 706, 708  
 Сквалан 1/918; 2/1172; 4/713  
 Сквален 4/713, 381, 744, 860, 865, 1092, 1139, 1140; 2/787; 3/407, 1186  
 Скваленинтетаз 4/713  
 Скварат-анионы 3/724  
 Скварены 3/724  
 СКД, каучук 1/631; 2/705, 706  
 СКДЛ, каучук 1/631; 2/705, 706  
 СКДЛП, каучук 2/705, 706  
 СКДСР, каучук 1/632, 635; 2/705, 706  
 Скейлинг 2/1073, 1265, 1266; 4/490  
 Скелетные катализаторы 2/664, 669, 670; 4/132. См. также *Реция никель*
- Скелетные молекулярные модели 3/227  
 Скелетные перегруппировки 1/1073; 3/580, 581  
 Скетчарда-Гильдебранда теория 4/368  
 СКИ, каучук 2/375–378, 705, 706  
 Скимметин 5/66  
 Скинь-эффект 4/997  
 Скипидар(ы) 4/713, 34, 286, 359, 660, 714, 1090–1092, 1094; 1/301, 562, 1175; 2/225, 284, 598, 600–602, 653, 995, 1164, 1165, 1179, 1318; 3/58, 178, 338, 407, 826, 1027; 5/115, 147, 746, 1006  
 С-кислота 1/255, 257  
 Скарлеол 4/715; 1/226; 2/1280  
 Склеивание 4/715, 17, 443–445, 582, 716; 2/803–809; 3/436, 437. См. также *Клеи*
- Склерометрия 4/998, 999  
 СКМВП, каучук 1/718–720  
 СКМС, каучук 1/635; 2/705, 706  
 СКН, каучук 1/629; 2/705, 706  
 СКН-МВП, каучук 1/718–720  
 Скополанин 5/17, 18, 591, 592  
 Скородит 1/382  
 Скорость  
 детонации 2/47  
 дрейфовая носителей заряда 4/103  
 звука, дисперсия 1/135  
 коррозии 1/401; 2/950, 951, 953–955  
 охлаждения 4/842  
 процессов переноса 3/947–949; 4/1065  
 псевдоожождения 4/258
- растворения газов 1/8, 9  
 реакций 4/716, 415, 430, 431, 717, 718, 871, 1067; 1/4, 18, 121–125, 546–548, 1167, 1168, 1216–1218; 2/23, 286, 388, 691, 753–755, 759, 847–852, 930, 941, 942, 1034, 1326; 3/140, 142, 143, 602, 603; 5/28, 154, 906, 907. См. также *Кинетика химическая*
- константы, см. *Константы скорости реакций*  
 – повышение, см. *Катализ. Катализаторы*  
 – торможение, см. *Ингибиторы свободного осаждения* 1/1106  
 седиментации 4/952  
 электроосмотического скольжения 5/848, 850  
 «Скоч» 2/1192  
 СКПО, каучук 2/1192  
 Скрап 3/486, 1069; 4/724  
 Скраула реакция 4/718, 719, 720; 1/248; 3/385, 714; 5/526, 558, 713  
 Скрубберы 1/9, 899, 906, 907; 2/613, 630; 4/282, 283, 285, 286; 5/24, 25  
 СКС, каучук 1/635; 2/705, 706  
 СКС-МВП, каучук 1/718–720  
 СКТ, каучук 2/707, 708  
 СКУ, каучук 2/707, 708  
 Скуттерудит 2/819  
 СКФ, каучук 2/707, 708  
 СКЭП, каучук 2/705, 706  
 СКЭПТ, каучук 2/705, 706  
 СКЭХГ, каучук 2/707, 708  
 Сьольда-Йоргенсена уравнение 5/72  
 Слабительные средства 4/720, 721; 2/347, 660, 690; 5/140, 143, 1015  
 Слабигидравлическая известь 2/350  
 Слабоинерализованные воды 1/768  
 Слабоспекающиеся угли 2/847  
 Сланцевые материалы  
 волокна 2/327  
 зола 2/348  
 мазут 2/965  
 масла 1/337; 2/606, 965  
 смолы 1/880, 1177, 1178; 3/563, 634, 703  
 Сланцы 4/674, 684  
 битуминозные 1/673  
 горючие, см. *Горючие сланцы*  
 кристаллические 1/1189  
 медястые 4/466
- Слеживаемость 1/1110; 2/563, 869; 4/138, 833, 887  
 Слейтера (Слэтера) орбитали 3/232, 783; 4/691  
 Слейтера-Кирквуда уравнение 2/147  
 С-лек В 3/1223, 1224  
 Сливочное масло 2/105, 306  
 Слизевая кислота 3/1079  
 Слиззи 3/896  
 Слитный катализ 2/662, 663  
 Сложнолегированные стали 2/261  
 Сложно-смешанные удобрения 2/869  
 Сложные реакции 4/721, 149, 150, 414, 717, 722, 723, 768; 1/124; 2/689, 753–756, 759; 3/140, 141, 1177, 1178; 5/179  
 Сложные удобрения 2/869, 870; 3/172, 173, 519–521, 564, 565, 856  
 Сложные эфиры, см. *Эфиры сложные*  
 Слоистые материалы 2/1318; 3/164, 282; 4/46, 1175  
 графитовые, см. *Графит, соединенный*  
 как полуметаллы 4/101, 102  
 каменноугольный кокс 2/839  
 клатраты 2/798  
 композиты 2/878, 879. См. также *Пластиски слоистые лакокрасочные покрытия* 2/1129, 1131  
 магнитомягкие 2/1241  
 полупроводники 4/105, 106
- радиопоглощающие 4/332  
 сверхпроводники 4/585–587  
 силикаты 2/371; 4/678, 723, 724, 977, 978; 5/894. См. также *Слюды*, *Тальк*  
 тонкопленочные 3/335  
 циклофаны 5/743  
 Слокума камень 2/222, 223  
 Слотера 4/87  
 Слюды 4/723, 556, 673, 674, 678, 679, 680, 706–708, 724, 972, 1007, 1039, 1116; 1/221, 563, 1018; 2/48, 208, 270, 559, 1245; 3/164, 328, 636, 646, 724, 774, 907, 1075, 1193; 5/143, 386, 654
- Смазки  
 авиационные 3/1125, 1126  
 автомобильные 3/1125, 1126  
 алюминиевые 3/1125  
 антифрикционные, см. *Антифрикционные смазки*  
 ВНИИ НП 3/1126  
 графитовые 1/1192  
 железнодорожные 3/1125, 1126  
 индустриальные 3/1125, 1126  
 канатные 2/601; 3/1125–1127  
 карборансодержащие 2/649  
 консервационные 2/900, 901; 3/1125–1127  
 консистентные 3/1122  
 космические 2/961; 3/1125, 1126  
 металлоплакирующие 3/84–86  
 морские 3/1125, 1126  
 мыльные 3/303, 304, 1124, 1125  
 пылеиные 3/1125  
 пластичные, см. *Пластичные смазки*  
 полимерные 3/1125, 1126  
 приборные 3/1125  
 приработочные 3/1127  
 присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*  
 пушечная 2/901; 3/1125  
 радиационностойкие 3/1123, 1125, 1126  
 структурные 4/1007  
 твердые 4/1007, 725, 727, 728, 978, 1008, 1115; 1/1194; 2/477; 3/243, 378  
 техиологические 4/1115, 1116  
 углеводородные 3/1125. См. также *Вазелины*  
 уплотнительные 5/67–69  
 уретаные 3/1125  
 фрикционные 3/1127  
 химически стойкие 3/1123, 1125, 1126  
 ЦЕЛЛОЗОНЕ 3/1125  
 ЦИАТИМ-205 3/1125
- Смазочное действие 4/724, 725  
 Смазочно-охлаждающие жидкости 4/725, 726, 728, 977, 1113; 2/146, 858, 861; 3/84, 86, 303, 378; 5/25, 949  
 Смазочные масла 4/726, 727; 1/630; 2/168, 629, 648, 1005, 1274; 3/441–443, 445, 448, 466, 918, 1111  
 базовые 2/168, 595; 3/459; 4/727  
 гиподные 3/472  
 индустриальные, см. *Индустриальные масла*  
 кабельные 3/446  
 компрессорные 2/880  
 конденсаторные 2/208, 363; 3/446, 1245  
 коррозионная активность 1/630  
 моторные, см. *Моторные масла*  
 нефтяные, см. *Нефтяные масла*  
 очистка, см. *Нефтепродукты*  
 приборные 4/166, 167, 168; 1/52; 3/1125  
 приработочные 4/171; 3/1127  
 присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*
- синтетические, см. *Синтетические материалы*  
 технологические 4/726, 1115, 1116  
 трансмиссионные 4/1237, 726; 2/310, 900  
 трансформаторные 2/363. 676, 981; 3/446, 697; 4/1116  
 турбинные 5/28, 29, 30; 1/334; 2/676  
 фракционный состав 3/446  
 энергетические 4/726
- Смазочные материалы 4/727, 728  
 масла, см. *Смазочные масла*  
 металлоплакирующие 3/84, 85, 86, 1125–1127; 4/173, 727, 1256, 1257  
 присадки, см. *Присадки к смазочным материалам*  
 смазки, см. *Смазки*  
 смазочное действие 4/724, 725, 726  
 СОЖ, см. *Смазочно-охлаждающие жидкости*  
 технологические 4/1115, 594–596, 726, 1116; 3/466  
 химтология 5/516, 517  
 Смайлса перегруппировка 4/728, 729, 933; 2/534; 3/555
- Смальта 2/821  
 Смальтин 1/384  
 Смачивание 4/729, 730; 2/1182; 3/1173, 1174; 5/974  
 и капиллярная конденсация 2/607, 608  
 и кипение 2/761  
 и когезия 2/833  
 и мицеллярные системы 3/185  
 и моющее действие 3/282  
 и растекание воды 5/392, 393  
 и расширяющее давление 4/345  
 и флотация 3/1168  
 и электрокапиллярность 5/845  
 и эффект Ребиндера 5/171  
 переменное, коррозия 2/956  
 средства 1/139; 2/860; 3/376, 716, 717, 992, 1119, 1163, 1166; 4/189, 726, 919, 928, 1012  
 улы, см. *Краевые улы смачивания*  
 фотоматериалов 5/453
- Смачивателя, см. *Смачивание*
- Смектичские жидкие кристаллы 2/287, 288, 1072; 5/102, 103
- Смесевые материалы  
 взрывчатые вещества 4/730, 135, 161, 162, 731, 732, 1099; 1/608, 706; 2/467; 3/360, 988, 1020; 5/560, 986  
 катонные красители 2/700  
 нераздельнокипящие, см. *Азеотропные смеси*  
 полимерные, см. *Смеси полимеров*  
 ракетные топлива 4/342
- Смесители 1/707; 2/146, 515; 4/272, 735–737, 1052
- Смешанные квантовые состояния 2/719, 726
- Смешанные соединения  
 ангидриды карбоновых кислот 1/299, 442; 2/402, 645; 5/10  
 ингибиторы коррозии 2/435  
 катализаторы 2/682  
 кислотно-основные индикаторы 2/447, 448  
 меченые соединения 3/148  
 соли 4/745, 746; 5/551, 552. См. также индивидуальные представители
- Смешанные удобрения 2/869, 870; 3/172, 173
- Смешивание  
 аппаратура, см. *Смесители*  
 жидкостей, молярные функции 4/363–365, 370  
 – правила 5/71  
 – температуры 2/61; 4/370

- твердых сыпучих материалов 4/735, 19, 136, 176, 733, 734, 736, 737; 2/869, 870; 3/144, 172, 173, 940, 1013, 1076
- энтальпия 5/954
- Смита реакция 4/737, 738
- Смикит 2/1293
- Смиллаген 4/577
- Смирновой-Викторова уравнение 5/72
- Смита расщепление 4/37
- Смита-Эварта теория 5/950
- Смтит 2/266, 797
- Смитсонит 2/637, 639; 5/746, 748
- Смог 1/446; 3/975, 978, 979
- Смокед-шитс 2/703; 4/444
- Смолисто-асфальтеновые вещества 1/1106-1108; 2/6, 32, 168, 169, 1251; 3/327, 457, 458, 465, 472, 838, 864; 4/1058-1060
- Смолокурение 3/1059
- Смолюховского уравнение 1/448; 2/126, 817; 4/297; 5/850
- Смоли(а)
- бензойная 1/511, 495, 510
- гваяковая 2/336
- древесная 2/226, 227, 375, 1165; 1/1101; 3/893, 894, 1059, 1060; 4/771
- каменноугольная, см. *Каменноугольные продукты*
- каури 4/359
- кокосовые 2/841; 4/701, 702
- натуральные 4/738, 739
- нейтральная левоственная 2/284
- первичная 1/627, 1177; 4/100, 101
- прилизанная тяжелая 3/894
- препарированные 3/895
- природные 4/738, 739, 1089; 2/1113; 3/164, 1139; 5/126, 835. См. также *Бальзамы*, *Смоляные кислоты*
- синтетические, см. *Смоли синтетические*
- сланцевые 1/880, 1177, 1178; 3/563, 634, 703
- сосновая 4/771, 1202; 3/826, 1059
- стиракс 4/868
- терпеновые 4/1089, 715
- ферулы войлочной 4/495
- Смоли синтетические 4/739, 738; 3/839, 840
- алкидные, см. *Алкидные смолы*
- алкил(арил)феноло-формальдегидные 1/156, 157, 163, 634, 645, 646, 847; 3/568
- алкилфеноло-формальдегидные 1/645, 646, 847
- амино-альдегидные 1/261, 262, 1209; 2/1014; 3/646
- амино-формальдегидные 1/807; 3/1139, 1140; 4/661
- аминифосфоновые 4/613
- анилино-формальдегидные 1/307, 308, 807; 2/1298; 3/327
- ацетальная 4/63, 64
- влагоупрочняющие 4/86
- «водное число» 3/35
- водоразбавляемые 1/153
- высыхающие 1/153, 157
- глифталевые 1/150, 153, 1145, 1146; 5/213, 377
- гуанамино-формальдегидные 1/1209, 517; 3/282
- диаиовые 5/961-964
- дицианоламино-формальдегидные 2/205, 236
- мнимодацетатная 2/1171
- инден-кумароновые, см. *Кумароноинденные смолы*
- ионогенные, см. *Ионообменные смолы*
- как олигомеры 3/742-745
- карбамидные 3/281, 282, 743, 1264, 1265
- карбамидо-формальдегидные 2/1228; 3/281, 282, 839. См. также *Мочевинно-формальдегидные смолы*
- макроресчатые 2/1268
- маслорастворимые 1/156, 157
- меланиновые, см. *Меламино-формальдегидные смолы*
- моно- и полифункциональные 2/520
- нелысыхающие 1/153
- нефтеполимерные 3/444, 445, 750; 4/1090
- нефтяные 3/466, 446, 447, 467; 1/398; 2/1276
- новолачные 3/568, 911, 912, 1212; 1/156; 4/165, 446, 668; 5/134
- пентафталевые 1/150
- пихлолорвиновые 3/991, 1139, 1140, 1235, 1236
- полиэфирные, см. *Полиэфирные смолы*
- резольные 4/445, 165, 928; 1/156, 157; 2/803, 804; 3/568, 911, 912, 1232; 5/134
- резорцино-альдегидные 4/448, 449, 450, 613; 3/327, 568; 5/135
- стопоренные 1/156, 157; 5/134
- терпеновые 4/1089, 1090; 3/1027
- уралкидные 5/72, 73
- фенольные 1/2; 4/1089. См. также *Феноло-альдегидные смолы*, *Феноло-формальдегидные смолы*
- фурановые 5/429, 134, 430, 431, 434; 3/1264, 1265; 4/1013
- эпоксидные, см. *Эпоксидные смолы*
- этрифталевые 1/150
- Смоли 3/826
- Смоляные соединения
- кислоты 4/739, 738, 740-742, 771, 868, 903, 977, 1092; 2/15, 18, 283, 284, 378, 602, 1149; 3/301, 826; 5/951
- спирты 1/511
- СМС, см. *Синтетические моющие средства*
- Смысловые графы 1/201
- Снотворные средства 4/742, 240, 743, 773, 812, 1226; 2/439, 1275; 5/84, 115, 520, 973
- Сноутен 4/993
- Соапсток 4/743; 5/551
- Собирательная рекристаллизация 3/1172
- Совершенный изоморфизм 2/370
- Совнолы 3/1228
- Совместное восстановление 2/1154
- Совол 4/172
- Согласованные реакции 4/743, 176, 405, 416, 744; 1/841-843; 2/755
- перциклические, см. *Перциклические реакции*
- сигматронные, см. *Сигматронные перегруппировки*
- синхронные 4/743
- специфические 5/737, 738
- фотохимические 4/744; 5/737
- фрагментация 5/365
- циклоприсоединение 5/736, 737
- электрциклические 3/938; 4/420
- Сола 1/735, 972; 2/584, 587, 639, 640, 709, 938, 1096; 3/351, 362, 847, 1000; 4/681, 757, 1020; 5/45, 467, 985
- кальцинированная 2/348; 3/304, 856, 863, 1000, 1068. См. также *Натрий, карбонат*
- каустическая 3/856, 863. См. также *Натрий, гидроксид*
- питьевая (пищевая) 3/356-358
- Содалит 1/1110
- «Содимеры» 3/914
- Содовые материалы
- известь 2/348
- стекло 4/842
- Содовые методы
- варка целлюлозы 2/1164
- газоочистка 1/900, 901
- Содовые продукты
- жир 2/303
- масло 4/744, 377-381, 383; 1/1085; 2/83; 3/395, 741, 750, 1116, 1210
- СОЖ, см. *Смазочно-охлаждающие жидкости*
- Созревание 2/1024; 4/549
- Созревание
- вискозы 1/731
- фотоэмульсии 5/323
- Сонмобилизованные ферменты 5/149
- Сокабутил 1/645-647
- Сокализаторы, см. *Промоторы*
- Соколова теория 3/457
- Соколендация 2/642, 1035, 1148; 4/554
- Сокристаллизация 4/760-762, 1006
- Соланезол 5/34
- Соланидин 4/862
- Соласодия 1/1048; 2/30, 959
- Солатриоза 3/747
- Солевая масса, см. *Многокомпонентные системы*
- Соледоны 2/1097
- Солемеры 2/895
- Соленые воды 1/768
- Соли(ы) 4/744, 79, 187, 188, 720, 745, 746; 1/1049; 2/778, 783, 784; 3/888. См. также индивидуальные предшественники
- АГ 1/988; 3/1208
- Ангели 3/508
- Бейдера 4/1153
- бензопирилия 1/522, 517, 518, 523, 524; 3/1048
- бертолетова 2/239, 443, 584; 5/560
- Бломстранда 2/572
- Бунте 2/171, 178; 4/1134, 1139, 1149, 1150
- внутренние 1/1149; 2/72; 3/951; 4/745; 5/440
- Вокелена 3/872
- выварочная 3/369
- Вюрстера 5/124
- глауберова 2/1097; 3/347, 361, 362; 5/675
- горькая, см. *Эпонит*
- Грэма 3/367
- даэзия, см. *Аридаэзия соли*, *Диэзия соли*
- диоксигенная, см. *Диоксигенные соединения*
- дитиолой 2/178, 179; 4/634, 930
- иминные 2/418, 419, 421, 1280; 1/200, 201
- калийные 1/957, 972, 1174, 1175; 2/562, 563, 570, 870; 3/172, 635; 5/207, 208
- каменная 1/956, 957, 347, 369, 774
- кислячная 5/795
- красящие, см. *Красящие соли*
- Курроля 3/367, 368; 5/247
- Мадрелла (Мадрелла) 3/367, 368; 5/247
- Макки 1/48; 5/903
- Мора 2/264, 272; 5/610
- морская 2/19
- номенклатура 3/576, 577
- определение 2/895, 896
- основные 1/1097; 3/504, 577; 4/744, 904, 943
- пиридиния, см. *Пиридиния соли*
- пирилия, см. *Пирилия соли*
- пищевая, см. *Натрий, хлорид*
- поваренная 3/161, 304, 369, 412, 863
- полимер-полимерные 4/19
- простые 4/744-746
- расплавы 4/345, 346, 359, 1050; 5/864, 923
- Рейнке 1/133, 284; 3/711
- сачочная 3/369
- самосачочная 1/956, 957; 3/369
- смешанные 4/745, 746; 5/551, 552
- СГ 1/988
- сетговая 3/256; 4/284, 608
- «серебристая» 1/355
- сульфония, см. *Сульфониоидные соединения*
- техническая 3/369
- тиопирилия 4/1144, 634, 930, 1121, 1143, 1145; 2/65
- тропилия, см. *Тропилия соединения*
- Фишера 2/821, 822
- фосфония, см. *Фосфониоидные соединения*
- Фреми 3/543, 544, 706, 707, 825, 952; 4/301; 5/534, 535
- Цейзе 2/930; 3/1130
- четвертичные, см. *Четвертичные соединения*
- Солидоны 4/746, 747; 1/345; 2/1209; 3/1125
- Солидоны 2/1095
- Солидус, линии 2/58-60, 255, 256; 4/1002-1004
- Солидолы 2/1097
- Солнечные устройства
- батареи 4/118, 707; 5/363, 385, 859
- печи 3/999
- «Солнечный ветер», плазма 3/1095
- Солод 1/232; 3/747; 5/995
- Солоноватые воды 1/768
- Солохромовый черный Т 2/451
- Солпрен 1/631, 635
- Сольвары 3/1228
- Сольватация 4/747, 360, 361, 372, 375, 376, 748, 749; 1/1076, 1216-1218; 2/55, 120, 302, 527
- в водных средах, см. *Гидратация*
- и баромембранные процессы 3/40
- и диссоциация 2/158; 5/856-859
- и жидкостная экстракция 5/827
- и изомерия 2/930
- и ионные пары, см. *Сольватно-разделенные пары*
- и ионный обмен 2/504. См. также *Растворы электролитов*
- и компенсационный эффект 2/868
- и карбанион 2/620
- и кислотно-основное взаимодействие 2/780-782
- и константы равновесия 2/902
- и конформации реагентов 2/912, 913
- и координационное число 2/920; 4/747
- и люотропное действие 2/1181
- и люофильность 2/1182
- и межфазные скачки потенциала 3/22
- и молекулярность реакции 3/211
- и низкотемпературные преарращения 2/1034
- и одиозлектронный перенос 3/651, 652
- и протонирование 4/244
- и растворимость 4/356, 357. См. также *Сольватокмплексы*, *Сольваты*
- и скорость реакции 1/548
- и сольватохромия 4/749, 751, 752
- и эффект Коттона 5/545
- неравновесная 4/404-411, 423, 748
- неспецифическая 4/748
- свободных радикалов 4/301, 302
- селективная 4/748
- специфическая 2/912; 4/748
- функции 4/365
- электрона, см. *Сольватированный электрон*
- Сольватированный электрон 4/749, 292, 297, 750, 751; 5/356, 364, 859, 869

- Сольватно-разделенные ионные пары 2/511, 698, 1203; 3/349
- Сольватоконплексы 2/579, 840, 1236; 4/752
- Сольватохромия 4/751, 749, 752
- Сольваты 4/752, 745, 747; 2/55, 505. См. также *Гидраты*, *Сольватация*, *Сольватоконплексы*
- Сольвенты 4/753; 1/1175; 2/593, 594, 778, 846, 995, 1101; 3/466
- Сольвнк 1/725; 3/1232-1235
- Сольволиз 4/753, 37, 1226; 1/441; 2/622, 623, 758, 942; 3/506; 5/365, 580, 927
- Сольвомеркурирование 4/553
- Сольв(е) способ 3/356; 5/45, 467
- Сольполак 4/28
- Сольфатерит 2/731
- Солюбилизация 4/753, 36, 555, 725, 726, 770; 2/84, 646, 1177; 3/184, 283, 717
- Солюсульфон 4/934
- Солюсурьмин 4/239
- Солютозон 4/241, 242, 1149
- Соляная кислота 4/753 как фнксанал 5/181 концентрированная 3/527, 1038; 5/8, 160, 655 коррозионная активность 2/948, 949 определение 2/293, 896, 1108 получение 1/770, 1099; 2/397, 507; 3/113, 114, 362, 412; 4/755-757, 1205; 5/553, 559 применение 2/770, 1173; 4/757 разбавленная 1/630; 3/390; 5/569 свойства 1/191, 738, 744, 771, 786, 938, 944, 948, 953, 1092, 1100, 1116, 1122; 2/8, 10, 16, 18, 75, 199, 204, 222, 252, 452-454, 709, 711, 745, 777, 779, 783, 809, 810, 864, 983, 1130; 3/70, 79, 99, 125, 282, 380, 381, 482, 530, 536, 538, 539, 561, 870, 1046, 1079; 4/169, 632, 633, 745, 753-755, 838, 903, 931, 943, 982, 1019, 1102, 1122, 1124, 1164, 1166, 1167, 1204, 1269; 5/1, 131, 136, 160, 200, 375, 534, 568, 608, 750, 827, 901, 961
- Соляные породы, см. *Галогенные породы*
- Соляризация 5/329, 457
- Соляровое масло 2/845; 4/101
- Соматокринин 4/757, 759
- Соматолнберин 4/757, 759
- Соматомаммотронин 3/1134, 1135
- Соматостатин 4/757, 758, 759; 3/400; 5/121, 768
- Соматотропин 4/758, 189, 1172; 1/291, 747, 1172; 2/695; 3/1134, 1135 рилизинг-фактор 4/757, 759 -- гормон 4/757-759
- Соматотропный гормон 3/578; 4/757-759
- Сомиле реакция 4/759, 760, 913, 1200; 1/199, 201, 990; 2/621
- Сомомеры 3/122, 123, 127, 257; 4/844
- Сонолюминесценция 5/59
- Сонохимия 5/59, 509
- Соосаждение 4/760, 335, 395, 761, 762, 1006; 2/675, 916, 1254; 3/57, 420, 583, 584, 819; 5/102, 128, 656, 749, 833, 896
- Соответственных состояний закон 4/762, 763, 1040; 1/727; 2/299; 5/71
- Соответствия принцип, см. *Квантовая механика*
- Сопловые устройства 2/1281; 4/347, 348, 383-386
- Сополиконденсация 4/763, 60, 764; 2/701; 3/54, 201, 257, 1254, 1257. См. также *Сополимеры*
- Сополимеризация 4/764, 28, 54, 63, 95, 202, 734; 1/858; 2/93, 701, 1267, 1272; 3/54, 257, 1265, 1269; 5/571 в растворе 3/192 гидролитическая 2/1010 и иммобилизация ферментов 2/422 и макрорадикалы 2/1268 и матричный синтез 2/1326 и модифицирование полимеров 3/201 нонная 2/284; 4/764, 1087 катализаторы 2/673 продукты, см. *Сополимеры* радиационная 4/293 радикальная 2/284; 3/1198; 4/40, 306, 764; 5/983 стереорегулярная 4/850 ступенчатая 4/1088 суспензионная 2/520 твердофазная 4/1000 эмульсионная 2/631; 4/40; 5/397
- Сополимеро-винилхлоридные лаки 4/764, 765; 1/725
- Сополимеры 4/765, 763, 764, 766, 844; 1/858; 2/520; 3/1139, 1140. См. также индивидуальные представители акриловые, см. *Акриловая кислота*, *Акрилонитрил* альтернативные 1/204, 630, 1200; 2/921 блочные, см. *Блоксополимеры* бутенов 2/922; 3/9, 740; 4/23 виниловые, см. *Винилацетат*, *Винилденхлорид*, *Винилпиримидин*, *Винилхлорид* водные дисперсии, см. *Латексы синтетические* дивиниловые, см. *1,3-Бутадиен* дневных углеводов 2/520, 701, 1267; 3/257, 734; 4/766 номеры 2/515, 516; 4/2, 56, 1087 как флокулянты 5/203, 204 макропористые 2/1267 малеиновой и фумаровой кислот 1/725; 2/516; 4/765; 5/204 метакриловые, см. *Метакрилаты*, *Метакриловая кислота* ненонизованные 2/516 нерегулярные 1/858; 4/765 получение, см. *Сополиконденсация*, *Сополимеризация* привитые, см. *Привитые сополимеры* пропиленовые, см. *Пропилен*, *Пропиленоксид* регулярные 1/858; 4/765 сетчатые 2/701, 1266 статистические 1/287, 724, 725; 2/699; 3/1230, 1260; 4/31, 40, 764, 765, 844 стирольные, см. *Стирол* ударопрочные, см. *АБС-пластик* этиленовые, см. *Этилен*, *Этиленоксид*
- Сополиэфирные волокна 4/87, 90
- Сопряжение связей 4/766, 23, 126, 516, 766, 767; 2/245, 246, 919, 967, 975, 978, 980, 984, 1086, 1109, 1110, 1157, 1273; 3/10, 27-30, 1242, 1243, 1245, 1246; 5/21, 148. См. также *Дивеновые углеводороды*
- Сопряженные кислоты и основания 2/780-782; 3/830
- Сопряженные реакции 4/767, 177, 419, 420, 768; 1/18, 31, 43; 2/753, 756, 876, 877, 967, 1093, 1170; 3/46, 669, 672, 673
- Сораставители 5/901
- Сорбаты 4/770
- Сорбенты 2/294, 339, 426, 477, 503, 505, 514, 519-521, 608, 1171, 1172, 1267; 3/459, 662, 663; 4/392, 770; 5/172, 812-817. См. также *Абсорбенты*, *Адсорбенты*
- Сорбиновая кислота 4/768, 769; 1/337, 338; 2/634, 726, 785, 1081, 1082; 3/126, 711, 1088
- Сорбиновый альдегид 1/718
- Сорбит 4/769, 31, 202; 1/745, 1101, 1154, 1155; 2/277, 1078, 1164; 3/271, 719, 1090; 5/37, 375
- Сорбитан 4/769, 770; 3/1089, 1165, 1166
- Сорбитаны 4/770, 769
- Сорбитол 4/769
- Сорбитон 3/1166
- D-Сорбит-6-фосфат 3/615, 616
- Сорбоза 1/745, 1147; 3/264
- Сорбтивы 4/770
- Сорбия 4/770; 1/4, 63; 2/515, 991, 1300; 3/343, 344, 420, 835; 5/620-625, 816 в звуковых полях 5/62 жидким поглотителем, см. *Абсорбенты*, *Абсорбция* и конденсация, см. *Капиллярная конденсация* как концентрирование 2/916 твердым телом, см. *Адсорбенты*, *Адсорбция* окислителя 1/4; 4/760, 770 с химической реакцией, см. *Хемосорбция*
- Соре полоса 4/145; 5/574 эффект 2/196
- Сортировка 1/621; 2/789; 3/630, 635
- Сортовой анализ 2/1218
- Сосновые продукты масло 2/1165; 3/1027; 4/715, 771, 1091; 5/138, 208, 438 смола 4/771, 1202; 3/826, 1059
- Сосудорасширяющие средства 2/86; 3/357, 487, 507, 567; 4/1103, 1194; 5/146, 997
- Сотеломеризация 4/1026
- Сотопласти 4/771, 772; 1/623; 3/1121
- Соудена-Фишера реакция 1/316, 1162
- Софотетин 2/731
- Сохранение барьонного заряда, закон 5/1020 массы, закон 4/772, 773, 866; 3/412; 5/106, 349, 508 орбитальной симметрии 3/964 энергии, закон 4/772, 773, 825; 1/1046
- Спазмолитики 4/773
- Спазмолитические средства 4/773, 774, 775, 861, 1193, 1194, 1254; 2/86, 399-401, 1322; 3/1029; 5/143, 592, 1001
- Спайера катализаторы 1/1108, 1109
- Спайность минералов 3/166, 167
- Спайсон 4/88
- Спандекс 4/49, 50
- Спандэвен 4/49, 50
- Спандрон 4/27
- Спартен 5/524, 525
- Спейсеры 2/422, 1324
- Спекание 4/775, 139, 141, 142, 615, 681, 685, 709, 1010, 1020, 1173; 1/216, 343; 2/51, 53, 197, 201, 339, 582, 733-735, 737, 949, 950; 3/146, 244, 330, 351, 421, 492, 510, 1068, 1172, 1174; 5/382 и обжиг 3/1000, 1001 и порообразование 4/133 и смачивание 4/730 полимеров, см. *Полимерных материалов переработка*
- Спектральные цвета 5/645, 646, 652, 653
- Спектральный анализ 4/775, 467, 470, 480, 776-780; 1/414; 2/291, 712, 1010; 3/8, 209, 413; 5/172, 610, 762. См. также *Спектроскопия*, *Спектры атомный*, см. *Атомные методы анализа*
- локальный 4/777; 5/878-880 люминесцентный, см. *Люминесцентный анализ* массовый, см. *Масс-спектрометрия* молекулярно-абсорбционный 5/334, 335 пламенный, см. *Фотометрия пламени* приборы 4/779. См. также *Спектрографы*, *Спектрометрия рентгеновский*, см. *Рентгеновские методы анализа* фотометрический, см. *Спектрофотометрия*, *Фотометрический анализ* химический 2/562, 1235; 4/550, 777, 779 электронно-зондовый 5/878-880 эмиссионный, см. *Эмиссионный анализ*
- Спектрографы 2/623, 1202, 1309; 4/778
- Спектрометрия 2/492, 493, 507, 508, 867; 3/65, 431, 654, 655; 4/180, 471, 481, 778, 779 атомно-абсорбционная 1/408-410; 5/610 атомно-флуоресцентная 1/410, 411 быстрого сканирования 2/623 ионного циклотронного резонанса 5/741, 742 высокого разрешения 1/836 массовая, см. *Масс-спектрометрия* микроволновая 3/158 **Фуры** 5/435, 436 энергетические потери электронов 5/873
- Спектропляриметры 5/540
- Спектроскопия 4/780. См. также *Спектральный анализ*, *Спектры* абсорбционная 1/3, 4, 408; 2/56; 3/220, 230, 768; 4/775, 785, 1033 акустическая 1/135, 136 гамма-метод 3/64-68. См. также *Гамма-абсорбционный анализ* излучательных квантовых переходов 2/726-729 ИК, см. *Инфракрасная спектроскопия* импульсная электрохимическая 5/919 кинетическая 1/4 лазерная, см. *Лазерные методы* мессбауэровская 3/64, 65-68, 141, 225, 229, 230; 2/293, 727; 5/1016, 1017, 1023, 1033 метод(ы) внешнего и внутреннего стандартов 4/472 - EXAFS 4/471 микроволновая 3/157, 158; 4/334, 884 нейтронная 3/404 оже 3/654, 209, 230, 655; 2/905, 1104, 1212, 1213; 5/878, 941 оптическая, см. *Оптические методы*, *Спектрофотометрия* отражения 4/780, 781-783; 3/220; 5/335 пороговых потенциалов 5/878 радиочастотная, см. *Радиоспектроскопия* рамановская 2/864-867 рассеяния ионного 2/507, 508, 1212 - когерентного 3/141 - комбинационного 2/864, 712, 728, 865-867, 1213; 1/836; 3/220, 459; 4/882 - обратного ядерного 2/507, 508 - резерфордского 2/507, 508, 1212 резонансная, см. отдельные методы *Резонанса* релаксационная 5/1029



- рентгеновская, см. *Рентгеновские методы анализа*  
УФ, см. *Ультрафиолетовая спектроскопия*  
фотоионизационная 5/331  
фотон-корреляционная 3/163  
фотоэлектронная, см. *Фотоэлектронная спектроскопия*  
Фурье, см. *Фурье спектроскопия*  
характеристических потерь энергии электронов 2/1213; 5/878  
электронная 5/360
- Спектрофотометрия 4/783, 395, 436, 550, 467, 775, 779, 780, 782–786, 880, 935, 1001, 1113, 1209; 1/3; 2/44, 45, 430, 431, 492, 493, 550, 562, 634, 861, 1090, 1231, 1235, 1287; 3/113, 124, 220, 268, 425, 440, 471, 796–798, 1134; 5/23, 34, 64, 93, 148, 149, 173, 202, 334, 335, 423, 554, 656, 719, 723, 762, 817, 856, 885, 942
- Спектры 4/780. См. также *Спектральный анализ*, *Спектроскопия*  
атомные 1/412, 405, 408, 409, 413, 414; 2/1121; 4/587, 776, 789; 5/640  
вращательные, см. *Вращательные спектры*  
деградации излучения 2/501  
колебательные, см. *Колебательные спектры*  
континуумы 3/189, 190  
кругового дихроизма 5/540–542, 546  
линии 2/328–330; 4/472  
молекулярные, см. *Молекулярные спектры*  
полосатые 5/884  
резонансные, см. *отдельные методы Резонанса*  
сенсбилизация 2/37; 4/624–626  
серии 1/413  
тонкая структура 4/587  
электронные, см. *Электронные спектры*  
энергетическая яркость, см. *Пирометры*
- Спермацет 1/825, 826; 3/876; 5/1009  
Сперматовое масло 1/826; 4/172  
Спермидин 1/39; 2/81; 4/520  
Спермин 1/39; 2/81; 4/520; 5/1039  
Сперилин 1/384; 3/304, 1128, 1132  
Спецдежда 2/323, 324  
Спилловер 4/786  
Спин(ы) 4/786, 770, 787–790; 2/1238, 1239, 1244  
аддукты 4/795, 796  
валентность 3/390; 5/461  
взаимодействия, см. *Спиновые взаимодействия*  
волны 4/575, 789  
диффузия 5/104  
и принцип Паули 3/892, 893; 4/787  
и фазовые переходы 5/103, 104  
и химическая поляризация ядер 5/458, 459  
квантовое число 1/404, 791; 2/718, 719, 721, 727  
конверсия, см. *Клетки эффект. Радиальные пары*  
ларморова прецессия 3/31  
методы, см. *Спиновые методы*  
парамагнетизм 3/881, 882  
плотность, см. *Электронная плотность*  
продуктов реакций 2/1238, 1239  
процессы, см. *Спиновые процессы*  
связи, случаи Хунда 4/797  
функции 4/787  
элементарных частиц 3/31; 4/826; 5/868, 930, 931. См. также *Электроны*
- Спинакан 4/713  
Спинацен 4/713
- Спиновые взаимодействия  
обменное 3/31  
орбитальное 4/796, 122, 587, 797; 1/405, 413; 2/148, 321, 721, 723; 3/232, 287, 288; 5/352, 458, 640, 641, 881, 884, 888  
релаксация 3/31; 4/463, 663, 794, 795, 797; 5/887  
сливное 4/797, 587, 795, 798; 2/330, 723, 1170; 5/352, 460, 1026  
фононное 4/585, 789, 996; 5/742
- Спиновые методы  
зонда 4/790, 304, 791–793; 2/1184, 1185, 1187, 1190; 3/545, 546  
ловушек 4/795, 304, 796, 1123; 2/754; 3/541, 546, 549  
меток 1/42; 2/1190; 3/545, 546; 4/304, 790–792; 5/270  
эха 4/793, 334, 794, 797; 5/893, 1027
- Спиновые процессы  
горение 1/1169, 1171  
детонация 2/47  
«распад» зародышей 2/318
- Спиродаль 2/316  
Спирохромы 3/706  
Спиральные устройства 2/790, 791; 3/44, 630  
Спиросоединения 4/798, 504, 505, 577–580, 766, 798–800, 938; 1/141, 379; 2/181, 277, 363, 367, 398, 399, 959; 3/132, 985, 1029; 5/354, 360, 719
- Спиртовое брожение 1/608, 609, 1101, 1102, 1135, 1147, 1155; 3/614, 627, 785; 5/39, 158, 663, 995
- Спиртовые материалы  
лаки 2/462; 3/471; 4/33. См. также *Политуры*  
растворимые красители 4/800; 1/82; 2/462, 977, 994, 1000–1002; 3/471–838  
смеси бензиновые 1/205, 650  
– бензольные 1/52  
– глицириновые 1/1068  
– кастровые 1/1068
- Спиртомеры 3/1147  
Спирты 4/800; 3/1147. См. также *индивидуальные представители алфатические* 1/648, 717, 1024, 1025, 1096, 1134, 1163; 2/100, 234, 246, 407, 635, 646, 741, 888, 972, 1089, 1109, 1110, 1194, 1298; 3/33, 119, 185, 718, 773, 1027, 1028, 1058, 1116, 1117, 1163, 1250; 4/20, 169, 170, 500, 561, 562, 671, 800–802; 5/12, 208, 825, 994–997  
– вторичные 1/161, 436, 602, 867, 951, 1077, 1203; 2/119, 120, 310, 311, 380, 581, 629, 747; 3/102, 433, 767; 4/525, 803, 804, 900, 1090, 1167; 5/709, 723, 757, 1010  
– первичные 1/161, 600, 619, 620, 951, 1203; 2/119, 120, 603, 629, 645, 1203, 1267; 3/102, 433, 767, 1166; 4/803, 804, 900, 922, 1090, 1258; 5/8, 709, 779, 1011  
– третичные 1/598, 599, 602, 1077, 1203; 2/310, 311, 581, 645, 746, 1086, 1203; 3/1025; 4/525, 803, 922, 1090, 1167; 5/14, 208, 709, 757, 779, 1010  
алициклические 2/972, 1109; 3/377; 5/141. См. также *Стерины*  
алканоламины, см. *Аминоспирты*  
ароматические 2/237, 646; 4/562, 804. См. также *Фенолы*  
галогенгидриды, см. *Галогеноспирты*  
двухатомные, см. *Гликоли, Диолы, Пинаконы*  
енольная форма, см. *Енолы*  
желчные 2/280, 281; 4/865
- жирноароматические 2/1109; 3/1164; 4/801  
жирные, см. *Жирные спирты*  
листьев 4/800, 801  
меркаптаны, см. *Тиолы*  
метаболизм 3/617, 618  
многоатомные 1/170, 1089, 1101; 2/234, 238, 280, 281, 402, 407, 602, 603, 1164, 1271; 4/51, 200, 500, 738, 800, 804, 978; 5/10, 37, 72, 709, 715. См. также *Глицераты*  
номенклатура 3/573  
одноатомные 1/166–170, 865–867, 1145, 1163; 2/237, 238, 380, 602, 603, 1267, 1271, 1273; 4/738, 800. См. также *Алкогалиты*  
оксигенилированные 3/718, 992, 1165, 1166, 1168, 1169; 4/699, 700  
определение 1/389–391, 670, 896; 2/293; 3/526, 795; 4/803; 5/125, 208, 379, 693, 819  
полифторированные 4/804, 805, 806; 5/405  
получение 1/198, 199, 464, 1099, 1113, 1161, 1180, 1205; 2/516, 638, 640, 646, 677, 751, 889; 3/346, 502, 506, 518, 660, 665, 738, 764, 816, 833, 977; 4/803, 804; 5/45, 46, 122, 195, 199, 711, 792  
применение 1/205; 2/237, 972; 4/134, 359, 804. См. также *Спиртовые материалы*  
рацемические 4/391  
свойства 1/198, 199, 423, 429, 442, 599, 640, 641, 659, 660, 708, 717, 784, 943, 946, 961, 962, 968, 969, 971, 1142; 2/12, 83, 299, 300, 374, 402, 420, 627, 638–640, 642, 646, 670, 671, 731–733, 799, 900, 913, 970, 971, 983, 1203; 3/120, 186, 187, 226, 506, 513, 516, 528, 530, 534, 738, 739, 762, 791, 785, 796, 816, 876, 1018, 1038, 1039, 1067; 4/277, 750, 801–803, 866, 906, 907, 930, 932, 938, 976, 1135, 1139, 1146, 1153, 1162, 1163, 1166, 1192, 1205; 5/7, 57, 60, 125, 132, 197, 222, 238, 255, 256, 260, 262, 266, 268, 278, 332, 367, 368, 546, 786, 794, 827, 860, 943, 1009, 1011, 1012. См. также *Оксалидегиды и оксикетоны*, *Оксикислоты*, *Оксинтриамы*  
«сухой» 1/990  
терпеновые 4/1090, 576, 1091; 1/660, 697; 2/237; 3/292, 293; 5/208  
трехатомные, см. *Глицерины*
- Спички 4/600, 633, 951; 5/285, 560, 632  
Сплавление 2/171, 452, 478, 582, 950, 1154; 3/147, 168, 169, 386; 4/183, 184, 649, 670; 5/655  
Сплавы 4/806, 807–810; 3/73, 75, 76, 96, 100, 412; 1/608; 5/503. См. также *Бронзы*, *Латуни*, *Стали*, *Чугуны*, *индивидуальные материалы*, *соединения отдельных химических элементов*  
аморфные, см. *Аморфные материалы*  
анализ 1/121, 542, 543; 3/431, 809, 810; 4/531; 5/176. См. также *Физико-химический анализ*  
антифрикционные 2/1202, 1333; 3/753, 754; 4/601, 806, 809; 5/753  
вариантность 5/98  
Вуда 4/601, 809  
высокопрочные 2/257, 828, 1249, 1250  
Деварда 3/505, 518  
деформируемые 1/214–216; 2/250, 1250; 3/497; 4/806; 5/618  
дисперснопрочные 1/819, 821
- жаропрочные, см. *Жаропрочные материалы*  
жаростойкие 2/625; 3/482; 4/685  
инструментальные 2/260, 261; 4/808; 5/760  
как волокна 3/73, 74  
как наполнители 3/87  
как покрытия 1/977; 3/71, 334  
как сплавы 4/346  
как сверхпроводники 4/584, 585  
как стекла 3/87; 4/843  
как твердые растворы 4/806, 1002–1006. См. также *Интерметаллиды*, *Металлические соединения*  
кластерные 2/796  
конструкционные 2/260, 957, 1333; 4/808  
коррозионностойкие 2/261, 262, 320, 321, 485, 947–949, 1332, 1333; 3/482, 498; 4/806, 808, 985.  
См. также *Коррозия металлов*  
лигатуры 2/1153, 1154; 3/90; 4/115, 437, 601, 1175  
литые 5/618, 752, 753  
магнитные, см. *Магнитные материалы*  
металлов благородных 2/1242; 4/809  
– с ртутью, см. *Амальгамы*  
металлургия 3/92–95  
направленно-кристаллизованные 2/949  
обработка 2/201; 3/94; 4/359, 807, 808; 5/12. См. также *Лезирование*, *Химико-термическая обработка*  
окисление 1/908; 3/76  
«память формы» 3/484; 4/809  
параметр порядка 5/103  
полимерная 4/732–734  
порошковые 4/138–142  
пружинные 5/753  
пружинные 2/1333  
старение 2/1332; 3/497; 4/808  
твердые, см. *Твердые сплавы*  
типографские 4/601; 5/753  
Фритта 2/800  
электротехнические 2/262, 1333; 4/808, 809
- Сплайсинг 4/810, 758, 759, 811, 812; 5/818
- Сплошные руды 4/559  
Сподумен 1/1035; 2/222, 733, 1201, 1202; 3/165; 4/676, 707, 838
- Спородесмины 2/171  
Спороиды 3/973  
Справочники химические 5/490, 491–496, 511  
Спреи 1/446  
Спрейпак-насадки 3/338  
Спринклерные установки 3/1191  
Среднеазиатская известь 2/350
- Средние соединения  
нефтепродукты 2/166, 167, 169, 170  
соли 3/576, 577; 4/744–746, 904, 909, 920, 921; 5/249–253, 279, 280, 310. См. также *индивидуальные представители*
- Средства для наркоза, см. *Наркоз*  
Сродство  
к протону 2/782  
к электрону 4/813, 151, 153, 814; 2/526, 528, 530, 1104; 5/461, 553  
красителей к материалам 2/989, 991  
химические реакции, см. *Химическое сродство*
- Срывные реакции 3/142, 238–240  
СС-кислота 1/257  
Стабар 3/1139  
Стабилизация  
азогенов 1/79, 80  
воды 1/771  
горения ВВ 4/1165; 5/117

- дисперсных систем 2/155, 156, 332; 3/992, 1195, 1196, 1211  
 клеевых красок 2/799, 802, 803, 807, 808  
 клеевых красок 2/799  
 коагуляции 2/818  
 коалесценции 2/818  
 нефти 3/461  
 пен 2/860; 4/990; 5/288  
 полимеров 4/814, 304, 815–817, 822, 833, 1012, 1085, 1139; 2/40, 91, 96, 97, 118, 226, 227, 292, 434; 3/201, 683, 763, 991, 1264; 5/6, 7, 137, 138, 213, 934, 950, 954  
 структурная, принцип 4/1064  
 суспензий 4/38, 397; 5/39  
 фотоизображения 5/268  
 фотостарения, см. *Светостабилизаторы*  
 эмульсий 2/555, 860; 4/38; 5/39, 948–950, 980
- Стабильные нуклиды 2/384, 386, 387, 394; 3/605
- Стабильный бензин 2/166, 167, 169, 170, 687, 688
- Сталагмометрия 3/1171
- Сталеполимербетон 3/1264
- Стали 1/209, 343, 401, 468, 973–976; 2/16, 201, 249, 250, 255, 257–264, 266, 323, 485, 546, 565, 571, 625, 828, 878, 947–950, 952, 957, 1146, 1153, 1154, 1241, 1242, 1318; 3/15, 73, 75, 91–95, 144, 145, 273, 410, 475, 492, 695, 696, 1001, 1068, 1069, 1088, 1179, 1180; 4/139, 291, 321, 436, 633, 806, 808, 982, 1021; 5/371, 451, 470, 651, 703, 707, 901, 904
- Стандартное состояние 4/817, 365, 373, 818, 819, 901, 1037, 1072, 1073; 2/901; 5/465, 499, 505, 954
- Стандартные образцы 4/819, 472, 476, 768, 776, 900, 1189; 2/780, 1317; 3/135–139, 231, 655; 5/173, 180, 181, 622, 629, 630, 814, 817
- Стандартные параметры отклонение результатов анализа 3/136–139  
 потенциалы 4/819, 154, 545, 546, 820, 821; 1/126, 127; 3/99, 662, 667; 5/839, 840, 843. См. также отдельные химические элементы  
 энthalпия образования 5/954  
 энтропия 5/956
- Стандартные реакции 4/417
- Стандартный пожар 3/646, 647
- Стансил 3/1210
- «Станн» 3/575. См. также *Олово*
- Станнаны 3/762
- Станнан 3/576, 757
- Станнатранс 3/762
- Станнаты 1/1093; 3/753, 758
- Станниды 3/753; 4/107
- Станниламины 3/760, 762
- Станнилены 2/622
- Станнии 2/551; 3/756
- Станнит 4/1021
- Станнопапладанит 3/871
- Станозол 1/290, 291
- Стантона (Стэнтон) числа 2/1303; 3/1184
- Старение полимеров 4/821, 80, 81, 589, 814, 822, 823, 1018; 1/31, 630, 631, 634, 846; 2/706, 1003; 3/64, 661, 750.  
 См. также *Деструкция полимеров*  
 сплавов 2/1332; 3/497; 4/808  
 фотоматериалов 5/321
- Старлицид 2/343
- Статистическая термодинамика 4/823, 367–369, 374–376, 824–832, 870, 1029, 1070, 1073; 3/86, 840; 2/718; 3/644, 645, 841, 842; 5/178, 466, 499, 500, 868, 956
- Статистические сополимеры 1/287, 724, 725; 2/699; 3/1230, 1260; 4/31, 40, 764, 765, 844
- Статистический клубок, см. *Макромолекулы*
- Статистических испытаний метод 3/214, 215
- Стафизин 2/171, 172
- Стафилококковые энтеротоксины 4/832, 833, 1195; 2/467; 3/846
- Стафиломонцины 3/924, 927
- Стафлен 4/80–82
- Стахидрин 1/544
- Стахиоза 3/748; 4/582; 5/375
- Стационарные реакции 2/689–691, 715
- Стационарные состояния 4/1073; 5/153–155
- Створаживание 2/559
- Стеараты 4/833
- Стеариламин 1/270; 3/724
- Стеарин 1/262, 1085; 2/83, 308; 3/159, 822, 876, 1125; 4/165, 743, 833; 5/143
- Стеариновая кислота 4/833, 34, 133, 172, 377, 378, 580, 744, 769, 770, 834, 903, 968, 990, 1012; 1/19, 339, 846, 863–865, 1085, 1144; 2/303, 307, 643, 644, 660, 1215, 1318; 3/301–303, 724, 730, 834, 876, 1125, 1186; 5/26, 86, 143, 551
- Стеарилолмоляная кислота 3/1089
- Стеарокс 3/717; 4/1012
- Стеаронитрил 3/512
- Стеатит 4/977
- Стедмена насадки 3/338, 339, 1141
- Стекло(а)  
 градиентные 3/776  
 жидкое 4/834, 673, 680, 699, 726; 1/458; 2/705, 801, 802, 982, 1241, 1319; 3/361; 5/208  
 кварцевое 4/834, 835–838, 847, 1224; 1/778; 2/733, 776, 1027, 1028; 3/775; 4/1224  
 кристаллические, см. *Ситаллы*  
 люминесцирующие 1/672; 2/1227  
 материалы, см. *Стекланные материалы*  
 металлические 5/164, 895  
 молочное 4/837, 838  
 напыление 3/334  
 неорганические 4/835, 105, 132, 133, 157, 290, 291, 619, 627, 681, 709, 834–843, 846–848, 951, 1002, 1006, 1042, 1224; 1/137, 540, 555, 679, 873, 1035, 1071; 2/5, 48, 153, 208, 299, 332, 485, 556, 709; 3/145, 306, 308, 312, 313, 352, 353, 367, 410, 418, 419, 698, 774, 775, 777, 1000, 1193; 5/247, 515, 516, 678, 863  
 оптические, см. *Оптические материалы*  
 органическое 4/840, 21, 841–844; 1/757, 921; 3/69, 70, 776; 5/340.  
 См. также *Полиметилметакрилат*  
 пористые, см. *Пеноматериалы*  
 растворимое 4/841, 834, 835, 842; 1/871; 2/327, 776; 3/360, 361  
 склеивание 2/801, 802  
 температура стеклования 4/842. См. также *Стеклообразное состояние*  
 термометрические 4/1078  
 тонирование 3/334  
 травление 3/368  
 цветные 2/332, 821, 1288; 3/447, 480, 481; 4/157, 838, 839
- Стеклование, температура 4/842, 835, 843, 844, 850, 852, 1017; 2/706; 3/840, 1116, 1118–1121; 5/640. См. также *Стеклообразное состояние*  
 Стеклокерам 4/706
- Стеклообразное состояние 4/842, 663, 843; 1/287, 288, 859; 2/328, 714, 1060; 3/840. См. также *Аморфное состояние*  
 и релаксация 4/463  
 полимеров, см. *Полимеры*  
 получение, см. *Стеклование температуры*
- Стекланные материалы  
 вата 1/1071; 4/1042  
 волокна 4/846, 64, 94, 163, 221, 291, 332, 333, 445, 771, 835, 844–848, 1013, 1014, 1041, 1042, 1082; 1/2, 369, 370, 802, 807, 1194; 2/327, 328, 768, 806, 878; 3/327, 329, 417, 646, 907, 910, 1126, 1130, 1221, 1268; 5/143, 144  
 волокнисты 1/807; 4/845, 847, 848, 970; 5/144  
 кристаллические, см. *Ситаллы*  
 пластики 4/846, 93, 163, 333, 485, 723, 845, 846; 1/807; 2/806, 878, 880; 3/92, 327, 646, 746, 802, 806, 1119, 1201, 1215, 1218, 1248, 1249, 1270; 5/41  
 рубероид 1/563  
 текстолиты 1/370; 4/333, 844–846, 848, 1013, 1014; 5/144  
 утлерод 5/39, 40, 137, 387, 901  
 электродные 3/134, 135; 4/155; 5/150  
 эмали 2/322, 950, 1241; 5/943, 945
- Стелит 2/828
- Стендомидии 3/924, 926
- Степано (Стено) закон 2/1065
- Степанова  
 метод выращивания монокристаллов 2/1009; 3/255, 256; 4/112  
 реакция 1/949  
 соотношение, см. *Люминесценция*  
 «Степенная» неьютоновская жидкость 4/487
- Степень гидролиза 1/1098  
 дисперсии, см. *Дисперсность*  
 диссоциации 5/176, 586, 800, 856, 857  
 завершенности реакции 1/18; 3/1257  
 извлечения целевых компонентов 2/916; 3/629, 898  
 измелчения 2/351–357; 5/211  
 изотопного обмена 2/388  
 ионизации 3/1094; 4/1030  
 ковалентности (ионности) химической связи 4/127  
 кристалличности 2/704, 1060; 3/1120; 4/849–852  
 набухания 3/319, 1268, 1269  
 непрерывности процесса 3/421  
 окисления 4/848, 415, 471, 482; 1/664, 665; 3/413, 576, 664, 665, 957–961; 5/286, 497  
 перетира красок 2/978  
 полимеризации 2/1263, 1264; 3/742, 743, 1257, 1258, 1266; 4/34  
 полноты реакции 5/505  
 поляризации люминесценции 2/1223, 1224  
 сжатия 2/881  
 сосаждения 4/760  
 токсичности веществ 4/1196  
 черноты 4/1048
- Стераны 3/379; 4/864
- Стереоблочные полимеры 1/858; 3/1219, 1220; 4/30
- Стереодифференцирующие реакции 4/855
- Стереоиomerия 2/127–131, 366–368, 931, 947; 3/205, 293, 701; 4/19, 853–857; 5/111, 353  
 и реакционная способность 2/913, 914. См. также *Асимметрический синтез*
- полимеров, см. *Стереорегулярные полимеры*  
 тактичность и микротактичность 4/849
- Стереосложные 2/931; 4/19
- Стереон 1/635
- Стереонаправленный синтез 3/736
- Стереорегулярные полимеры 4/848, 21, 30, 306, 849–852, 856, 857, 887; 1/631, 633, 637, 858; 2/273, 285, 375, 376, 674, 705, 706, 799, 921, 922; 3/79, 739, 1227, 1229, 1267; 5/730
- Стереоселективные реакции, см. *Стереоселективный синтез*
- Стереоселективность 2/127–131; 4/853–856
- Стереоселективный катализ 1/389, 392
- Стереоселективный синтез 4/853, 620, 854–856, 858, 859; 1/388; 3/324, 732, 740; 5/34, 179, 732, 907  
 асимметрический 1/388, 390, 391, 393; 2/53, 538; 3/25, 84; 4/389, 416, 858; 5/952
- Бартона 1/464, 465; 3/518, 535  
 галогенирование 1/955  
 гликозилирование 5/693  
 легдигалогенирование 2/14  
 дневовой 2/101; 4/856  
 и динамическая стереохимия 2/131  
 перегруппировка Бекмана 1/469, 231, 253, 254; 2/615, 1138, 1213; 3/515, 702; 4/610, 855  
 – Клайзена 2/786, 787; 1/185, 199, 717  
 – пинаколиновая 3/1024  
 Прилежаева 4/169  
 топохимический 4/1217  
 Фрича–Буттенберга–Вихеля 5/373  
 циклоприсоединение 5/736
- Стереоспецифическая нумерация, система 2/1189
- Стереоспецифические реакции 2/127; 3/9, 733, 734; 4/853, 854, 1137; 5/34, 305  
 аналитические 3/794, 797  
 восстановление 2/655  
 гликозилирование 4/38  
 замещение 2/314; 3/580  
 Корн–Уинтера 2/935  
 полимеризация 4/856, 30, 849, 857; 2/665, 874, 921; 3/1220, 1269; 5/730  
 пернициклические 3/964  
 присоединение 4/176  
 симметризация 4/686, 554, 976; 3/91  
 согласованные 5/737, 738  
 стереоселективные, см. *Динамическая стереохимия*, *Стереоселективный синтез*  
 трансаннулярные 4/1227  
 фотохимические 5/737  
 хелатронные 4/344; 5/442, 443  
 циклоприсоединение 5/737, 738  
 электроциклические 5/927, 928  
 элиминирование 2/129, 913; 4/344, 425; 5/939
- Стереоспецифичность 1/553; 2/127, 407, 674, 921, 922; 3/78; 4/853–857
- Стереохимия 4/857, 858, 859; 1/1067; 3/263–267, 786, 788; 5/509, 927  
 динамическая, см. *Динамическая стереохимия*  
 и изомерия, см. *Стереоиomerия*  
 и оптическая активность 4/858  
 и стереоспецифичность, см. *Стереоспецифический синтез*, *Стереоспецифические реакции*  
 и теория графов 1/1197, 1198; 4/858  
 – запалов 2/238  
 и топные отношения 4/1211–1213  
 и топология 4/857, 1214, 1215  
 и тополимеризация 4/1215, 1216

- и эффект Керра 2/739. См. также *Стерические эффекты*
- конфигурационная, см. *Конфигурация стереохимическая, Хироптические методы*
- конформационная, см. *Конформации молекул, Конформационный анализ*
- моделные соединения 3/580, 581
- нежестких молекул 2/98, 925; 3/83, 392, 393; 4/46
- неорганическая 2/925
- номенклатура 3/568, 263, 265, 569–572, 606; 2/369, 1189; 4/848, 859
- принцип Кёртина–Гаммета 2/739, 127, 740, 914
- хиральная, см. *Хиральность*
- Стерилизаторы почв 3/107
- Стерины 4/859, 378, 381, 382, 744, 860, 861, 865, 903, 977, 1092, 1119; 1/750, 826; 2/303, 660, 1188, 1191, 1194; 3/49, 470, 700, 1186; 5/269, 551, 589, 590
- Стерические эффекты (факторы) 1/547; 2/130, 131, 155, 156, 193, 414, 754, 910, 913, 931, 940, 941; 4/871; 5/368
- Стеркобилиноген 2/279
- Стеркуловая кислота 5/731
- Стерниты 3/846; 4/40, 41
- Стероид-Δ-изомераза 2/364
- Стероидные алканы 4/861, 862, 865; 1/1181; 2/959
- Стероидные гормоны 4/862, 428, 468, 863–865, 1119; 1/457, 553, 745, 1171–1173; 2/241, 426, 533, 747; 3/794, 975; 5/111, 218, 270, 589, 590, 606, 971
- С18, см. *Эстрогены*
- С19, см. *Андрогены*
- С21, см. *Гестагены, Кортикоиды*
- Стероиды 4/864, 219, 277, 865, 1259, 1262; 1/142, 301, 464, 465, 494, 495, 542, 659, 841; 2/11, 241, 378, 288, 606, 969, 1171; 3/227, 324, 379, 506, 571, 621, 622, 793; 5/96, 259, 557, 957. См. также *Кортикостероиды*
- алициклические спирты, см. *Стерины*
- алкалоиды, см. *Стероидные алкалоиды*
- анаболические 5/971
- гликозиды сердечные 1/1129, 1130; 2/1160; 4/576–580, 861, 862, 865, 879, 880
- гормоны, см. *Стероидные гормоны*
- желчные кислоты 2/277, 278, 605; 1/457; 3/624, 786; 4/865, 1119
- спирты 2/280, 281; 4/865
- кальциферолы, см. *Витамин D*
- кардиотонические 5/1040, 1042, 1044
- мускусные 3/293
- номенклатура 3/573
- определение 5/151, 542
- сапонины 4/576, 577–580, 860; 1/1128, 1129; 3/284, 848
- Стероли, см. *Стерины*
- Стесненное осаждение 1/1106
- Стефана уравнение 2/542
- Стефана–Больцмана закон 4/1030, 1047
- Стефена модификация 4/539
- реакция 4/865, 866; 1/201; 3/515
- Стехиометрия 4/866, 414, 721, 722, 848; 3/433, 575, 788; 5/515, 802. См. также *Нестехиометрия*
- «Стиб» 3/575. См. также *Сульма*
- Стибензол 4/945
- Стибиды 2/670
- Стибины 1/332, 333; 3/575; 4/390, 533, 943, 944
- Стибопалладинит 3/871, 1132
- Стибнды 1/331–333
- Стибнит 4/951
- Стибония соли 4/867, 945
- Стивенса перегруппировка 4/866, 867, 913; 1/237, 279, 621; 5/905
- Стигмастерин 3/49; 4/381, 859–861
- Стигмак 4/739
- Стилекс 3/1139
- Стилометры 4/779
- Стилон 3/1201
- Стилоскопы 4/779
- Стильбен(ы) 4/867, 329, 418, 423, 699, 868, 869; 1/488; 2/182, 221, 1042, 1228; 3/9, 836; 5/53, 117, 360, 442
- Стильбэстрол 5/972
- Стимуляторы лейкопоза 2/1155, 115
- роста, см. *Регуляторы роста растений*
- секретн женского молока 4/190
- сердечной деятельности 3/1155
- смоловыведения 3/826
- центральной нервной системы 2/459
- Стипидитовая кислота 5/21
- Стиптицин 2/1322
- Стиракс 4/868; 2/937
- Стирацин 2/936, 937
- β-Стирилакриловая кислота 3/965
- Стириламин 3/924
- Стириладетат 4/868
- Стириловые красители 2/114, 149, 150; 3/130–132
- Стирлинга цикл 5/603, 604
- Стирол 4/868, 869, 870; 5/813, 817
- как модификатор 1/151–153; 2/806, 807; 4/870
- комплексы с переходными металлами 3/735, 875
- материалы, см. *Стирольные материалы*
- оксид 3/731, 732; 5/122, 130
- получение 2/12, 13, 115, 665, 671, 672, 935; 3/450, 738, 740; 4/869, 1202; 5/122, 130, 980
- свойства 1/80, 309, 350, 373, 520, 528; 2/707, 1152, 1204, 1266, 1273, 1298, 1329; 3/10, 257, 444, 833, 1265, 1266, 1268; 4/39, 41, 54, 91, 301, 304, 306, 308, 418, 425; 5/126, 439, 736
- сополимеры 1/14, 15, 114, 117, 118, 163, 235, 289, 311, 420, 572, 627, 635, 645, 708, 710, 716, 719, 721, 724, 788–790, 845, 858, 884, 1002, 1149, 1273; 2/92, 93, 200, 284, 464, 516, 520, 631, 701, 704–706, 808, 1081, 1150, 1267; 3/54, 71, 116, 121, 123, 327, 646, 662, 908, 1032, 1196, 1229, 1230, 1234; 4/40, 92, 95, 305, 491, 503, 589, 613, 661, 693, 734, 766, 969, 1000, 1087, 1088; 5/122, 341, 950, 983
- Стирольные материалы
- бутадиеновые грунтовок 1/790
- вододисперсионные краски 1/788, 790
- каучуки, см. *Бутадиен-стирольные каучуки*
- Стирон 4/40, 41
- Стироль 3/1139
- Стирофлекс 3/1139
- Стифнаты 3/116, 117
- Стифинная кислота 2/186; 4/448, 1266
- Стишовит 2/832, 833, 1025, 1026
- Стокса закон 2/1221; 5/674
- критерий 4/282; 5/727
- размер частиц 4/283
- рассеяния света 2/865
- уравнение 1/447, 456, 729, 1106; 3/819, 820; 5/899
- Стокса–Эйнштейна уравнение 2/193, 199
- Стоксил 4/218
- Столбчатый токсин 4/1195; 5/1045
- Столбчатый теория 4/870, 871, 872; 1/123–125, 548, 925; 2/41, 124, 754; 3/238, 259, 1055
- Стомп 1/1027
- Стол-растворы 5/453
- Столцентные смолы 1/156, 157; 5/134
- Сторка реакция 4/872, 409, 410, 423, 424, 873; 1/160; 2/245; 3/1080
- Стохастические модели 3/193, 194
- Сточные воды 1/1123; 2/583, 731; 3/658, 789, 848, 849, 851, 855, 856, 898, 1055, 1194; 4/101, 293; 5/675
- анализ 2/291–293; 3/8; 5/497
- очистка 2/505, 731; 3/821, 822, 857–864, 898, 1169, 1170; 4/293, 613; 5/204
- «Странные» частицы 5/931, 932
- Стратосфера, состав 1/399, 400; 2/505; 5/684
- «Стрелы Амура» 4/567
- Стрептидин 1/245, 246
- Стрептокиназа 3/1098
- Стрептомицин 1/246, 247, 302, 321, 1210; 2/1277; 3/1058, 1097; 4/241; 5/417, 973
- Стрептогрин 1/321
- Стрептоциановые красители 3/128, 129
- Стрептоцид 4/901, 902
- «Стрепфорд»-газоочистка 1/901
- Стриктозинин 2/459
- Стриктозинин-синтеза 2/458
- Стрихан 2/457
- Стрихин 4/873, 391, 466, 874; 1/143, 147, 619, 671; 2/459; 3/704; 5/1051
- Стробирование 4/127, 128
- Стронга–Штёбера метод 3/255, 256
- Стронцианит 2/639; 4/874, 875, 877
- Стронций 4/874; 3/849; 5/937
- амид 1/72
- амин 1/232; 4/875
- борат 1/1078
- галогениды 4/876, 668, 835, 874, 875, 877, 878
- гидрид 4/874, 875
- гидроксид 4/874, 876, 878
- интерметаллиды 2/481; 4/875
- карбид 4/874, 875
- карбонат 4/877, 874, 875, 878; 1/467; 2/637, 639; 3/276
- металлаты 1/205, 206; 2/335, 583, 733, 1079; 3/242, 489; 4/716, 875
- метеоритный 2/963
- нитрат 4/878, 668, 875, 876, 1246; 2/1079
- нитрид 4/875
- оксид(ы) 4/878, 564, 585–587, 706, 836, 838, 874–879, 972, 974; 1/460, 461
- определение 2/710, 763, 870; 3/124; 4/876; 5/274, 335
- органические соединения 1/726; 4/173, 875, 876
- перхлорат 3/987, 988
- получение 1/986, 1019, 1022; 2/504, 1295; 3/88; 4/396, 875; 5/298, 923
- применение 1/1208; 2/1079; 3/161, 1012, 1015; 4/875, 876; 5/920
- свойства 1/460, 768, 978, 1015, 1018, 1190, 1193; 2/282, 383, 387, 504, 639, 986, 1181, 1227, 1242, 1246; 3/97, 98, 583, 871, 955, 957, 958, 972, 974, 987, 988; 4/319–321, 325, 331, 334, 337, 338, 431, 813, 874, 875; 5/332, 796, 797
- силикат 4/675, 679
- сплавы 2/260, 1147; 3/88; 4/876
- сульфаты 4/874–876, 1006, 1149
- сульфит 4/921
- титанат 4/879, 584, 585, 587, 1183; 2/222, 733
- феррит 5/163
- фосфаты 2/1226; 4/875; 5/250–253
- халькогениды 4/875, 910
- хромат 5/633
- цирконат 5/761
- Стронциновый желтый 4/875
- Строфантин 4/879, 880
- Строфантин 4/879, 880; 1/41
- К-Строфантозид 4/879, 880
- Струевая коррозия 2/948; 3/273
- Струевые методы выщелачивания 1/867
- газодинамический молекулярного пучка 3/237, 238
- кинетические 4/880, 462, 881; 2/754; 5/156
- непрерывного и остановленного потока 3/141
- релаксационные 4/462
- формования волокон 5/226, 227
- Струйные устройства 4/987–989
- газоанализаторы 1/887
- инъекционные, см. *Инъекционные устройства*
- компрессоры 2/885; 3/344
- мельницы 2/146, 356, 357; 4/139
- мешалки 3/943
- насосы 2/146; 3/342–344
- расходомеры 4/383, 385–387
- сепараторы 3/632
- тарелки 4/988, 989
- форсушки 4/346, 347
- Структура потоков в аппаратах 4/881, 260, 261, 882; 1/1105; 2/1320, 1321; 5/31
- Структурная теория, см. *Химического строения теория*
- Структурная химия 4/882; 1/1056; 2/854, 855, 1023; 3/392, 393, 395. См. также *Структурообразование*
- изомерия 2/366, 368, 369, 929; 3/345, 579; 4/1215
- формулы 3/204, 205, 785; 5/237, 238
- Структурный анализ 4/882, 829, 883, 884; 2/189–191, 1068, 1069; 3/794; 5/171, 226, 497, 874
- групповой 1/292; 3/458, 794–798; 5/497
- дифракционный, см. *Нейтронграфия, Рентгеновские методы анализа, Электронография*
- спектральный, см. *Колебательные спектры, Масс-спектрометрия, Спектроскопия*
- тунельная сканирующая микроскопия, см. *Микроскопия*
- Структурообразование (структурирование) в дисперсных системах 4/884, 20, 885–888, 952; 2/152–156, 332, 338–340, 1182; 3/1167
- в катализаторах 4/193
- в полимерах, см. *Полимеры*
- в порошках 4/138
- в суспензиях 4/951, 952
- в твердых растворах 4/1005
- и коагуляция 2/816
- и реология 4/489–492
- матричный эффект 2/1326
- почв 1/119; 2/861, 1175; 3/1169, 1195; 4/20
- пространственно-временное, см. *Самоорганизация*
- Стуерон 4/773, 774
- Студия 4/887, 888, 889; 3/1088
- Стюдента критерий 3/138, 638–640, 644, 1108
- Стюарта модели 3/228
- Стюарта–Бриггса модели 3/228, 229
- «Стягивающий» эффект лигандов 2/796
- Суанит 1/587
- Субвулканические горные породы 4/561

- Субераи 5/720  
 Субериновая кислота 1/989; 4/527  
 Сублимация 4/889, 265, 890–893, 966, 1021, 1034, 1057, 1223; 1/924; 2/57, 151, 152, 223, 540, 765, 788, 833, 834, 916, 1044, 1045, 1299, 1300; 3/226, 994, 1000; 5/15, 77, 102, 148–152, 332, 535, 536, 605, 755, 756, 904  
 Субмикронализ 2/856  
 Субмикроскопическое состояние 5/176  
 Субстантивные красители 4/255, 256. См. также *Прямые красители*  
 Субстехиометрический метод анализа 2/382  
 Субстраты 2/363, 421, 422; 4/419, 582, 622, 623  
 в химических реакциях 2/241, 242, 433, 434, 524, 525, 640, 849, 850; 3/24, 25, 624, 625, 668–671, 698; 4/414–416, 605, 606, 853–856  
 и адгезия 1/35–37  
 и конформации молекул 2/914  
 и коферменты 2/967–970  
 и красители 2/977, 978  
 как регуляторы ферментов 1/43, 555, 558, 1111; 2/463, 630, 690, 877; 3/211, 225, 625; 4/430, 431; 5/152–157  
 кооперативность связывания 5/153, 155  
 плазма, см. *Фибрин*  
 структурные вариации, корреляция 2/940–942  
 эффект всаливания 3/25  
 Субсуперэквивалентный метод анализа 2/382  
 Субтилизины 4/893, 217, 894; 1/472; 5/159  
 Субтилин 3/472  
 Субтрактивная номенклатура 3/574  
 Субтрактивное цветовоспроизведение 5/324  
 Субхиральность 5/18  
 Суатрол 4/541  
 Сукио 2/324; 3/438  
 Суковальные глины 1/1141; 3/837, 838  
 Сукцимер 2/175  
 Сукцинат, метаболизм 3/613, 617–620, 622, 623; 4/1259–1262  
 Сукцинатдегидрогеназа 4/894, 523, 1261; 2/968, 1152  
 Сукцинатубихинонредуктаза 5/34  
 Сукцинаты 4/894, 543, 929; 5/792, 967, 1058  
 N-Сукцинил-3,5-дихлоранилин 4/895  
 Сукцинилкофермент А 1/609; 2/970; 4/1259–1261  
 Сукцинилкофермент А-синтетазы 4/1261  
 Сукцинилполуальдегид 3/617–620  
 Сукцинилхлорид 5/1058  
 Сукцинимид 4/894, 174, 895; 1/139, 874, 952; 2/417; 3/277, 1080; 5/1058, 1059  
 Сукционирование 5/1058  
 Сукционитрил 5/710, 1058  
 Сулема 1/191, 338, 429, 596; 2/18; 3/763, 1044, 1045; 4/549; 5/32. См. также *Ртуть, галогениды*  
 Сульфурон 2/474  
 Сульфпрофос 2/472  
 Сульгин 4/901, 902  
 Сульконозол 4/228, 229  
 Сульпирид 3/398, 399  
 Сультамы 4/896, 899  
 Сультины 4/896  
 Сультоны 4/895, 896, 918, 923, 928, 930, 1103; 3/980; 5/278, 668  
 «Сульф» 3/575. См. также *Сера*  
 Сульфадимезин 4/901, 902  
 Сульфадиметоксин 4/901, 902; 5/708  
 Сульфазонизол 2/381  
 Сульфален 4/901, 902  
 Сульфаматы 1/975, 977; 4/900  
 Сульфамидоксазол 4/901, 902  
 Сульфаниды 4/896, 595, 897–902; 1/242; 2/402, 405; 3/102, 386, 530, 795, 1051, 1165. См. также *Бензолсульфаниды, Сульфаниламидные препараты, Толуолсульфаниды*  
 Сульфаниновая кислота 4/900, 906, 907, 917; 1/333; 3/280; 5/21, 200. См. также *Сульфаматы*  
 Сульфамонилбензамиды 3/398  
 Сульфамонилхлорид 4/900  
 Сульфамонильная группа 3/398, 900, 901  
 Сульфамометоксин 4/901, 902; 5/708  
 Сульфанил 5/554  
 Сульфаниламидные препараты 4/901, 231, 634, 695, 902, 924; 1/241, 242, 425, 453, 515, 751; 2/114, 449, 1156, 1160; 3/470, 565, 567; 5/216  
 2-Сульфаниламидотиазол 4/1118  
 Сульфаниламиды 4/901; 5/111, 426  
 Сульфаниламочевина 4/901, 902  
 Сульфаниловая кислота 1/94, 241, 251, 254, 306, 311, 1123; 3/697; 4/231, 394, 448, 901, 902, 935; 5/125. См. также *Сульфаниламидные препараты*  
 Сульфанилтриазены 1/515  
 Сульфанол 4/285, 726  
 Сульфаны 4/902, 632, 903; 2/783  
 Сульфациридазин 4/901, 902  
 Сульфатазы 3/287  
 Сульфатвосстанавливающие бактерии 1/549, 770  
 6-Сульфат- $\alpha$ -L-галактопираноза 1/32  
 Сульфатизол 1/85  
 Сульфатирование (сульфатизация) 2/340; 4/435, 906, 907, 917, 974, 1020, 1174  
 «Сульфатное» дыхание 2/240  
 Сульфатные воды 3/170  
 Сульфатные материалы  
 лигнин 2/1174  
 мыло 4/903, 904, 976; 2/1164, 1165  
 растворитель 4/714  
 скипидар 4/714  
 стекло 4/842  
 шлох 4/903, 904; 2/1164, 1174; 3/362; 5/664, 665  
 Сульфатные процессы  
 варка целлюлозы 3/362, 363; 4/903; 5/664, 665  
 обжиг 3/1068  
 получение соляной кислоты 4/755  
 Сульфатон 4/902  
 Сульфатофосфаты 5/253  
 Сульфатоцирконаты 5/761  
 Сульфаты  
 неорганические 4/904, 471, 482, 527, 617, 630, 634, 644, 658, 910, 911, 920, 1006, 1149, 1182; 1/669, 974–977, 985; 2/545, 582, 664, 710; 3/3, 166, 623, 624, 974, 1000, 1068; 5/207, 274. См. также *Барит, Гипс, Квасцы, Купоросы, Мирабилит*, соединения отдельных химических элементов  
 органические 4/904, 634, 905–908, 922, 1166; 1/51; 3/608, 1164, 1167; 5/667, 668. См. также *Диметилсульфат, Метилсерная кислота*  
 Сульфацинокальций 5/523  
 Сульфацирильная группа 4/1136; 5/207  
 Сульфен 5/791  
 Сульфенамиды 1/630, 634, 636, 719, 846, 963; 2/377; 3/62; 4/899, 908, 1134; 5/799  
 Сульфенилгалогениды 1/963; 4/43, 908, 914, 916, 932, 938, 1134, 1152  
 Сульфенилирование 4/914, 1151; 5/1  
 $\beta$ -Сульфенилоксиды 4/272  
 Сульфенилтиоцианаты 4/908  
 Сульфенилтианиды 4/932  
 Сульфеновые кислоты 4/908, 634, 909, 914, 925, 926  
 Сульфены 3/102; 4/634, 934, 937  
 Сульфидирование 2/571, 840; 3/363  
 Сульфиды  
 дипроизводные, см. *Дисульфиды*  
 как дыхательные яды 2/242  
 неорганические 4/909, 141, 142, 471, 482, 549, 560, 561, 630, 632, 634–637, 644–646, 651, 654, 909–911, 914, 981, 1005, 1022, 1124, 1141; 1/111, 554, 1095, 1162, 1191, 1193; 2/272, 340, 499, 670, 709, 710, 734, 735, 796, 840, 1061, 1153; 3/75, 76, 165, 166, 363, 774–776, 1000, 1003, 1055; 5/162, 206, 207, 860. См. также *Гидросульфиды, Пирит, Полисульфиды, Халькогениды, Штейны*, индивидуальные соединения химических элементов  
 номенклатура 3/573, 575, 576  
 органические 4/911, 172, 634, 815, 817, 912–915, 924–926, 931, 933, 934, 938, 1134, 1152, 1166; 1/1193; 2/76, 119, 120, 325, 697; 3/350, 463, 653, 763, 785, 797; 5/429, 991. См. также *Тиоцифры*  
 Сульфиды 2/173  
 Сульфиды 4/634, 925, 938  
 Сульфиды 4/899, 915  
 Сульфидаты 4/43, 915, 933, 934, 1137; 5/569  
 Сульфидил 3/577  
 Сульфидиламины 3/1037; 4/634  
 Сульфидилгалогениды 4/915, 1142, 1143  
 Сульфидилины 4/915  
 Сульфидилкарбанионы 4/925  
 Сульфидирование 4/916, 917  
 Сульфидиновые кислоты 4/915, 43, 553, 634, 896, 899, 908, 909, 916, 917, 923, 934, 937, 938, 1151, 1152, 1205; 1/496, 1069; 2/170; 3/1037; 5/569  
 «Сульфинол»-газоочистка 1/932  
 Сульфирование 4/917, 66, 81, 648, 740, 917–919, 923, 924, 928, 1055, 1201; 2/90, 360, 456, 1136; 3/91, 371–376, 387, 547, 565, 1046, 1054; 5/25, 132, 133, 141, 428. См. также *Сульфидирование, Сульфаты органические*  
 гетеролитическое 1/1060  
 и алкилирование, см. *Сульфоалкилирование*  
 н окисление, см. *Сульфоокисление*  
 и хлорирование, см. *Сульфохлорирование*  
 н этерификация, см. *Сульфозетерификация*  
 как полимераналогичное превращение 2/701  
 как электрофильное замещение 2/314, 441; 3/28, 526  
 каталитическое 3/252  
 контроль 2/210  
 Сульфирование высшие жирные кислоты 4/919, 920  
 Сульфироил-8 1/161  
 Сульфитные материалы  
 барды 1/1187; 2/1174, 1319; 3/894; 4/920; 5/670  
 скипидар 4/714; 5/746  
 целлюлоза 4/165, 920  
 шлох 4/920, 921; 1/680; 2/232, 1164, 1175; 5/665, 794, 995  
 Сульфиты  
 неорганические 4/920, 471, 482, 633, 656, 657, 921; 1/31, 1147, 1148; 2/499, 1271; 3/1088, 1089; 5/961, 1012. См. также индивиду-

альные соединения химических элементов  
 органические 4/921, 634, 922, 963, 964; 3/1167

Сульфоалкилирование 3/1118; 4/905, 919

Сульфо-2-аминобензойные кислоты 1/80

Сульфоацетаты 3/1164

N-(3-Сульфобензил)-N-этил-п-фенилендиамин 4/1116

Сульфобензойные кислоты 4/581, 923, 936, 1145, 1204

Сульфобетаны 3/1167

Сульфогалогениды 2/137; 4/923. См. также *Сульфониалгалогениды, Сульфоалхлориды*

Сульфогидроксамовая кислота 4/924

Сульфогруппа 2/41, 770; 3/569; 4/917, 923

3-O-(6-Сульфо-6-дезоксид- $\alpha$ -D-глюкопиранозил)-1,2-сп-глицерин 1/1130, 1131

Сульфодимиды 4/634

Сульфокарбонные кислоты 3/1169

5-Сульфоэзофталевая кислота 2/396

Сульфокарбонные кислоты 3/1164; 4/699, 927, 929

Сульфокатониты 1/650; 2/518, 519, 1172; 3/128

Сульфоокислоты 4/923, 924; 2/701; 3/833; 5/10, 305, 825

алифатические 2/71, 170; 3/101, 102, 1164; 4/343, 669, 699, 895, 896, 899, 908, 915, 918, 923, 924, 927–929, 938, 1137, 1166; 5/794

амиды 5/129, 557, 558. См. также *Сульфамиды*

ангидриды 2/630; 3/980; 4/43, 899, 923

ароматические 1/79, 368, 373, 515–517; 2/41, 79, 81, 977, 978; 3/116, 127, 374–376, 385–388, 522; 4/916, 923, 924, 1091, 1099, 1204, 1205; 5/142

галогенангидриды, см. *Сульфогалогениды*

гидроксиформы, см. *Гидроксисульфоокислоты*

как катализаторы 2/645

соли, см. *Анионные поверхностно-активные вещества*

тиопроизводные, см. *Тиосульфоокислоты*

эфир, см. *Сультоны, Сульфонаты*

Сульфокарбонаты 4/924, 272, 359, 372, 634, 635, 908, 909, 912, 915, 925, 926, 931–934, 938, 1137, 1143, 1152, 1153, 1158, 1167, 1168; 1/506, 952, 1162; 2/89, 120, 533; 3/721, 1037; 5/825, 860

Сульфокарбонная кислота 2/1096

Сульфокарбониды 4/634, 925

Сульфокарбония соединения 3/1164; 4/930–932

Сульфолаи 4/926, 44, 67, 927, 933, 934; 2/105, 686; 3/524, 528, 558, 580

Сульфоаландитиокарбаматы 4/926

Сульфолены 4/926, 927, 934; 2/376; 5/738

Сульфолигнин 3/327; 5/995, 996

п-Сульфометиламинобензальдегид 4/1149

Сульфометопиразин 4/901, 902

Сульфометуронметил 4/932

Сульфонамиды 2/402; 3/795; 4/595, 896–901. См. также *Сульфамиды*

Сульфонаты 4/927, 173, 175, 923, 928–930, 1166; 1/517, 862; 2/304, 436; 3/185, 277, 285, 602, 603, 1233; 5/372, 449, 532. См. также *Анионные поверхностно-активные вещества*

Сульфофталдинкарбонные кислоты 3/373

- Сульфонафтеновые кислоты 5/134  
 Сульфонафталазорезорин 1/936  
 Сульфониевые соединения 4/930, 634, 867, 912, 913, 931, 932, 938, 1128, 1180, 1181; 2/119, 173, 698; 3/1037, 1091, 1164  
 Сульфонил 3/577  
 Сульфонилазиды 4/899  
 Сульфониламиды 3/1164; 4/896–900  
 Сульфониламиды 3/1022; 4/634, 899  
 Сульфониалогениды 1/492, 493; 2/1085; 4/912, 916, 918, 934, 937–940, 1137. См. также Сульфогалогениды, Сульфохлориды  
 Сульфонилгидразиды 1/1069; 3/908; 4/133, 134  
 Сульфонилгидразоны 1/658  
 О-Сульфонилгидроксиламы 2/74  
 3,3'-Сульфонилдипбензолсульфонилгидразид 1/1069  
 Сульфонилизоцианаты 2/401, 402, 405; 4/898  
 Сульфонилимины 4/898  
 Сульфонилирование 4/899, 900  
 Сульфонилкарбаиноны 4/933  
 β,γ-Сульфонилкарбоновые кислоты 4/916  
 Сульфонилмочевины 4/932; 1/327, 330; 5/769  
 Сульфонилфенилэтиламины 3/1022  
 Сульфонирирование 4/917–919  
 Сульфоновые кислоты 1/435, 496, 951; 2/1149; 3/573, 795; 4/471, 553, 934, 1151. См. также Сульфокислоты  
 Сульфонолы 1/158, 159; 2/18, 1319; 5/25  
 Сульфонолы 4/932, 234, 343, 344, 471, 634, 635, 651, 912, 915, 916, 933–935, 937, 1120, 1121, 1143, 1151, 1158; 1/225, 952, 1129; 2/89, 99, 533; 3/180, 350, 1031; 5/443, 569, 745. См. также Сульфалан, Сульфалены  
 Сульфокисление 3/101, 346; 4/293, 657, 907, 918, 924  
 Сульфорицианаты 4/919  
 Сульфородамины 2/776, 1083  
 Сульфосалициловая кислота 4/935, 396, 397; 2/273, 452; 3/696; 5/719, 801  
 Сульфосоли, минералы 3/166  
 Сульфосульфиды 4/699; 5/207  
 Сульфосульфидная кислота 2/9; 4/1127  
 Сульфосурид 4/935  
 Сульфосарен 4/925  
 Сульфосеинилкарбоновые кислоты 3/1169  
 Сульфосфрезол 4/725  
 «Сульфосфрен»-газоочистка 1/902  
 Сульфоталевые кислоты 5/377  
 Сульфоталены 4/935, 936; 1/368; 5/379  
 Сульфохинизарины 5/521  
 6-Сульфохиновоксидацилглицерин 3/49  
 Сульфохлориды 4/937, 899, 900, 923, 924, 930, 938, 1151, 1166, 1204–1206; 1/515–517; 3/102, 103, 521, 676  
 Сульфохлорирование 2/464, 755; 3/101, 346, 1264; 4/293, 310, 657, 918, 940, 1111, 1142  
 Сульфохлорфенолазороданин 4/530, 531  
 Сульфохлорфенолазотиопропориданин 4/531  
 Сульфохром 4/936  
 Сульфонианды 4/1166  
 Сульфозетерификация 4/917  
 Сульфозоксилаты 1/161; 3/1163, 1164, 1170; 5/780  
 Сульфозфирбетаны 3/1167  
 Сульфозфиры 4/919. См. также Сульфонаты  
 Сульфюртарная кислота 3/1164; 4/929  
 Сульфураны 4/938, 634, 939; 3/577  
 Сульфурил 3/577  
 Сульфурилгалогениды 4/939, 277, 358, 655, 657, 659, 907, 925, 926, 938–940, 1122, 1161, 1203–1205; 1/155, 418, 435, 963, 981, 1005; 2/78, 134, 136, 170, 171, 179, 456, 629, 745, 838; 3/119, 346, 387, 538, 580; 5/129, 278, 295, 565, 568, 569, 586, 607, 708, 729, 791, 995  
 Сульфурилхлорид, см. Сульфурингалогениды  
 Сумилит 3/1139  
 Суммарная чистота веществ 3/834  
 Суперинавр 2/261, 262  
 Супериники 5/861  
 Суперкислоты, см. Сверхкислоты  
 Суперлон 4/28  
 Суперменюры 2/827  
 «Супернапалмы» 3/326  
 Супероксиддисмутазы 4/940; 2/526, 661; 3/652  
 Супероксиды 2/525, 526, 530, 569, 660, 661, 666, 767; 3/652, 658, 971, 973–975, 988; 4/940. См. также Натрий супероксид  
 Суперпермаллон 2/1241  
 Суперпластификаторы 1/545; 3/1118  
 Суперпозиции принцип Больцама 4/485  
 температурно-временной (частотной) 4/488  
 Суперсенсбилизация 4/626  
 Суперферриты 2/947  
 Суперфос 4/940–942  
 Суперфосфаты 4/940; 1/286; 2/498, 870; 3/250; 5/305, 306  
 борные 1/587  
 двойной 1/587; 2/590, 829; 3/4, 172; 4/940–942; 5/306, 756  
 марганцевые 2/1293  
 простой 2/590, 1006; 3/172; 4/650, 941, 942; 5/297, 756  
 Суперфосфорная кислота  
 Супераповерхностные реакции 1/841–843; 2/127–129, 247; 5/442  
 Сурамии 4/225  
 Суриепное масло 4/377–381  
 Сурик 2/354; 5/371  
 железный 2/269, 268, 273, 1296; 1/19; 3/991, 1011, 1012  
 свиновый 1/563; 2/322; 3/1012; 4/591, 600, 838  
 Сульфактин 2/1195, 1196  
 Сурыма 4/942; 3/575, 1194; 5/936, 938  
 амальгамы 1/223  
 взрывчатая 4/942  
 галогениды 4/947, 177, 284, 545, 619, 655, 672, 713, 914, 943–946, 948, 949, 951, 1105, 1106; 1/34, 529, 530, 566, 569, 582, 612, 613, 665, 953, 956, 995, 996; 2/137, 179, 192, 203, 495, 497, 525, 628, 641, 697, 770, 779, 780, 783, 812, 1037, 1043, 1170; 3/12, 111, 124, 125, 307, 346, 512, 534, 560, 772, 938, 1024, 1247; 5/16, 141, 367, 388, 391, 548, 860, 971  
 гидрид 1/332, 333, 592, 1079; 4/943, 944. См. также Стибины  
 гидроксид 2/1079; 4/943, 949  
 желтая 4/942  
 интерметаллиды 2/481; 4/943  
 кислоты 2/25; 4/943, 944, 948  
 металлаты 3/307; 4/943, 944  
 оксиды 4/948, 837, 838, 893, 942–947, 949, 950; 1/335; 2/504; 3/134, 646, 775, 908, 1221, 1258; 5/862, 915  
 определение 1/336, 615, 617, 670, 739, 1060, 1120; 2/84, 499, 709, 1057, 1104, 1219, 1224; 3/169, 969, 1058; 4/396, 944, 945, 1126; 5/127, 431, 637, 719  
 получение 1/977; 3/13, 412, 1000, 1001; 4/593, 944, 947, 948, 951; 5/205, 651, 749, 854  
 применение 2/672, 680, 1225, 1226; 3/134; 4/103, 105, 106, 115, 155, 835, 945; 5/669  
 самородная 4/942  
 свойства 1/1015; 2/1042, 1089, 1090, 1153, 1205; 3/96, 98, 126, 305, 348, 403, 955, 958, 1092, 1093; 4/102, 550, 584, 591, 593, 594, 813, 942–944, 1005; 5/655–657  
 соединения диоксигенильные 2/137  
 – оиевые 3/765, 971  
 – органические 4/945, 501, 943, 944, 946, 947; 1/958, 965; 2/137, 1083; 3/81, 432, 978  
 – полимерные 3/419  
 сплавы 1/332, 1032; 2/1332; 3/753, 754, 758; 4/594, 601, 602, 809  
 стибиниды, см. Антимониды  
 сульфаты 2/709; 4/943  
 халькогениды 4/949, 617–619, 630, 637, 943–945, 948–951, 972, 1023, 1024; 1/119; 5/704  
 цианид 5/702  
 черная 4/942  
 Сурымяная кислота 4/943, 948  
 Сурымянистый водород 1/332, 333. См. также Стибины  
 Сурымяно-кремниевая кислота 4/944  
 Сурымяно-фосфорная кислота 4/944  
 Сурымяное золото 3/755  
 Сусло 1/1102  
 Суспензии 4/951, 952, 953; 1/1106; 2/145, 146, 148, 149, 153; 5/204, 871  
 водно-угольные 1/769, 205, 770; 2/112  
 аязкость 1/872  
 гидрофобное взаимодействие 1/1111  
 и эрозивная коррозия 2/956  
 искусственная пища 2/539  
 как клеи 2/799–801  
 как среды, см. Обогащение полезных ископаемых, Суспензионные реакции  
 коагуляция 2/816  
 красящая вещество, см. Дисперсные красители, Краски, Пигменты, Эмали  
 литейные шликеры 2/735  
 механическая обработка 3/147  
 обезвоживание 2/491  
 осаждение 3/819–822  
 перемешивание 2/491  
 полимерные 5/950, 951  
 разделение, см. Классификация, Фильтрация, Центрифугирование  
 реология 4/489–492  
 светочувствительные, см. Фотографические эмульсии  
 густение 2/491, 492; 3/637, 819–822  
 стабилизация 4/38, 397; 5/39  
 токопроводящие, см. Суспензионный электрод  
 углемастные смесн 5/40, 41; 1/205, 1087–1089  
 Суспензионные реакции  
 поликонденсация 3/21  
 полимеризация 4/953, 21, 40, 41; 3/978, 1198, 1233, 1266; 5/950, 951  
 сополимеризация 2/520; 3/192  
 Суспензионный электрод 4/953  
 Сутаны 1/330, 1030  
 Суффиксы 1/1029  
 «Сухарные» глины 1/1141  
 Сухие продукты  
 горючие газы 1/928, 930; 2/680, 682  
 «лед» 5/44  
 лнтган 1/1100  
 скипидар 4/714  
 «спирт» 1/990  
 Сухие процессы  
 газоочистка 1/898, 902, 931  
 измерение 2/351, 358  
 коррозия 1/400, 401  
 перегонка древесины, см. Пирролиз древесины  
 – натурального каучука 2/708  
 – рогов и копыт 3/108  
 тукоsmешение 2/870  
 тушение кокса 2/841, 842, 847  
 Сушилки, см. Сушка  
 Сушка 4/953, 264, 893, 941, 953–967; 1/708, 1105; 2/339, 669, 674, 870, 1131, 1132, 1299, 1300, 1307; 3/637, 1060; 5/457, 808, 809  
 Сфалерит 2/334, 370, 443, 551, 832, 1056; 3/165, 167, 777; 4/109, 500, 546, 618, 630, 911, 972, 1005, 1023; 5/746, 754, 755  
 Сфен 1/359; 4/434, 1172  
 Сфероидальное состояние жидкости 2/762  
 Сферокобальтит 2/819, 824  
 Сферолиты 2/1061, 1267; 3/166; 4/663  
 Сферофизии 2/1321  
 Сфинганин 4/968  
 4-Сфинганин 4/968; 5/693  
 Сфинголипидофосфолипиды 5/274  
 Сфингозил-β-галактозил 5/693  
 Сфингозины(ы) 1/1137; 2/1188, 1190, 1191; 4/968; 5/692, 693  
 Сфинголипиды 4/967, 968; 2/1188; 3/699  
 гликопроизводные, см. Гликоцифинголипиды  
 сфингомелины 4/968, 379, 969, 1189–1191; 3/48, 49, 51  
 фосфопродуцированные, см. Фосфоцифинголипиды  
 керамида 5/692, 315, 693; 1/979, 980, 1137, 1140; 2/1190, 1191; 4/968  
 цереброзиды 5/693, 692; 1/1137; 2/1189–1191; 3/49  
 Сфингомелиназа 4/968, 969  
 Сфингомелины 4/968, 379, 969, 1189–1191; 3/48, 49, 51; 5/314, 315, 591, 692  
 Сфингофосфолипиды 5/274  
 Сфингозатанолины 5/314  
 Схватывающие клеи 2/808  
 Схема(ы)  
 валентные, метод 1/665–667; 2/831  
 Линдемана 3/257, 258  
 ЛЭПС 3/1178  
 Маркуса–Райса 3/258  
 Метрополиса 3/214, 215  
 Фрумкина–Мелик-Гайказяна 5/919  
 Сходимость результатов анализа 3/136  
 Сцепление генов 1/1009  
 Цианооповая кислота 4/740  
 Цицларда–Чалмерса эффект 5/1016  
 Цицларен А 3/1075  
 Цицларозид 2/341  
 Цицмол 2/281  
 Сцинтилляционные приборы 1/978; 2/221, 583, 1228, 1314; 3/675, 679, 1040; 4/329, 330, 335, 339, 480, 868, 877, 975; 5/5, 213, 658  
 Счетная концентрация, см. Аэрозоли  
 Счетчики  
 Гейгера–Мюллера 1/978; 2/220; 4/329, 330, 1111  
 Культера 2/148  
 люминесцентные 4/877  
 пропорциональные 4/329  
 расколломеры 4/383  
 сцинтилляторы, см. Сцинтилляционные приборы  
 фотоэлектрические 4/280, 281

- Сшивающие агенты 4/969, 443–445, 662, 1088, 1200; 1/646, 647, 859; 2/422, 520, 706, 1080, 1267, 1268, 1276; 3/27, 69, 146; 5/122, 340, 708, 989. См. также *Вулканизация*
- Сшитые полимеры, см. *Сетчатые полимеры*
- Сыворотка крови 1/191, 192, 1138, 1153, 1174; 2/20, 110, 426, 427, 874–876; 5/1036
- Сыпучие материалы
- виробработка, см. *Вибрационная техника*
- высушивание, см. *Сушка*
- дозирование, см. *Дозаторы, Уровнемеры*
- и механические нагрузки, см. *Механические свойства материалов*
- крупность, см. *Гранулометрический состав материалов, Ситовой анализ*
- минеральное сырье, см. *Обжи, Обогащение полезных ископаемых*
- плотность 3/1145. См. также *Плотномеры*
- подача к агрегатам, см. *Питатели, Пневмо- и гидротранспорт*
- помол, см. *Дробление, Измельчение порошковые, см. Порошки*
- придание формы, см. *Гранулирование, Капсулирование, Таблетирование*
- проботбор и пробоподготовка 4/180
- псевдооживление 4/258–266
- разделение, см. *Классификация*
- сегрегация 4/735
- смешение, см. *Смешение твердых сыпучих материалов*
- Сырой бензол 4/969, 753, 1115, 1158, 1202; 1/513, 878; 2/593, 842, 845, 847, 1004, 1005, 1041, 1044, 1101; 3/27
- Сысертскит 2/535; 3/823; 4/562
- Сычужный фермент 5/517, 518
- Сэндвичевые соединения 1/364, 365; 2/1035, 1147; 3/949; 4/122, 976, 1201; 5/383, 467, 635, 636, 721, 734, 735. См. также *Металлоцены, Ферроцен*
- Т**
- 2,4,5-Т 1/1028; 5/585–587
- Табак 1/644, 1135; 2/85, 212, 606; 3/1080
- Табатрекс 4/494
- Таблетирование 4/970, 542, 971; 1/1188; 2/667, 670; 3/144
- Табун 4/971, 972; 3/843, 844, 846
- Тавор 4/1225
- D-Тагатаза 2/1211; 3/264, 615, 616
- D-Тагатурион 3/615, 616
- Тазепам 4/1224, 1225
- Тайдекс 4/83, 84
- Тайнолит 4/723
- Тайпотоксин (тайпоксин) 4/1194, 1195; 5/1035, 1046
- Тайрон 4/972; 2/451
- Такрин 1/346
- Таксономы 4/1026
- Тактик 1/107
- Тактичность макромолекул 4/849–852
- «Талейхиновая» реакция 5/522
- Талентит 2/544, 546
- Таликарпин 2/400
- Таликтуберин 2/398, 399
- Талин 3/1090
- Таллаты 4/669, 973, 974
- Таллий 4/972, 431; 5/937, 938
- амальгама 1/222, 223; 4/975; 5/840
- бораты 1/581; 4/618
- борид 1/583, 584
- галогениды 1/1114; 2/709; 3/774–776; 4/627, 820, 973–976, 979, 981–983, 986; 5/16, 391
- германиевый цеолит 1/1034
- гидроксид 4/973, 974, 976, 981; 5/796
- интерметалллы 1/331; 2/481, 1201; 3/348; 4/972, 985
- карбиды 1/815, 820; 4/586
- карбонат 2/636, 637; 4/973, 975
- металлаты 1/821; 2/335; 3/241; 4/466, 975, 1112; 5/630
- нитраты 2/388, 647; 4/975
- нитрид 4/982
- оксиды 3/334; 4/584–587, 972–975; 5/983
- определение 1/670; 2/84, 442, 519, 709, 1057, 1090, 1219; 3/124, 169, 969, 1044; 4/935, 975; 5/335
- органические соединения 4/975, 273, 976, 986; 1/166, 167, 169; 2/174, 497, 872, 1083, 1085, 1148; 3/81, 92, 432, 478, 874, 978; 5/83, 165, 879
- получение 1/468, 869, 1103, 1104; 2/87, 553, 1042; 3/413, 820, 974, 975; 5/746, 750
- применение 1/1063; 2/220, 1226, 1227; 3/71, 776; 4/106, 108, 115, 975; 5/920
- свойства 1/1018, 1159, 1215; 2/384, 388, 1181; 3/165, 255, 955, 958, 1053; 4/152, 323–325, 349, 813, 972–974
- силицид 4/982, 983, 985
- сплавы 1/819, 1063; 3/753; 5/80, 753
- сульфаты 2/341; 4/1149
- фосфаты 5/252
- фосфид 4/973
- халькогениды 4/584, 618, 619, 910, 973–975, 1023
- хлорат 5/559
- Талловые продукты
- канифоль 2/602, 1165
- масло 4/976, 153, 669, 726, 739, 741, 866, 903, 977; 2/228, 312, 602, 1164, 1165; 5/951
- пек 2/1165; 4/977
- D-Талога 3/264
- Тальк 4/977, 51, 92, 673, 677, 678, 978, 1007, 1116; 1/262, 563, 774, 807, 1035, 1208; 2/126, 330, 562, 733, 806, 1241, 1296, 1319; 3/165, 166, 328, 646, 805, 895, 991–993, 1197, 1265; 5/113, 208
- Талькиты 4/978
- Тальпа 3/1139
- Тальюм 5/672
- Тамма-Удина метод 3/1161
- Танабе-Сугано диаграммы 2/1059
- Тангенс(ы)
- метод кинетического анализа 2/757
- угла диэлектрических потерь 2/207–210
- Тангенциальный азеотроп 1/67
- Тангстен 1/815
- Тандемная масс-спектрометрия 2/1252, 1317
- Таннины 4/978, 979
- Танинацилгидролазы 4/979
- Танины 4/978, 979, 982, 1128; 1/674, 940; 2/235, 236, 977, 994, 1165, 1180; 3/126, 127, 492, 693, 1089; 5/135, 140, 515, 1052
- Тантал 4/979; 3/490, 1068, 1069; 5/938
- арсениды 4/981
- бориды 4/981
- галогениды 4/982, 980, 983, 984; 1/970; 2/926, 927, 933, 1037; 3/751; 5/555, 735
- гидриды 4/980
- гидроксид 4/981
- карбиды 2/260, 624, 625, 736; 3/493, 1093; 4/980, 982, 984, 1008, 1009
- металлаты 3/489, 617
- нитриды 3/509; 4/980, 981
- оксиды 4/983, 838, 979–982, 984, 985; 2/709, 1208
- определение 1/120, 468; 2/84, 709, 710, 731, 1104; 3/272, 1044; 4/982; 5/128
- перхлорат 3/990
- питтинги 3/1087
- получение 1/869; 3/88, 349, 492, 1069, 1070, 1077, 1193; 4/139, 142, 561, 567, 981, 983, 984, 1165; 5/833, 923
- применение 2/51; 3/71, 87, 403; 4/835, 982, 1010; 5/730
- свойства 1/1015, 1018, 1170; 2/1283; 3/74, 487, 955, 958; 959, 1093; 4/431, 434, 574, 584, 723, 813, 979–981, 983, 1009
- силициды 4/684, 981
- соединения комплексные 1/364, 365; 2/621, 622, 1083, 1170; 3/975
- органические 4/985, 931, 986; 1/433
- сплавы 4/984, 685, 708, 809, 982, 985, 1008, 1009, 1180; 1/987; 2/260, 548, 625; 3/88, 249, 483, 498, 754; 5/618
- сульфаты 4/981
- сульфиды 4/981
- тиоцианат 4/1165
- фосфиды 4/981; 5/256
- Танталаты 4/985, 575, 981, 984; 3/777
- Танталит 3/490, 491; 4/464
- Танталовые кислоты 4/981, 984, 985
- Танталониобаты 1/1018; 4/979; 5/73
- Тара полимерная 3/1138, 1234
- Тарелки 4/986–990
- как насадки 4/277
- кпл 4/455
- ректификационные 4/455, 457–461
- теоретические 2/164, 165, 295, 1306, 1307; 4/453, 454; 5/625
- Тарельчатые аппараты 4/986, 452, 987–990; 2/1306, 1307; 3/193, 196. См. также *Тарелки*
- грануляторы 1/1187
- насадочные 3/339; 4/990
- питатели 3/1083, 1085
- пульсационные 4/271
- фильтры 5/188, 189, 193, 194
- экстракторы 5/831
- Тартраты 1/726; 3/1088; 5/431, 719
- Тартроновая кислота 1/1146
- Тауратин 3/1090
- Таураты 4/699
- Тауриды 4/990, 929
- Таурин 1/251; 2/278; 3/63, 619, 620; 4/923; 5/768
- Таурохолевая кислота 2/278
- Таутомеризация 4/990, 991; 5/359, 360
- Таутомерия 4/990, 146, 267, 273, 302, 303, 416, 530, 555, 751, 936, 991–993, 1099, 1100, 1133, 1134, 1147, 1148, 1251; 1/89, 358, 455, 497, 524, 533, 1113, 1129; 2/70, 105, 106, 112, 122, 244, 247, 248, 346, 359, 368, 369, 412, 413, 437, 438, 454, 742, 783, 862, 1084; 3/28, 265–269, 279, 280, 310, 384, 537, 539, 542, 550, 597, 598, 684, 705, 749, 786, 1033, 1035, 1051; 5/37, 38, 219, 267, 278, 308, 375, 432, 535
- амино-смаминная 4/992
- анионотропная 4/991
- ацилотропная 4/991
- валентная 4/993
- вырожденная 4/416
- и молекулярные графы 1/1198
- и полимеризация 4/1215, 1216
- ими-ениминная 2/421
- ими-ниминная 2/421
- кажущаяся, см. *Псевдоовершение*
- катиотропная 4/991
- кето-енольная 1/455, 1216; 2/247, 364, 741; 3/688; 4/991, 992, 1269; 5/84, 943, 1030
- кольчато-цепная 3/28; 4/267, 992, 993, 1144
- лактим-лактимная (лактим-лактимная) 4/455; 4/992; 5/84
- металлотропная 4/991
- молекулярно-ионная 1/784
- прототропная 1/174, 181, 746; 2/411, 421; 3/62, 549, 709, 951, 1033; 4/273, 991, 992; 5/97, 308, 359
- сигматропная 4/993
- трансаниулярная 4/1227
- фотохимическая 5/353, 354
- фотохромная 5/359, 360
- электроциклическая 4/993
- Табеля уравнение 4/993, 123; 2/954; 5/923
- Тафта константа 2/645, 941
- Тафта-Камле константы 2/942
- Тафтсин (тафтин) 3/400, 934
- Тахидрит 1/956; 5/552
- Тахиинин 5/1040
- Тахилин 1/105
- Тацеттин 1/223
- Таврон 4/1082
- «Твердое пламя» 4/575
- Твердость материалов 4/998, 441, 725, 808, 994, 995; 2/146, 304; 3/144, 145, 166, 167, 1116, 1167; 5/175
- Твердофазные процессы. См. также отдельные процессы и их типы
- выращивание монокристаллов 3/256, 257
- детонационные 2/46, 47
- и хемиллюминесценция 5/446
- и хемосорбция 5/448
- испарение, см. *Сублимация*
- конденсация, см. *Капиллярная конденсация*
- лазерные, см. *Лазерная химия, Лазеры химические*
- низкотемпературные 2/1033–1035; 5/605
- реакционные 4/411, 412–415; 1/548, 1218; 2/755, 912
- поликонденсация 3/1261, 1259
- полимеризация 4/999, 289, 412, 413, 1000, 1217, 1218; 3/147, 1266
- с самоускорением 1/102
- синтез 4/1000, 1001, 1002; 3/146, 147, 591–593, 930, 933, 934
- топохимические 4/1216, 1217, 1218
- электролиз воды 1/785, 786
- – эффект клетки 2/811
- – – компенсационный 2/868
- Твердые материалы. См. также *Механические свойства, Твердые растворы, Твердые тела*, отдельные виды материалов
- аитнфракционные покрытия, см. *ТЭСы*
- горючие ископаемые, см. *Каустобиолиты*
- золи 2/332
- источники газов 3/1075
- лазерные 2/1118–1120, 1123, 1124
- смазки 4/1007, 141, 725, 978, 1008, 1115; 1/1194; 2/477; 3/243, 378
- сплавы 4/1008, 808, 1007, 1009, 1010; 3/99, 418
- сыпучие, см. *Сыпучие материалы*
- топлива, см. *Газификация, Ракетные топлива*
- Твердые растворы 4/1002, 356, 361, 556, 558, 563, 601, 639, 679, 680, 980, 1003–1007, 1174; 1/460, 461, 463, 536, 1191; 2/249, 254, 255, 259, 271, 334, 560, 1008–1010, 1147, 1201; 3/356, 491, 1192; 5/100, 101, 466
- аномальные 4/1006



- вдвещения 2/255, 271, 272, 1076, 1077, 1153; 3/75; 4/994, 1005, 1006, 1009  
 вычитания 2/1153; 4/1005, 1006  
 гетеровалентные 4/1006  
 диффузия 2/200  
 законы Коновалова 2/899  
 замещения 2/256, 370, 734, 1077, 1124, 1153, 1331, 1332; 4/994, 1004–1006; 5/861  
 и интерметаллиды 2/478, 479  
 и растворимость 4/357  
 и соосаждение 4/760, 1006  
 изоморфизм 2/370  
 как лазерная среда 2/1119, 1124  
 как полупроводники 4/107–110, 118  
 как сверхпроводники 4/584  
 как сверхструктуры 4/1005  
 как синтиллаторы 2/1228  
 как фазы сплавов 3/99; 4/806. См. также *Амалгама*  
 «коллоидные» 4/1006  
 легирование 2/1153; 4/1006  
 непрерывные ряды 2/370, 371  
 нестехиометрия 3/433  
 полиморфизм 4/1003, 1004  
 распад 4/1003  
 регулярные и субрегулярные, см. *Растворы неэкстремальных состояний, диаграммы* 2/55, 59, 1039; 4/1002–1004  
 – кристаллическое 2/1059; 3/226  
 – критическое 2/1075–1077  
 упорядоченные 2/479  
 фосфоресценция 2/1223  
 энантиоморфные 5/952  
 Твердые тела 4/994, 462, 995–998. См. также *Твердые материалы*  
 аморфные, см. *Аморфные соединения*  
 анализ, см. *Локальный анализ, Фазовый анализ*, отдельные методы  
 зональная теория 4/101, 103–105, 994–996  
 как растворы, см. *Твердые растворы*  
 кристаллические, см. *Кристаллы*  
 Металлы  
 поверхность, см. *Поверхность твердых тел*  
 свойства, см. *Механические свойства*, отдельные физические, физико-химические свойства, эффекты и явления  
 солнечной системы 2/961–963  
 состоянии, см. *Диаграммы состояний*, отдельные его виды  
 физико-химическая механика 5/171, 172; 2/860; 3/147, 1173.  
 См. также *Механохимия*  
 химия, см. *Твердофазные процессы*, *Химия твердых тел*  
 электролиты, см. *Электролиты*  
 Твины 3/1089, 1165, 1166; 4/769, 770; 5/949  
 Твитчела реактив (катализатор) 1/863; 2/304  
 Твалы 1/1004; 2/340; 3/142, 809, 874; 5/77, 78, 82, 503, 762, 767  
 ТФФ, см. *Тетрагидрофуран*  
 Тебани 3/274  
 Теброфен 4/217, 218  
 Тевион 3/1236  
 Теион 1/108  
 Теллар 3/1139  
 Тейлекс 3/1139  
 Тейлора рад 3/137  
 Тейлора–Мак–Киллопа реакция 1/160  
 Тейта уравнение 1/1215, 1217  
 Тейховые кислоты 4/1010, 1011; 3/927; 5/38, 254, 306  
 Тейхуоновые кислоты 3/927  
 Теклан 3/192  
 Текнофлюны 5/397  
 Текони 1/296, 297  
 Тексилборан 1/601  
 Тексин 5/87  
 Текстер Т 3/1220–1222  
 Текстильно-вспомогательные вещества 4/1012, 49, 50, 580, 919, 927, 990, 1013; 1/656, 865, 867, 1142, 1209; 2/134, 634, 775, 992, 993; 3/284, 329, 367, 376, 716, 717, 730, 1211, 1228; 5/167  
 авиационные 1/340; 3/718; 4/1012  
 аппретирующие 2/94; 3/282, 1119, 1239; 4/738, 1013; 5/143, 669  
 выравнивающие, см. *Выравниватели окраски*  
 диспергирующие, см. *Диспергаторы*  
 закрепляющие, см. *Закрепители*  
 замасливающие, см. *Замасливатели*  
 ингибиторы горения, см. *Антипирены*  
 подсинивающие 1/657; 3/284, 1011; 5/62  
 противозлепняющие, см. *Антистатик*  
 смазочные, см. *Смазочные*  
 стабилизаторы, см. *Стабилизаторы*  
 шлитующие, см. *Шлитующие*  
 Текстильные нити, см. *Волокна, Нити*  
 Текстолиды 4/1013, 163, 723, 844–846, 1014, 1039; 1/369; 5/134, 144  
 «Текстон» 5/564  
 Текстурированные материалы 2/1061, 1068; 3/404  
 металлические кристаллы 3/75  
 нити 4/1014, 89, 90, 1015–1017; 1/806; 3/1203–1206; 5/166, 232–234, 237  
 руды 4/560, 561  
 сплавы 4/808  
 Тектогидраты 1/1078  
 Текущность  
 и структурообразование 4/886  
 квантовых жидкостей 2/299  
 металлов 3/98  
 полимеров, температура 4/1017; 1/873; 3/1116, 1118, 1119  
 Телебрикс 4/478  
 Теле-замещение 4/1017, 1018  
 Телелфорная кислота 2/974  
 Телелесевые олигомеры 3/742  
 Теллера розетка 3/338  
 Теллур 4/1018, 431; 5/493, 494, 938  
 галогениды 1/612; 3/356; 4/1019, 1020, 1022, 1025  
 гидрид, см. *Теллуриды*  
 интерметаллиды 2/478, 479; 3/165  
 карбид 2/737  
 кислоты 4/1019, 1022, 1023; 5/438  
 металлаты 3/516  
 оксиды 4/1021, 615, 835, 1019, 1020, 1022; 1/137, 138; 2/672; 3/775  
 определение 1/408, 615; 2/177, 205, 709, 1218; 4/1021  
 органические соединения 4/1024, 1019, 1025, 1026; 1/958; 2/409; 3/765, 825, 826, 876; 5/309  
 полимеры 3/419  
 получение 1/869; 2/1043; 3/412, 1193; 4/591, 593, 1020–1022  
 применение 1/137, 138; 2/1227; 3/93; 4/106, 114, 115, 835, 1021  
 самородный 4/1018  
 свойства 1/1015; 2/767, 1088; 3/419, 955, 958, 1000; 4/321, 349, 584, 813, 1019, 1020, 1025; 5/437, 438, 656  
 сплавы 1/821; 2/453, 454, 1124; 4/502, 1021  
 халькогениды 1/332, 935; 2/1234; 3/348, 754–756, 763; 4/632, 1020.  
 См. также *Теллуриды*  
 цианид 5/702  
 Теллуриды 3/166; 4/1019, 1022, 1024  
 Теллуриды 4/1022, 111, 112, 118, 951, 1019, 1021, 1023, 1024; 2/334, 670, 1061; 3/165, 166, 312–314, 763, 774–776, 872, 873, 1129  
 Теллуриновые кислоты 4/1024  
 Теллуристая кислота 4/1019, 1022; 5/438  
 Теллуристоводородная кислота, см. *Теллуристоводородная кислота*  
 Теллуриды 3/166; 4/1019, 1021, 1022, 1024  
 Теллуриновая кислота 4/1019, 1022; 5/438  
 Теллуриодород 1/777, 1079, 1080; 3/576; 4/1019, 1024; 5/437, 755  
 Теллуриодородная кислота 3/576; 4/1019, 1022, 1023  
 Теллуриды 4/1024  
 Теллуриновые соли 4/1024  
 Теллурионы 4/1024  
 Теллуриден 4/1026, 1024  
 Теллуриодиклогексаи 4/1024  
 Телогены 2/1267; 3/743; 4/1026, 1027  
 Телодри 2/470  
 Телодии 5/17  
 Теломеризация 4/1026, 104, 1027, 1104; 1/140, 948, 956; 2/285, 646, 1267; 3/516, 800, 981, 1266; 5/776  
 инициаторы 1/80  
 ионная 4/1026, 1027  
 конденсационная 1/151; 3/743  
 координационная 4/1026, 1027  
 радиационная 4/293  
 радикальная 2/464, 466; 4/307, 312, 1026, 1027  
 Теломеры, см. *Теломеризация*  
 Телопептиды 2/856  
 Темефос 2/472  
 Темехил 1/979  
 Темисал 4/774  
 Темкина изотерма 2/692  
 Темкина–Пыжева уравнение 1/276  
 Темновые фотореакции 4/817; 5/332, 336, 341, 347–349, 362, 363  
 Темные нефтепродукты 3/441–448, 462  
 Темоцилли 2/1135  
 «Темп», бумага 1/623  
 Температура(ы) 4/1028, 1029, 1030  
 абсолютная (абсолютный нуль) 4/825, 1028–1031, 1034, 1035, 1039; 5/465, 956  
 адiabатического насыщения газа 2/542  
 воспламенения и самовоспламенения 1/830, 831; 2/304; 3/447, 1187–1189; 4/571  
 вспышки 1/838, 830, 831, 1175; 2/102, 103, 304; 3/447, 1020, 1187  
 горения 1/1165–1170  
 Дебая 3/66, 1092; 4/997  
 дымообразования (дымления) 2/304  
 замерзания (застывания) 2/102, 103, 1033; 3/216, 278, 446, 447, 457, 458, 828, 993  
 и временная частотная суперпозиция, принцип 4/488  
 и градиент концентраций 4/1074  
 и диффузия, см. *Термодиффузия*  
 и звуковая волна 2/1074  
 и константы скорости, см. *Аррениуса уравнение*  
 и магнитная восприимчивость 2/1237, 1238  
 и максимальная работа реакции 2/1270  
 и плотность 3/1145  
 и сдвиг мессбауэровских спектров 3/66  
 и теория подобия 3/1183–1185  
 и теплопроводность 4/1043, 1053  
 и энергия Гельмгольца (Гиббса) 4/1071  
 измерение, см. *Пирометры, Термометры, Термометрия*  
 изокINETическая 2/868  
 индекс 4/1085  
 истечения 2/306  
 как параметр состояния 3/882, 883; 4/1028, 1065  
 калориметрическая 2/574–576  
 каплепадения 2/306; 3/1124, 1125  
 коэффициент(ы) кинетический 4/1067  
 – расширения тел 2/299, 304; 3/97, 98  
 критические 1/923; 2/61, 761, 1072–1077; 3/335; 4/357, 370  
 Кюри, см. *Кюри точка*  
 ликвидуса и солидуса 2/1039  
 мокрого термометра 1/906; 2/542; 4/954  
 Нееля, см. *Нееля точка*  
 низкие, см. *Криохимия, Холодильные процессы*  
 подъемы 2/306  
 помутнения 3/283, 446  
 перепад, метод выращивания монокристаллов 3/256  
 приведенная 4/762, 763  
 программирование в хроматографии 5/625, 626–628  
 прокаливания осадка, см. *Термогравиметрия*  
 просветления 2/286, 306  
 растекания 2/306  
 самовозгорания и самонагревания 4/571–573  
 сваривания кожи 2/836  
 скачок, метод 4/1031, 462, 1032; 3/141; 5/156  
 скорость изменения, см. *Температуропроводность*  
 стандартная 4/818  
 стеклование, см. *Стеклование температуры*  
 текучести, см. *Текучесть полимеров*  
 термодинамическая 4/1028–1031  
 тления 3/1187  
 фазовых переходов 2/761; 3/97, 447, 828, 1091–1093; 4/1029; 5/98–103, 799  
 Флори 2/1264; 4/370, 371  
 хрупкости полимеров 5/639, 640; 3/1116, 1118, 1119  
 цветовая источника света 5/315, 316  
 шкалы 4/1028, 1076, 1077  
 экскретическая 5/806  
 эмпирическая 4/1028, 1029  
 Температуропроводность 3/946, 948, 1183–1185; 4/1045, 1046; 5/30, 31  
 Темплатный синтез 2/1326; 5/385  
 Темплеи 4/22, 23  
 Тенайт 5/1001  
 Тенара сине 2/821  
 Тенардит 1/956; 3/347, 361  
 Тензиметрия 4/1032, 1033, 1034  
 Тензометрические весы 1/685, 696; 2/219  
 Тензорезистивный эффект 2/1283  
 Теннатит 3/304  
 2-Тенюлитфторасетом 4/1034; 1/541; 2/731, 1214; 5/802  
 Теория 1/1030  
 Теорит 2/1331  
 Тенсиметрические пики 1/809  
 Теобромин 2/180, 1084, 1085; 4/268, 269, 274, 275, 774, 775; 5/218, 708  
 Теобромин-натрий 4/774, 775  
 Теоникол 2/1085  
 Теорема  
 вриала 1/727  
 Гленсдорфа–Пригожина 3/841  
 Карно 4/1028  
 Кулманса 2/1104; 3/233, 778; 4/122, 152  
 Онсагера 3/947; 4/831, 1068  
 Планка 4/1035  
 л-подобия 3/1185  
 Пригожина 2/848; 4/1068

- тепловая 4/1034, 825, 1035, 1039; 5/465, 955, 956  
Хосеберга-Кона 5/875  
Эйлера 4/1072
- Теоретические ступени разделения (гарелки) 2/164, 165, 295, 1306, 1307; 4/453-455, 459, 460
- Теория(и). См. также именные теории абсолютных скоростей реакций 1/121-125  
адсорбции 1/56-59  
активных ансамблей 1/1059  
возмущений, см. *Возмущения в системах*  
горения 1/1165-1169  
графов 1/1196, 1197-1202; 2/539; 3/322; 4/1214  
дифракции 2/188, 189  
ДЛФО, см. *Коагуляция дуалистическая* 3/572  
запахов 2/238, 239  
зарождения новой фазы 2/317, 318  
зонная 4/101, 103-105, 994-996  
кислот и оснований 2/778-780, 782, 783  
«ключ-замок» 1/558  
мультиплетная катализа 1/1059  
напряжения молекул 3/330  
обновления поверхности 2/1303  
объемного заполнения микропор 1/58, 59  
орбиталей, см. *Граничных орбиталей теория*  
окисления 1/558; 2/756  
октетная 5/460, 461, 463  
перестройки цепей 5/246, 247  
переходного состояния, см. *Активированного комплекса теория*  
периодической системы 3/959, 960  
подобия 3/1180, 193, 947, 1181-1186; 1/1105; 2/543, 1257, 1301; 4/351  
полей, см. *Кристаллическое поле, Лигандное поле*  
радикалов 3/785; 5/509  
растворов 4/367-369, 374-376, 409, 411; 5/923  
реакционной способности 2/724; 4/417  
резонанса 4/446, 447, 767, 1132; 1/666; 3/29, 787  
решеточные 2/301  
спин-валентности 5/461  
столкновений 4/870, 871, 872; 1/123-125, 548, 925; 2/41, 124, 754; 3/238, 259, 1055  
стохастическая жидкофазных реакций 4/424  
структурная жидкостей 2/302  
типов 3/572, 785  
флогистона 3/412; 5/508, 510  
флуктуационная, см. *Критическая явления*  
функционала электронной плотности 4/420  
химносометрическая 3/669  
химического строения органических соединений 3/204, 205, 572, 786; 5/509, 510  
хлоридная 5/651  
цветности 5/645-651
- Теофилины 2/180, 181, 1084, 1085; 3/107; 4/268, 269, 274, 275, 774, 775; 5/270, 707, 708
- Тепловая теорема 4/1034, 825, 1035, 1039; 5/465, 955, 956
- Тепловые процессы (методы, явления). См. также *Теплоносители, Теплообмен, Термические процессы*, отдельные химические и химико-технологические процессы  
азрыв 1/702, 828  
воспламенение 1/828-830  
горение 1/1164; 4/342
- десорбция в хроматографии 5/625, 626  
дефектоскопия 2/48, 49  
и загрязнение окружающей среды 3/864, 865  
и защита объектов, см. *Теплоизоляционные материалы*  
излучение как фактор пожара 3/1186  
накачка лазеров 2/1116, 1118  
оборудование, см. *Тепловые устройства, Теплообменные аппараты*  
поляризация и пробой диэлектриков 2/206, 208  
самовозгорание 4/573  
«смерть Вселенной» 1/840  
термография 2/289; 4/501, 508, 509, 1006  
экзо- и эндотермические, см. *Тепловые эффекты реакций, Экзо- и эндотермические реакции*
- Тепловые устройства  
анализаторы 1/915; 2/293  
вакуумметры 1/662, 663  
извещатели загорания 4/666, 667  
калориметры 2/576  
маиометры 2/1284  
насосы 1/852; 2/885; 3/339; 4/460, 805
- Тепловые эффекты реакций 4/1035, 1029, 1030, 1036-1038, 1040, 1057, 1085, 1086, 1210; 2/293, 302, 663, 902, 1182; 5/464, 688, 690. См. также *Теплоты, Экзо- и эндотермические реакции*  
и адсорбция 1/54, 55  
и растворение газов 1/5, 6, 9, 14, 1046  
и смачивание 2/1182  
и температура, см. *Кирхгофа уравнение*  
и энергия активации 4/421  
— — —, принцип соответствия 2/693  
определение, см. *Гесса закон, Калориметрия, Термохимия*  
постулат Хэммонда 5/642
- Теплоемкость 4/1038, 825, 997, 1039, 1040, 1085, 1086; 1/925; 2/574-576, 1072, 1111, 1168; 3/395, 413, 1183-1185; 5/97, 102, 103, 464, 955
- Теплоизоляционные материалы 4/1041, 446, 724, 772, 834, 847, 893, 1042, 1043; 1/1, 2, 1028; 2/733, 734, 806, 1028, 1166; 3/361, 417, 418, 437, 438, 646, 806, 904, 906, 1003, 1234; 5/42, 138, 307. См. также *Теплостойкость полимеров*
- Теплоносители 1/64; 2/185, 562, 952, 1011, 1202; 3/349, 744, 807, 1065; 4/265, 557, 1043, 1045, 1047, 1050-1053, 1060, 1095
- Теплообмен 4/1043, 1044-1053; 2/1254, 1256; 5/169, 170  
аппаратура, см. *Теплообменные аппараты*  
и абляция 1/1  
и горение 1/1164-1168  
и защита объектов, см. *Теплозащитные материалы*  
и коррозия металлов 2/956  
и макроинетика 2/1254-1261  
и массообмен 4/1043  
и тепловые эффекты, см. *Тепловые эффекты реакций, Теплоты*  
процессы 1/1183; 2/162-165, 540-543, 760-763, 890-894, 1040; 3/1099, 1101, 1102, 1141, 1143; 4/261-263, 271, 452-461, 956-959; 5/227-229, 715. См. также *Тепловые процессы, Холодильные процессы*  
— графы 1/1198-1201  
— подобие 3/1181, 1183-1185
- Теплообменные аппараты 1/708, 1105, 1196; 2/163, 168, 1300; 4/272, 401, 402, 596-604, 1050-1053; 5/301
- Теплоотдача 3/1183-1185; 4/1043, 1045-1047, 1049, 1050
- Теплопередача 4/1043, 1048, 1049, 1053, 1065, 1069
- Теплопроводность 4/1053, 831, 870, 997; 1/830, 885, 915; 2/44, 45, 50, 224, 293, 304, 305, 1255; 3/97, 98, 1183-1185; 5/30, 33, 102  
бесконечная, см. *Самеоорганизация*  
защитных материалов, см. *Теплоизоляционные материалы, Теплостойкость полимеров*  
и релаксация 4/463  
как перенос теплоты 3/947; 4/1043-1047, 1049-1051  
необратимость 3/644; 4/1073
- Теплород, см. *Флогистона теория*
- Теплостойкость полимеров 4/1053, 1054, 1084; 1/630, 631, 645; 3/1116, 1120, 1210, 1217, 1219, 1235, 1240, 1249, 1250
- Теплоты(а)  
адсорбции 1/55  
диссипации 3/645  
и температура, см. *Температура, Теплоемкость*  
и энтропия 5/955  
максимальное выделение, принцип 4/1085  
нескомпенсированная 3/645  
носителя, см. *Теплоносители*  
образования 4/1037; 5/954  
перенос, см. *Теплообмен, Теплопроводность*  
перехода, см. *Фазовые переходы*  
постоянство количества, закон 3/413  
растворения 4/1037, 1086  
реакций, см. *Тепловые эффекты реакций*  
рекуперация 4/460  
сгорания 4/1037, 1057, 1210
- Тербан 1/629
- Тербашиль 1/1032
- Тербий 4/1054; 5/938  
получение 1/875; 3/413; 4/435, 571, 1055  
применение 2/548, 1226, 1227, 1240, 1243; 4/1055  
свойства 1/341; 3/957, 958, 961; 4/432-434, 1054, 1055; 5/164  
соединения 1/672, 823; 2/227, 1147; 4/435, 436, 438, 1054, 1055; 5/162
- Тербуллины 1/318
- Тербурфос 3/405
- Тергаль 4/87
- Терел 4/87
- Терефталевая кислота 4/1055, 26, 1056; 1/375, 513, 514, 644, 996, 1161; 2/95, 107, 108, 396, 809, 1045, 1091, 1093; 3/79, 257, 450, 667, 946, 1125, 1201, 1221, 1252; 5/377, 378, 729  
азид 4/134  
амиды 4/1056; 5/381  
динитрил 3/673, 946; 5/381  
дихлорангидрид, см. *Терефталохлорид*  
как мономер, см. *Полистилен-терефталат*  
эфир 4/840, 1055. См. также *Диметилтерефталат*
- Терефталевый альдегид 1/86, 509; 3/966; 5/729
- Терефталохлорид 4/1056, 58, 60, 1055; 1/994, 996; 3/1213
- Тернизон 4/241, 242
- Терилен 4/87-91; 5/647
- Теринто 2/598
- Терконазол 4/228, 229
- Терлеика 4/87
- Терлон 1/805; 4/1082
- Терлураи, см. *АБС-пластик*
- Термализация 5/351  
горячих атомов 1/1178
- Термаллон 2/1243
- Термалон 2/619, 620
- Термальные воды
- Термар 5/371
- Тер Месра реакция 3/531, 557
- Тер-Мейлена метод 4/1056
- Термик 1/831
- Терминальные соединения 2/310-312, 622, 786, 1236; 3/983; 5/199, 439
- Терминация  
репликация 4/495, 497, 498  
транскрипции 3/589, 595, 601; 4/1229-1231  
трансляция 3/589, 595; 4/1232, 1235, 1236
- Термисторы 1/678
- Термит 4/1056, 1057; 1/1169; 2/255, 310; 3/972
- Термические процессы. См. также *Тепловые процессы*, отдельные термические процессы и их группы  
аналитические, см. *Термический анализ*  
в полимерах, см. *Термоокислительные процессы*  
высокотемпературные, см. *Высокотемпературные процессы, Термоконтактные процессы*  
газоочистка 1/903, 904  
генерирование свободных радикалов 2/464, 465  
гидродеалкилирование 1/1089  
гидросилилирование 1/1108  
гомолитические 2/466  
графитизация 4/16  
диссоциация, см. *Термодиссоциация*  
диффузионные, см. *Термодиффузия*  
зольное крашение 2/151, 152  
и материалы, см. *Термоматериалы*  
карбонизация 2/640  
компрессионные, см. *Термокомпрессионные процессы*  
лазерные 2/1122, 1123  
окислительные 3/695  
переработка минерального сырья и древесины 1/620; 2/937; 3/200, 201, 520, 630; 4/632, 808. См. также *Варка, Обжиг, Печи, Сплавление*  
— отходы, см. *Отходы производства и потребления, Сточные воды*  
— полимеров, см. *Переработка полимерных материалов*  
— порошков, см. *Спекание*  
пиролитические, см. *Пирогидролиз, Пиролитиз*  
получение, обработка металлов и сплавов 2/259-262; 3/71, 1000, 1001; 4/808. См. также *Металлотермия, Пирометаллургия, Рафинирование*  
проявление фотонизображения 5/327  
равновесие, см. *Термическое равновесие*  
расщепление и разложение 1/1049, 1050; 2/36, 639, 750. См. также *Термолиз*  
рифторинг 4/526  
свечение веществ, см. *Термолюминесценция*  
сжигание 3/1000, 1001, 1056, 1069; 4/320, 321, 615, 616, 634  
сублимация 3/1000  
уравнения адсорбции 1/54  
— состояния 5/69  
форез 1/448; 2/156  
химические, см. *Реакции химические, Химико-термическая обработка, Термохимия*

- Термический анализ 4/1057, 357, 880, 1085; 2/57; 5/100  
гравиметрический, см. *Термогравиметрия*  
дериватография 2/35, 36; 4/424, 1058, 1061  
дефектоскопия 2/48  
кондуктометрический 1/885, 915; 2/293; 4/667  
магнитный 1/887, 915; 2/768  
механический 2/35  
минерализация 3/168  
химический 1/885, 886, 915; 2/293, 768; 4/666  
электретный, см. *Термодеполяризационный анализ*
- Термическое равновесие 3/1094; 4/1028, 1029, 1073; 5/99, 359  
Термоантрацит 1/1194  
Термобатареи 2/574–576  
Термовесы 4/1061, 1062  
Термовиль 3/1236  
Термовлагодластичные волокна 1/623  
Термовысвечивание 2/1062  
Термогравиметрия 4/1061, 1057, 1058, 1062, 1085; 1/686, 687, 1182; 2/35, 36, 293, 712  
Термография 2/289; 4/501, 508, 509, 1006  
Термодеполяризационный анализ 4/1062; 5/836  
Термодинамика 3/644  
абсорбции 1/4–7  
адсорбции 1/53–56, 59, 60  
и циклические режимы 5/717  
кристаллических структур 2/1063  
начало второе 1/839, 573, 762; 3/841, 936; 4/825, 1028, 1066, 1085, 1211; 5/464–466, 593, 955–957  
– нулевое 4/1028  
– первое 3/935, 936; 1/761, 869; 4/825, 1028, 1066, 1085; 5/464, 955  
– третье, см. *Тепловая теорема необратимых процессов* 4/1065, 463, 823, 829–832, 1030, 1063, 1064, 1066–1070; 1/839, 840; 2/196, 848, 1255; 3/645, 841, 946; 5/178, 473, 506, 918, 919, 956  
неравновесная 4/1062–1070; 5/466  
равновесная, см. *Термодинамическое равновесие*  
систем, см. *Термодинамические системы*  
статистическая, см. *Статистическая термодинамика*  
химическая, см. *Химическая термодинамика*  
электрохимическая 5/466  
Термодинамически подобные вещества 4/763  
Термодинамические потенциалы 4/1071, 823, 1063, 1064, 1072, 1073; 1/762, 1111; 2/513, 1073, 1183; 5/69, 99, 100, 505, 506, 955  
теплосодержание, см. *Энтальпия*  
энергия внутренняя, см. *Внутренняя энергия*  
– свободная, см. *Гельмгольца энергия*, *Гиббса энергия*
- Термодинамические системы. См. также *Термодинамика*  
закрытые, см. *Закрытые системы*  
замкнутые 2/351, 361, 362, 672, 690  
зарождение новой фазы 2/317, 318  
иерархические 4/1062, 464, 574, 1063, 1064; 5/466, 511  
изолированные, см. *Изолированные системы*  
изотопные эффекты 2/385  
открытые, см. *Открытые системы*  
равновесие, см. *Термодинамическое равновесие*
- растворы 2/1077; 4/362–366, 372–376, 404  
состояние, см. *Параметры состояния*, *Термодинамические потенциалы*  
температура 4/1028–1031  
тонких пленок 4/1206, 1207  
устойчивость 4/1071  
Термодинамическое равновесие 4/1073, 462, 463, 1065, 1069, 1071, 1074; 2/1168, 1183; 3/882; 5/97, 102–104, 464  
и гибкость макромолекул 2/1264, 1265  
и маскирование 2/1294, 1295  
и матричные эффекты 2/1326  
и релаксация 4/1073  
квасистатическое 3/1094, 1095, 1098–1102; 4/1074  
локальное 4/1030, 1066, 1069, 1074  
метастабильное 2/859; 4/1074  
параметры 3/882, 883; 4/1064, 1071–1073  
термическое, см. *Термическое равновесие*  
принцип Гиббса 4/1073, 1074; 5/100, 464  
– Ле Шателье – Брауна 2/1168; 1/1215, 1216; 3/427; 5/446  
фазовое, см. *Фазовое равновесие*  
химическое, см. *Химическое равновесие*  
экстракционное 5/825–826  
Термодиссоциация 2/158, 1125–1127; 3/1031, 1069. См. также *Ионно-молекулярные реакции*, *Ионы в газах*  
Термодиффузия 1/448; 2/393, 541, 542; 3/947; 4/831, 1067  
в ядерных реакциях 5/4, 5  
разделение нефтяных фракций 4/1074; 2/196  
Термокомпрессионные процессы  
окислоразложение 3/695  
формование 4/15  
Термоконтактные процессы  
деметаллизация 2/32  
коксование углей 4/702  
крекинг 2/844; 4/1059, 1060. См. также *Каталитический крекинг*  
продоиз нефтяного сырья 3/1065  
сублимирование 2/1023  
циклорасщепление 2/639  
Термолен 3/1236  
Термоленз 4/1075, 32, 909, 925, 1124, 1134, 1205; 2/135, 622, 623, 965; 3/28, 722, 765, 976; 5/432, 580  
высокотемпературное разложение, см. *Пиролиз*  
и тион-тиольная перегруппировка 4/1143  
по Карролу–Каймелу 2/1110  
по Ньюмену–Кварту 3/606, 607  
радикальный 2/465, 526; 4/552  
Термолизин 4/1075; 1/477  
Термолюминесценция 4/1075, 1076; 2/220, 589, 1062; 5/214  
Термомагнитооптический эффект 2/292  
Термоматериалы  
клеи 2/803, 807, 809  
пигменты и краски 2/603; 3/1011, 1012  
пластики, см. *Термопласты*, *Термоэластопласты*  
пленки 3/1135, 1136, 1138  
покрытия 2/1129, 1289  
реактивные, см. *Терморективные материалы*  
сплавы 2/1243  
стойкость, см. *Термостойкие материалы*, *Термостойкость*  
фосфаты 5/305, 306  
Термометрические вещества 4/1076–1081
- Термометрические свойства 4/1076–1081  
Термометрические шкалы 4/1028, 1076, 1077  
Термометрия 4/1076, 1028, 1077–1081; 5/16, 172. См. также *Температура*, *Термометры*  
Термометры 4/1077, 1028, 1078–1081; 1/756, 991; 2/573–576. См. также *Пирометры*, *Термометрия*  
Бекмана 3/217  
мокрый 1/906; 2/542; 3/1183, 1185; 4/954  
сопротивления 2/574, 575; 3/1130, 1134; 4/1079, 1080  
электропреобразователи, см. *Термопары*  
эталонные 1/1004  
Термонатрит 3/356–358  
Термоокислительные процессы  
всorption 1/903  
в полимерах 1/846; 2/38–44, 310, 704, 1013; 3/1114, 1115; 4/814–816, 822  
Термоосаждение 2/1130, 1131  
Термоосмос 2/1300  
Термопары 1/1192; 2/492, 574; 3/484, 510, 647, 1009, 1129, 1134; 4/467, 534, 785, 809, 834, 1057, 1061  
Термопласты 1/308, 623, 1188; 2/516, 619, 803, 804, 806–809, 878, 880, 1002, 1053, 1081, 1129; 3/86, 145, 327, 436, 568, 802, 902, 903, 905, 907, 1119–1122, 1135–1140, 1196, 1197, 1213, 1224, 1227, 1228, 1235, 1236, 1249, 1251–1254; 4/1–17, 22, 28, 29, 33, 40, 41, 43–45, 58–60, 63, 80–82, 140, 142–144, 163, 164, 449, 583, 716, 844–846, 970, 1013, 1015, 1016; 5/41, 134, 136, 137, 572, 725, 984, 992. См. также *Термоэластопласты*  
Терморективные материалы  
клеи 2/803–807  
олигомеры 2/1016, 1017; 3/34, 35  
пластмассы, см. *Реактопласты*  
фотобумага 4/507  
Терморезисторы 1/679, 885, 886; 4/1080  
Термосенсибилизация 2/1149, 1151  
Термоскоп Галлея 4/1077  
Термостабильность, см. *Термостойкость*  
Термостатирование 1/845; 5/595–597, 626  
Термостойкие материалы. См. также *Термостойкость*  
взрывчатые вещества 4/1082, 1254; 1/608, 706, 1000  
волокна 4/1082, 26, 48, 58, 61, 1083, 1084; 1/802; 2/324, 397; 3/674, 802–804, 1202, 1205, 1210, 1214, 1237, 1249  
– трудногорючие 5/22; 4/1083  
клеи 3/1067  
лакокрасочные 2/603, 1129; 3/1011, 1012  
полимеры 4/1084, 1082, 1083, 1085, 1100, 1104; 1/579, 580; 2/118, 360, 701, 706; 3/542, 1116, 1119, 1137, 1139, 1210, 1217–1219, 1240, 1247, 1248, 1250, 1259  
силтаты 4/707  
смазки 1/345; 3/1123–1126  
Термостойкость 4/1084, 1082, 1083, 1085; 3/991, 1113, 1119, 1234. См. также *Термостойкие материалы*  
Термотронные полимеры 2/287, 289; 3/1213  
Термофорез 1/448; 2/156  
Термохимия 4/1085, 666, 1037, 1086, 1087; 1/778, 786, 885, 886, 915; 2/293, 464–466, 497, 768; 3/201, 630, 935; 5/464, 466, 509. См. также *Термические процессы*
- основной закон, см. *Гесса закон*  
теплоты реакций, см. *Калориметрия*, *Тепловые эффекты реакций*  
Термохромы 1/524; 3/973  
Термоциклирование метод 3/257  
Термоэкс 3/97  
Термоэластопласты 4/1087, 2, 28, 29, 55, 56, 445, 766, 870, 1088, 1089; 1/572, 648, 1045; 2/999, 100, 375, 705–708, 1267; 3/327, 1221, 1267; 5/85, 87, 984  
Термоэлектричество 5/835, 836  
Термоэлектронная эмиссия 3/97  
Термоэлементы 1/134; 2/486; 4/1079, 1080  
Термоядерный синтез 2/25, 1120, 1128; 3/32, 872; 5/4, 5, 33, 1018, 1020, 1022  
Терпенилацетат 2/237; 4/1094  
Терпенилацеталь 4/576  
Терпенилфенолы 4/715, 1089, 1090  
Терпенилциклогексаноиды 3/292, 293; 4/576  
Терпенилциклогексаноны 3/292, 293  
Терпеновые углеводороды, см. *Терпены*  
Терпеноиды 1/342, 606; 2/743, 966; 3/379, 380; 4/428, 1092; 5/515, 527–529, 957, 1042, 1051. См. также *Дитерпеноиды*  
Терпентиновое масло 3/847; 4/714, 5/1005  
Терпены 4/1091, 659, 714, 1090, 1092, 1093, 1262; 1/142, 659, 660; 2/11, 747, 787; 3/292, 293, 786, 869, 1242; 5/21, 66, 738, 746, 1004, 1042  
бициклические, см. *Дитерпены*  
*Смоляные кистетины*, *Фенхены*  
метаболизм 3/621  
моноклинические 1/342; 2/283, 284, 457; 3/59; 4/1090–1092; 5/438, 1005, 1042. См. также *Камфен*, *Карены*, *Ментадиены*, *Пинены*  
*Терпены*  
номенклатура 3/573  
определение 5/542  
осерненные 4/173  
перегруппировки, см. *Камфеновые перегруппировки*  
полциклические, см. *Политерпены*  
полутерпены, см. *Сесквитерпены*  
смеси, см. *Скипидары*  
смоли 4/1089, 715, 1090; 3/1027  
сопутствующие соединения, см. *Терпеноиды*  
спирты 4/1090, 576, 1091; 1/660, 697; 2/237; 3/292, 293; 5/208  
трициклические 4/1092. См. также *Ланостерин*, *Скавален*  
хлорированные 2/470  
Терпин 4/1090, 1091  
Терпингидрат 2/1179; 3/847, 848, 1027; 4/714, 715, 1091, 1093, 1094; 5/746  
1,8-Терпиндиацетат 5/746  
Терпинены 4/1093, 1092, 1094; 1/393; 3/58, 1027; 5/114, 746, 1004  
Терпинеолы 4/1093, 714, 715, 1090–1092, 1094; 2/237, 601, 1165, 1179; 3/1027; 5/746  
Терпинолен 3/58, 1027; 4/714, 1092–1094; 5/746  
Терполимеры 5/991–993  
Терраминин 4/1109, 1110  
Тертиалин 5/1039  
Терфан 3/1139  
Терфенилы 4/1094, 61, 1095; 1/373, 567, 1158  
1,1',4',1''-Терциклогексан 1/141  
Тесил 4/90  
Теслар 3/1139  
Тессы трансформатор 4/667  
Тесслерные орбитали 3/778, 779  
Тестостерон 1/291, 300; 4/228, 236

- Тетраинкальций 1/328  
 Тетраазандин 5/323  
 Тетраазатетрабензопорфирин 5/383  
 1,4,8,11-Тетраазациклотетрадекан 2/526, 665  
 Тетраалкиламмониевые соединения 1/606, 1093, 1180; 3/936, 973, 1238; 4/200; 5/990  
 Тетраалкилгерманы 1/1039  
 Тетраалкилгидразины 1/1072  
 Тетраалкилдигалогенэтаны 3/1026  
 Тетраалкилолово 3/763  
 Тетраалкилпирозофаты 3/1077  
 Тетраалкилтиомочевины 5/700  
 Тетраалкилтитанаты 2/140  
 Тетраалкилтиурамсульфиды 1/162; 4/1143  
 Тетраалкилфосфонийгалогениды 4/1102  
 Тетраалкилэтилены 3/1026  
 Тетраалкоксисиланы 1/423  
 Тетрааллиламмонийхлорид 1/175  
 Тетраамины 3/1213, 1217; 4/69, 70  
 Тетрааминимедь 2/1173  
 Тетраантримиды 1/944  
 Тетраарилгерманы 1/1039  
 Тетраарилгидразины 1/1073  
 Тетраарилены 2/1103  
 Тетраарилтеллуры 4/1024, 1025  
*бис*-Тетраарилциклопентадииены 4/61  
 Тетраацетиллюкоза 1/348  
 Тетраацетилэтан 1/428  
 Тетраацетилэтилендиамин 4/699\*  
 Тетраацетоксисилан 2/1020  
 Тетраборан 1/588, 590  
 Тетрабораты 1/580, 581  
 3,5,3',5'-Тетрабромбензидин 1/490  
 4,5,6,7-Тетрабромбензо-2,1,3-тиадиазол 1/526  
 3,3',5,5'-Тетрабромбисфенол А 3/1252, 1253  
 1,2,3,4-Тетрабромбутан 2/85  
 3,3',5,5'-Тетрабром-4,4'-диаминодифениловый эфир 2/80  
 1,2,4,6-Тетрабром-1,2-дигидро-1,3,5-триазин 4/1249  
 5,5',7,7'-Тетраброминдигло 2/441  
 Тетрабром-*м*-крезолсульфоталени 4/936  
 Тетрабром-*п*-ксилол 3/908  
 Тетрабромметал 3/738; 5/776  
 Тетрабромпироксатени 3/693  
 Тетрабромфенолсульфоталени 4/936  
 Тетрабромфлуоресцины 2/1082, 1217; 5/957  
 Тетрабромфталевоый ангидрид 3/1201  
 Тетрабром-*о*-хинолин 1/505  
 1,2,6,6-Тетрабром-1-циклогексен-3,4,5-трион 3/1054  
 Тетрабутиламмониевые соединения 2/14, 1106; 3/24; 4/397  
 1,3,6,8-Тетра-*трет*-бутил-9-карбазил 4/302  
 Тетра-*трет*-бутилтетраэдран 3/332  
 Тетрабутилтиурамсульфиды 1/162  
 Тетрабутоксисиланы 1/171; 4/445  
 Тетрабутоксититан 3/1201, 1221  
 Тетравольфраматы 1/822  
 1,4,5,8-Тетрагалогенантрахиноны 1/943, 944  
 Тетрагалогенизофталевоые кислоты 2/396  
 Тетрагалогенметаны 2/10  
 Тетрагалогенипирролы 3/1078  
 3,7,10,11-Тетрагалогенитрифенилен 4/1095  
 Тетрагерманиевая кислота 1/1034, 1035  
 Тетрагидридоламмонаты 1/220  
 Тетрагидридобораты 1/590-592; 5/400  
 Тетрагидроантрахиноны 1/350; 3/389  
 Тетрагидроацетифен 1/418  
 Тетрагидробензойная кислота, эпокси-производное 5/963  
 1',2',9',10'-Тетрагидро-1,2-бензопиридин 1/519  
 5,6,7,8-Тетрагидробноптерин 4/1095  
 Тетрагидридобораты 1/590-592  
 1*H*-Тетрагидро-1,2-дизапины 2/65  
 Тетрагидродибензоглюкофен 2/89  
 2*a*, 3,4,5,5'-Тетрагидро-1,2-дигидрокси-ацетифен 1/419  
 Тетрагидрозохинолины 1/145, 568; 2/397, 398; 3/1021-1023; 5/947  
 Тетрагидроимидазолы 2/411  
 1,2,3,4-Тетрагидрокарбазол 2/618; 4/234  
 Тетрагидрокарболины 2/636; 3/1022  
 Тетрагидроксиантрациин 2/440  
 1,4,5,8-Тетрагидроксиантрахинон 2/79  
 1,4,5,8-Тетрагидроксиантрацен 2/79  
 Тетрагидроксибензойная кислота 1/533  
 Тетрагидроксибензохинон 3/723, 724  
 Тетрагидроксибензил 4/234  
 Тетрагидроксикарбоксиантрахинон, гликозид 2/973  
 Тетра(гидроксиметил)фосфонийхлорид 5/278  
 Тетрагидроксинолептан 3/916  
 11β,16α,17α,21-Тетрагидроксипрегна-1,4-диен-3,20-дион 2/959  
 Тетрагидроксифлавоны 2/973; 5/200  
 11β,16α,17α,21-Тетрагидрокси-9α-фторпрегна-1,4-диен-3,20-дион 2/959  
 4,2,4',6'-Тетрагидроксиалкон 5/202  
 N,N,N',N'-Тетра(2-гидроксиэтил)метиленамины 5/975  
 Тетрагидролариксол 2/1148  
 Тетрагидроманоол 2/1285  
 1,2,3,4-Тетрагидронафталин 3/372; 4/1101  
 1,2,3,4-Тетрагидронафталин-1,2,3,4-тетраон 3/719  
 Тетрагидронафтацетионин 1/356  
 Тетрагидропирридинны 3/384  
 Тетрагидро-1,4-оксазин 2/275, 276  
 Тетрагидро-1,2-оксазол 1/1095; 3/679  
 Тетрагидропаверин 3/880  
 Тетрагидроперилен 3/950  
 Тетрагидропиранионы 3/324, 1073  
 Тетрагидропираны 2/325, 912; 3/1038, 1039; 5/1042  
 4,5,9,10-Тетрагидропирен 3/1039  
 Тетрагидропиридины 2/418; 3/1046  
 Тетрагидропиррол 3/1080  
 Тетрагидропорфирин 5/574  
 5,6,7,8-Тетрагидроптеридин 4/270  
 Тетрагидро-1,2,4,5-тетразины 1/683, 684  
 Тетрагидротиазолы 4/117  
 Тетрагидрогенильная группа 2/325  
 Тетрагидротипирац 2/325; 4/1143  
 Тетрагидрофен 1/644; 3/653; 4/924, 926, 1157  
 Тетрагидротифоталимид 5/417  
 Тетрагидро-*сим*-триазины 1/1033  
 1,2,3,4-Тетрагидрофенаитрен 5/117  
 2,3,5,6-Тетрагидро-6-фенилмидазо[2,1-*b*]тиазол 2/1151,1152  
 1,2,3,10*b*-Тетрагидрофлуорантен 5/212  
 Тетрагидрофолат 3/470  
 Тетрагидрофолатдегидрогеназа 4/1095, 1096; 5/215  
 Тетрагидрофолевая кислота 1/610; 2/969; 4/231, 524, 901; 5/215, 225  
 5,6,7,8-Тетрагидрофолат 4/1095, 1096  
 Тетрагидрофталевая кислота 1/299, 585, 628  
 Тетрагидрофталевый ангидрид 2/1274; 3/1201; 4/91  
 Тетрагидрофуран(ы) 4/1096, 31, 313, 343, 359, 500, 501, 512, 750, 751, 803, 869, 873, 1097, 1098, 1131, 1143; 1/46, 47, 430, 644, 677, 1180, 1203; 2/248, 297, 532, 533, 620, 670, 698, 798, 1144, 1147, 1266, 1274; 3/506, 557, 744, 760, 803, 1080, 1266; 5/429, 434, 439, 701, 702, 790, 817, 1058  
 Тетрагидрофуриловый спирт 4/175, 1097, 1098  
 Тетрагидрофурильная группа 2/325  
 Тетрагидрофурфуриловый спирт 4/1097, 1098; 3/1039; 5/434  
 1,2,3,4-Тетрагидрохинолины 5/520  
 1,2,3,4-Тетрагидрохинолин 3/574; 5/526  
 Тетраглицозиддиглицериды 1/1131  
 Тетраглим 1/114, 590; 5/775  
 Тетрадекаметилгексасилоксан 3/806  
 Тетрадекановая кислота 1/863, 864; 2/643, 644  
 Тетрадециламин 3/706  
 2-Тетрадециламино-1,4-нафтохион 3/706  
 Тетрадециловый спирт 1/866  
 Тетрадинит 1/733; 4/1018  
 Тетрадинфон 1/108  
 Тетрадион(ы) 4/1098, 1099, 1100; 1/93, 706, 1073; 2/466, 467; 3/508  
 Тетразины 1/684; 2/76; 3/1089  
 Тетразолы 5/219, 220, 784, 785  
 Тетраэтилен 4/1099, 1100; 1/74, 85, 292, 684, 712; 2/466, 467; 3/514, 591; 5/219, 220, 784, 785  
 Тетраин 3/1249  
 Тетраизоодоурат-ноны 2/332  
 Тетраизоодсилан 2/1028, 1029  
 3,3',5,5'-Тетраизоолтиринин 4/1171  
 Тетраизоодфлуоресцен 2/1082, 1217  
 Тетракалийпирозофат 4/699  
 3,3',4,4'-Тетракарбоксибензофенон 3/1245  
 3,3',4,4'-Тетракарбоксидифенилоксид 3/1245; 4/71  
 Тетракарбоксифосфораны 5/293  
 Тетракарбонилжелезо 2/252, 253, 275, 276  
 Тетракарбонилникель 3/473, 475, 480, 486, 576, 580  
 Тетракарбонил(η-циклопентаденил)-ванадий 1/676; 3/81  
 Тетракарбоновые кислоты 2/80, 1275; 3/953, 1213, 1245, 1247, 1258; 4/71  
 Тетракетаны 2/924  
 Тетракисазокрасители 2/996  
 Тетраоксидная кислота 1/827  
 Тетралины(ы) 4/1101, 1114; 1/520, 2/26, 1224, 1225; 3/292, 293, 372, 373, 388, 463  
 α-Тетралол 4/1101  
 Тетралоны 1/652; 4/1101; 5/793  
 Тетрам 4/1163  
 Тетрамеризация 5/385, 729  
 2,2,5,5-Тетраметилдипиновая кислота 1/668  
 Тетраметиламмониевые соединения 3/125, 973; 4/675; 5/702, 998  
 1,2,4,5-Тетраметилбензол 1/375; 2/236  
 Тетраметил-1,4-бензохинон 3/476; 5/533  
*трис*-(2,2,6,6-Тетраметил-3,5-гептадионат)европий 4/605  
 Тетраметилгидразин 1/1072, 1073  
 2,2,5,9-Тетраметил-4,8-декадиеналь 5/801  
 Тетраметил-Δ<sup>1</sup>-дiazетин 2/66  
 Тетраметилдиаминометан 2/82  
 1,1,3,3-Тетраметил-1,3-дисулацилбутан 2/1020  
 Тетраметилдисулоксан 2/1020  
 1,1,3,3-Тетраметилдисулоксан-1,3-диол 2/1019, 1020  
 Тетраметилдистибин 4/945  
 Тетраметиленилникель 1/643-645  
 Тетраметилендиамин 2/81; 3/1043, 1080  
 1,4-Тетраметиленидиозинант 2/65, 401  
 Тетраметиленидисульфид 2/173  
 Тетраметиленидитиоцианат 2/173  
 Тетраметиленимочевина 3/1210  
 Тетраметилениоксид 4/1096  
 Тетраметиленисульфоксид 4/925  
 Тетраметиленисульфон 1/932; 2/136; 4/926, 939  
 2,2,5,5-Тетраметил-3-карбоксихипрролин-1-оксид 4/303  
 Тетраметилмочевина 3/106, 115, 1216  
 2,2,6,6-Тетраметил-4-оксопиперидины 4/1255, 1256  
 Тетраметилмеланин 3/35, 916  
 Тетраметилолово 3/110, 760, 1216  
 Тетраметилорфосфонийхлорид 4/1101, 1102, 1264; 2/118  
 Триметилоктокарбиол 3/816  
 Тетраметилпентан 3/912  
 Тетраметилпиперидины 4/303, 543, 544, 815, 1255  
 2,2,5,5-Тетраметилпирролин 4/1255, 1256  
 Тетраметилпирозофаты 3/1077  
 N,N,N',N'-Тетраметилпроплендиамин 2/1172  
 Тетраметилсвинец 1/326, 949; 3/111, 125, 278; 4/594, 596  
 Тетраметилсилан 1/506; 2/1020, 1023, 1024; 5/1025  
 Тетраметилсукцинодинитрил 1/80  
 2,4,6,8-Тетраметил-2,4,6,8-тетразабацикло[3.3.0]октан-3,4-дион 4/1226  
 2,4,6,8-Тетраметил-1,3,5,7-тетраоксациклооктан 1/424  
 Тетраметилтетраселенафульвален 4/584, 585  
 Тетраметилтиомочевина 4/538; 5/700  
 Тетраметилтиурамдисульфид 1/162, 337, 630, 634, 846; 2/377, 1149; 3/107; 4/247; 5/417, 572, 993  
 Тетраметилтиурамоносульфид 1/162  
 N,N,N',N'-Тетраметил-*л*-фенилендиамин 5/339  
 4-(2,5,6,6-Тетраметилциклогексенил)-3-бутен-2-он 2/517  
 1,1,4,4-Тетраметилциклооктан 4/1227  
 Тетраметилциклопентадиенилтантал 4/986  
 1,2,2,3-Тетраметилциклопентанкарбонная кислота 2/600  
 Тетраметилэтилен 1/697; 3/739, 1025  
 Тетраметилэтилендиамин 2/1147; 3/832; 5/636  
 1,2,9,10-Тетраметоксипорфирин 4/230, 231  
 Тетраметоксисилан 1/171, 172  
 Тетраметрин 3/1041  
 Тетрамизол 4/225  
 Тетрамминопалладийдихлорид 3/872  
 Тетрамолибдооктавольфрамфосфорная кислота 2/1128  
 Тетранактин 2/1262  
 Тетрандрил 2/400  
 1,3,6,8-Тетранитрокарбазол 2/618  
 Тетранитрометан 4/1102, 342, 418, 731, 1170, 1266; 1/68; 3/529, 531, 556-558, 1039  
 Тетранитропентаэзритрит 4/1103, 731, 1266, 1267; 1/607; 3/917  
 1,3,5,7-Тетранитро-1,3,5,7-тетраазациклооктан 3/729  
 2,4,5,6-Тетранитрофенетол 3/561  
 Тетра-*л*-нитрофенилпирозофат 3/1077  
 Тетранитрен 5/117  
 Тетраозы 3/746-749  
 4,7,10,13-Тетраоксагексадекандикарбонная кислота 4/478, 479  
 1,4,10,13-Тетраокса-7,16-диазациклооктадекан 2/985  
 1,4,7,10-Тетраоксациклододекан 2/985  
 Тетраоксидфторид 2/769

- Тетраоксиметилен 5/221  
Тетраоксоантразин 2/440  
Тетраоктилпиромеллитат 3/913  
Тетраорганилтиурамсульфиды 1/162  
Тетраорганодиарсины 3/314  
Тетраорганосульфураны 4/938  
Тетрапептиды 3/37  
Тетрапероксодифраматы 1/822  
2,2',2'',2'''-Тетрапиридин 2/142  
Тетраполиэфирная кислота 5/299  
Тетрапропилбензолсульфонат 3/1169  
Тетрапропилоктокарбонат 3/816  
Тетрасахариды 3/746–749  
Тетраселенафульвалены 5/415  
бис-(Тетраселенотетраэци)хлорид 3/100  
Тетрасул 1/108  
Тетрасульфидный каучук 4/42  
Тетрасульфиды 4/42, 43  
Тетрасульфурилхлорид 4/939  
Тетратитетрацен 3/1237  
Тетратиафульвалены 2/179; 3/100, 1237; 4/584, 585; 5/415  
Тетратионат 4/1149  
Тетратиотетрациклофосфаты 5/253  
Тетраураниноксид 5/779  
Тетрафениламино-N-фенилфазоний 3/471  
Тетрафениларсония соли 4/467  
Тетрафенилборат 1/560  
Тетрафенилгидразин 1/1075  
Тетрафенилдиэтиламинсульфид 2/182  
4,4,5,5-Тетрафенил-1,3-дигтиолан 2/178  
Тетрафенилполлово 3/760; 4/946  
Тетрафенилсилан 2/1020  
Тетрафенилсульфуран 4/938  
5,6,11,12-Тетрафенилтетрацен 5/444  
1,3,4,6-Тетрафенилтиено[3,4-с]тиофен 4/1120  
Тетрафенилтиофен 2/182  
Тетрафенилэтан 4/32  
Тетрафенил-1,2-этанол 3/1025  
Тетрафеноксилан 1/171  
Тетрафосфаты 3/288–292; 5/248  
Тетрафосфорная кислота 5/287  
Тетрафторгидразин 1/96, 97, 1070; 3/514  
Тетрафтор-Δ<sup>1</sup>-диазетин 2/66, 67  
Тетрафтордибромэтан 2/432; 3/649; 4/1104  
Тетрафтордихлорэтан 4/195, 1104  
Тетрафторметан 4/1103, 1224  
Тетрафтороурат-ионы 2/332  
Тетрафторобораты 1/79; 2/136, 137; 3/764, 765, 971; 5/399, 400  
Тетрафтороборная кислота 5/399, 400, 1008  
2,2,3,3-Тетрафторпропанол 3/1206; 4/805  
Тетрафторсилан 1/902; 2/1027, 1031; 4/152  
1,1,2,2-Тетрафторциклобутан 1/714  
Тетрафторэтан-β-сультон 4/1103; 3/980  
Тетрафторэтилен 4/1103, 69, 285, 1104; 1/640, 714, 948, 995; 2/183, 623, 933; 3/91, 914, 981–983, 985, 989; 5/389, 397, 401–405, 554, 690, 835  
Тетрафторэтиленоксид 3/984; 4/1103  
Тетрахалькогенофульвалены 3/225  
Тетрахлоралканы 1/254; 4/312  
2,3,4,6-Тетрахлоранилин 5/558  
1,4,5,8-Тетрахлорантрахинон 1/349  
1,1,2,2-Тетрахлоранафтаден 1/419  
3,5,3',5'-Тетрахлорбензидин 1/490  
Тетрахлорбензолы 4/1104, 1105; 1/995, 997; 2/201; 5/11  
Тетрахлорбензохиноны 3/676, 677, 768, 1017; 5/124, 418, 533, 588  
Тетрахлорвинифос 2/472  
Тетрахлордихлордиоксин 1/1028; 2/137, 138; 5/586  
Тетрахлордифенил 4/172  
2,4,4',5'-Тетрахлордифенилсульфид 1/108  
2,4,4',5'-Тетрахлордифенилсульфон 1/108; 2/186  
3,3',4,4'-Тетрахлордифенилтиокарбазон 2/174  
Тетрахлоризондиолонин 1/87; 3/1017  
2,4,5,6-Тетрахлоризофталодинитрил 5/418  
1,1,3,3-Тетрахлориндан 2/439  
α,α,α',α'-Тетрахлор-о-ксилол 5/376  
Тетрахлорметан 3/1059; 5/776, 777  
Тетрахлорметилфосфонийхлорид 4/1092  
Тетрахлорнафталины 5/567, 568  
2,3,5,6-Тетрахлорнитробензол 1/516  
Тетрахлоропалладиевая кислота 3/872  
Тетрахлорофеи 1/452  
Тетрахлорперилен 3/950  
Тетрахлорсилан 2/1024, 1030–1032; 5/998  
3,3,4,4'-Тетрахлорсульфоан 4/926  
Тетрахлортерефталевая кислота 1/996; 4/1055, 1056  
4,4',7,7'-Тетрахлортиондидо 3/1017  
Тетрахлорфталеваая кислота 5/377  
Тетрахлорфталевоый ангидрид 3/953, 1201; 4/18; 5/379  
Тетрахлор-1,3-фталодинитрил 5/381  
Тетрахлорциклопентаденин 1/997  
Тетрахлорэтаны 4/1105, 28, 686, 1106; 1/1142; 2/9, 1247, 1252; 5/12, 608  
Тетрахлорэтилен 4/1106; 1/427, 429, 901, 948, 998; 2/121, 493, 1130; 3/1059; 5/13, 459, 580, 585, 776  
Тетрахроматы 5/630  
Тетрахромовая кислота 5/617  
Тетрацен 1/372, 377; 2/1228; 5/647  
Тетрацано-1,4-дитиин 4/1108, 1109; 5/706  
Тетрацанопиррол 5/706  
Тетрацанохиноидметан 4/1107; 1/104, 105; 2/179, 779, 1276; 3/100, 1237; 5/705, 706  
1,1,2,2-Тетрацианозтан 4/1108  
Тетрацианоэтилен 4/1108, 1026, 1109; 1/69; 2/65, 1276; 3/91, 225, 226, 512, 1229; 5/165, 705, 706, 736  
Тетрацианоэтиленоксид 5/705  
Тетрациклины 4/1109, 238, 1110; 1/320, 321; 2/972; 3/1097  
Тетрациклокарбоновые кислоты 1/1063  
Тетрациклоны 4/61  
Тетрациклофосфаты 5/249  
Тетрациклофосфорная кислота 5/287  
Тетразлан 2/362; 3/332; 4/76  
Тетразлит 4/942  
Тетразиламмонийпероксид 3/973  
Тетразилгликоль 1/1133; 2/211; 4/86; 5/775  
Тетразилпептамин 1/269  
N,N,N',N'-Тетразилметилендиамин 5/978  
Тетразилмонопиросульфаты 3/1077  
Тетразилмочевина 5/978  
Тетразилортокарбонат 3/816  
Тетразилпирозофосфаты 3/1077  
Тетразилсиланец 4/1110, 223, 594, 596, 1111, 1210; 1/210, 326, 327, 949; 2/365; 3/81, 278, 315, 349, 444, 660, 725, 849, 913; 5/903, 994, 997, 998  
Тетразилтиурамдисульфид 1/162, 194; 2/812; 4/1111; 5/571  
Тетразтоксилан 4/1111, 445; 1/171, 172; 2/1017, 1024, 1027; 5/208, 430, 997, 998  
Тетрил 4/1111, 1103; 1/154, 608, 705; 2/133, 467; 3/107; 5/988  
Тетродотоксин 3/845, 1051; 4/1194; 5/1043, 1045  
Тетрозы 3/263, 623  
Тетролы 2/643, 644; 4/158  
Тетрон 3/1139; 4/87  
Тетроники 3/1165; 4/188, 189  
D-глицеро-Тетрулоза 3/264  
Тетурам 4/1111; 1/162, 194, 317; 2/606  
Тэфзел 5/403  
Тетфон 3/124, 774, 1139; 4/291, 1007, 1008, 1104; 5/389, 403  
Технетаты 4/1112, 1113  
Техническая кислота 4/1112, 1113  
Технеций 4/1111, 1202; 3/949; 5/935  
определение 2/183; 4/1113  
получение 4/336, 1113; 5/1023  
применение 4/1113  
свойства 2/370, 873; 3/605, 956; 4/332, 584, 813, 1112  
соединения 1/364; 4/1112, 1113  
Техника безопасности 2/16; 3/323; 3/867, 868; 4/319, 550, 551; 5/470, 471. См. также *Охрана труда*  
Техническая химия 3/412  
Технические материалы  
вазелин 2/901  
вода 1/769  
волокна и нити 1/800–804, 806; 2/1203, 1204  
жидкости 4/1113, 1114. См. также отдельные группы, индивидуальные  
представители  
жиры 2/306, 309  
керосин 2/738  
каменноугольные масла 2/594–596  
клеи 2/802  
смазочные 4/1115, 594–596, 726, 1116; 3/466  
соль, см. *Натрий, хлорид; Поваренная соль*  
углерод, см. *Технический углерод*  
Технический углерод 4/1114, 51, 443, 610, 892, 1210; 1/630, 646, 930, 1171; 2/322, 594, 595, 682, 834, 846, 868, 1005; 3/101, 326–328, 446, 913, 1000, 1011, 1012, 1100, 1126; 5/39, 40, 86. См. также *Сажа*  
активный 1/636; 2/377  
диффузионный 4/1115  
как адсорбент 1/62  
как канцероген 2/606  
как краситель 2/701, 990, 993, 996, 1296  
как наполнитель 1/633; 2/704; 4/1115  
канальный 4/1115  
печной 4/1115  
термический 4/1115  
Технологические процессы 1/1017, 1020, 1021; 3/848–851; 4/349, 350  
Технологические материалы, см. *Технические материалы*  
Технора 4/1082  
Техническая, см. *Дефектоскопия*  
Тешенит 3/406  
Тзукушинами 5/525  
Тиабендиол 4/225, 247; 5/418  
2-Тиабицикло[2.2.1]гепт-2-ен 4/1160  
Тиагексакарбонидин 4/625  
11-Тиагенэйкозан 2/96  
4-Тиа-1,6-гептадиен 2/76  
1,2,5-Тиадиазол-3,4-дикарбоновая кислота 1/526  
1,3,4-Тиадиазолндиндиоксиды 5/791  
1,3,4-Тиадиазолдин-2,5-дитионы 1/739  
Тиадиазолилмочевина 1/1031  
Тиадикарбонидин 4/625  
Тиазин 4/648  
Тиазиновые красители 4/1116, 668, 1117; 2/221, 438, 460, 980; 5/363, 531. См. также *Метиленовый голубой*  
Тиазионы 4/1148  
Тиазол(ы) 4/1117, 74, 634, 648, 1118; 1/85, 236, 509, 846, 981; 2/183, 381, 699, 1270; 3/575, 678  
Тиазолдинны 1/741; 3/63, 734; 4/326, 1117  
Тиазолины 3/734  
Тиазоны 3/405; 4/1148  
Тиакарбонидин 4/625  
Тиакраун-эфиры 2/985  
Тианин 4/1118, 525, 634, 713, 1119, 1120; 1/550, 750–752; 2/969, 1193. См. также *Витамин В<sub>1</sub>*  
Бромид 4/1118  
гидрохлорид 4/1118  
дифосфат 1/610, 751, 752; 2/969, 970, 1169, 1193; 4/1118–1120, 1229  
монофосфат 1/752; 4/1118, 1119  
пирофосфат 1/610; 5/159  
трифосфат 4/1119  
Тиаминаза 1/751  
Тиана-Кальве микрокалориметрия 2/576  
Тиантер 2/144; 4/648  
3-Тиа-1,4-пентадиен 2/93, 94  
Тиапентакарбонидин 4/625  
13-Тиапентакозан 2/96  
Тиатетракарбонидин 4/625  
Тиатрикарбонидин 4/625  
Тианидины 4/625  
Тиациклобутан 4/1122, 1123  
Тиациклоксаны 4/1143, 1145  
Тиациклопентан-1,1-диоксид 4/933  
Тиациклопропан-1-оксид 4/924  
Тиациклофраны 5/745  
ТИБ, см. *Безинин*  
Тибетолды 3/291, 292  
Тибон 4/623, 1149  
Тигли 1/1192, 1194; 3/95, 999, 1009; 4/183, 184, 225, 226, 534, 982, 1176, 1177  
Тиглат 3/613, 617, 618  
Тиглиновая кислота 1/640; 3/613  
Тидназурион 5/769  
Тиднамицин 2/1135, 1136  
Тиенил 1/957  
Тиенотиофены 4/1120  
Тиенин(ы) 4/1120, 1121, 1122  
Тьет 1/1061  
Тьетан(ы) 4/1122, 1123; 3/891  
Тильные радикалы 4/1123, 634, 1124, 1137; 2/170, 745  
Тиран-1,1-диоксид 4/344  
Тиран-1-оксид 4/924  
Тиран-тиетановая перегруппировка 3/733  
Тираны 3/733–735; 4/918, 924, 930, 931, 1132, 1138, 1141; 5/791. См. также *Олефинов тиооксиды*  
Тиерин 1/1061  
Тикарцилин 2/1134  
Тиксотропия 4/1124, 487, 489, 885, 886; 1/789, 1001; 2/338, 339; 3/991, 1122, 1123; 5/73  
Тилакоиды 5/346  
Тиле модуль 5/156  
Тиле-Винтера реакция 4/1124, 1125  
Тилоза 2/633, 634; 3/126, 127, 718  
Тилозин 2/1262, 1263  
Тилкребрин 5/117, 118  
Тилорон 2/427  
Тилофорин 5/117, 118  
Тильманса-Риттера синтез 4/525  
Тималин 2/427  
Тимана модификация 5/793  
Тиманнит 4/547, 619  
Тимндилатсинтез 2/969; 5/411  
Тимндилатсуклоза 2/1325; 5/411  
Тимндин(ы) 2/969; 3/173, 597, 598, 813; 4/493. См. также *Нуклеозиды*  
Тимндикниаза 4/218  
Тимин 2/877; 3/174, 295–297, 300, 585–588, 619, 620, 812, 813, 1051, 1052; 4/1260; 5/342. См. также *Пиримидиновые основания*  
Тимнодоновая кислота 4/211  
Тимозины 1/1173, 1174; 2/427; 3/400  
Тимол 4/1125, 495, 786, 1126; 2/987; 3/60, 61, 1032; 5/140, 380

- Тимоловый синий 2/447-449, 779, 1216; 3/124; 4/936, 1126; 5/1002
- Тимолол 1/49, 50
- Тимолсульфогалени 4/936
- Тимолфталени 2/447; 3/663; 4/1126; 5/380
- Тимолфталексон 5/379
- Тимопозитины 1/1173, 1174
- Тимьяновое масло 3/59
- Тиндазол 4/239
- Тинкал 3/347, 351
- Тинкалкоинит 1/587; 3/351, 837
- 9-Теоакридон 1/112
- Теоалат-ионы 4/1138
- $\beta$ -Теоакильные радикалы 4/313
- Теоальдегиды 2/697; 3/825, 826; 4/1132-1134, 1160
- Теоамиды 1/229, 708, 981; 3/513; 4/651, 1118, 1126, 1135, 1167, 1168; 5/60
- Теоаминокислоты 1/250
- Теоангидриды 2/1085; 4/1155
- Теоанизоол 4/911
- Теоантимонаты 4/948-951
- Теоантранил 1/493
- Теоарсенаты 3/312
- Теоарсенистые кислоты 3/310
- Теоарсиновые кислоты 3/309
- Теоарсоновые кислоты 3/309
- Теоарсезон 4/241, 242, 1149
- Теоацетаты 2/325; 4/1127, 1137
- Теоацетамид 4/1126; 1/425; 2/710
- Теоацетон 4/1132
- бис-(Теоацил)дисульфиды 2/177
- Теоацилирование 4/1134
- Теоацилхлориды 2/177
- Теобезилаил 1/488
- 1,1-Теобензол 4/911
- Теобинфардин 4/652, 653
- Теобисметал 4/911
- Теогалогенды 1/949; 3/494, 577; 5/285, 286
- Теогексафторатон 1/992
- Теогидантоины 1/252, 253; 5/800
- Теогидрофосфорильные соединения 2/549; 3/179; 5/308, 311
- Теогликолевая кислота 4/1126, 1127, 1128, 1202; 2/95, 1173; 5/584
- Теогликоли 2/170; 5/991
- Теогликоляты 4/1127
- Теодан 2/469, 470
- Теодингликолевая кислота 5/793
- Теодингликоль 4/1128; 2/533; 5/991
- Теодикарб 2/473, 474
- Теодинпропионовая кислота 3/1088
- Теоизоли 2/978; 4/649
- Теоизоцианатоорганиосиланы 3/800
- Теоимидаты 3/513
- Теоиндигто 4/1128, 588, 1129; 5/353
- красители, см. *Теоиндигтоидные красители*
- Теоиндигтоидные красители 4/1129, 1130, 1146; 1/528; 2/441, 442, 1093; 3/1017; 5/359
- алые Ж и К 4/1129
- красно-коричневый Ж 2/999; 4/1129
- красный С 2/980; 4/1129
- фиолетовый 4/1129
- черный 2/999; 4/1129
- Теоиндоксази 1/492
- Теоиндоксилы 1/528; 4/1129
- Теокарбаматы 1/1029, 1030, 1064; 3/114; 4/1130, 1166; 5/60
- Теокарбамид 1/736; 2/931, 186, 187; 4/1139-1142. См. также *Теоомечивина*
- Теокарбаминные кислоты 4/1130, 228, 234, 1131, 1132, 1152, 1166; 2/419; 5/47
- Теокарбамоилирование 4/1168
- Теокарбамоильные соединения 2/374; 4/1127, 1132, 1140, 1147, 1190
- Теокарбаинилд 2/183, 186, 187
- Теокарбоксилат-ионы 4/1135
- Теокарбонаты 4/654
- N,N'-Теокарбонилдидимдазол 2/935; 4/1153; 4/1169
- Теокарбонильные соединения 4/1132, 634, 1133, 1134, 1150, 1153, 1169; 2/404, 935; 5/65, 241, 790. См. также *индивидуальные представители альдегиды, см. Теоальбесиды кетоны, см. Теокетоны кислоты карбоновые, см. Дитиокарбоновые кислоты, Теокарбоновые кислоты*
- угольные, см. *Дитиоугольные кислоты, Теоугольные кислоты*
- комплексы переходных металлов 2/626
- Теокарбоновые кислоты 4/1134, 634, 1135, 1136; 1/1097; 2/95; 3/114, 513. См. также *Дитиокарбоновые кислоты, Теоуксусная кислота*
- Теокарбораны 2/651
- Теокарбостирол 3/63
- Теокармин Р 4/1116
- Теокетаты 1/997; 4/1137
- Теокетены 3/734; 4/1135, 1136; 5/737
- Теокетоны 2/441, 1252; 3/891; 4/1132-1134; 5/790
- Теоислоты 2/706, 783; 4/1192; 5/308
- Теоисколы 1/630; 4/41, 42; 5/961. См. также *Полисульфидные каучуки*
- Теоисрезолы 4/1205, 1206
- Теоискраун-эфир 4/1128
- 1,4-Теоиссан 4/1128
- Теоиссантеин 3/398
- 6-Теоиссантин 2/1084
- (3-Теоисобутил)бейзойная кислота 4/1132
- Теоитовая кислота 2/1192
- Теоитангидриды 4/1151
- Теоитан-1,1-диоксид 4/926
- Теоитаты 3/552, 603, 734, 1090, 1091; 4/914, 916, 1150, 1151
- Теоилацетат 4/1121
- Теоил-дисульфидный обмен 1/1153
- Теоилеи-1,1-диоксиды 4/926, 927
- Теоилирование 1/709; 3/704
- Теоилкарбаматы 1/330; 4/1130
- Теоилкарбоновые кислоты 3/606, 607; 4/913, 1134, 1135, 1138, 1159, 1167
- Теоиловые ферменты 1/1097, 1098; 2/695
- Теоисульфиты 4/921
- Теоисульфонаты 4/934, 1151, 1152
- Теоисульфоильные кислоты 4/1151, 1152
- Теоисуксусная кислота 4/1155
- Теоиуретаны 4/1130
- Теоифосфаты 2/471; 4/1143, 1161; 5/255
- Теоифосфиты 1/361
- Теоиолы 4/1136, 43, 634, 635, 651, 905, 908, 913, 915, 916, 918, 923, 924, 937, 938, 976, 1111, 1124, 1127, 1131, 1133, 1137-1140, 1142, 1150-1152, 1154-1156, 1158, 1162, 1166, 1167, 1255; 1/179, 429, 442, 633, 708, 721, 1205; 2/85, 93, 95, 120, 171, 174, 402, 406, 706, 944, 1279; 3/70, 109, 115, 513, 573, 653, 734, 785, 797, 1028; 5/10, 57, 217, 295, 305, 571, 693, 709, 786, 976, 991, 1057
- алифатические и алициклические, см. *Меркаптаны, Теоиспирты*
- ароматические, см. *Теоифенол, Теоифенолы*
- Теоимал ФД 2/186
- Теоималилаты 3/250
- Теоимечивина(ы) 4/1139. См. также *Теокарбамид*
- аминопроизводные, см. *Теосемикарбазиды*
- N,N'-дизамещенные 2/629; 4/1169
- диоксид 4/1141
- изостроения, см. *Изотииомечивина*
- клатраты 2/798
- определение 1/615; 4/1142; 5/149
- органокмплессы 3/347
- получение 2/176; 4/1141, 1165; 5/701
- применение 2/1294; 4/1142
- свойства 1/262, 333, 496, 682, 736, 1129, 1142, 1210; 2/70, 93, 119, 182, 235, 710, 1273, 1275; 3/63, 244, 734, 800, 1050; 4/92, 205, 397, 429, 626, 652, 653, 668, 713, 908, 999, 1021, 1127, 1128, 1134, 1140, 1141, 1143, 1147, 1152, 1163; 5/129, 455, 456, 534, 989
- Теоиурьявиная кислота 4/1134, 1135; 5/224
- Теоимышьяковистая кислота 2/783
- Теоизации 3/405
- Теоизалид 1/736; 4/975
- Теоизафтены 1/528; 2/441, 442; 4/1128, 1129
- Теоизафтолы 1/336
- Теоизил 3/577
- Теоизилгалогенды 4/1142, 157, 205, 358, 562, 571, 802, 900, 917, 922, 938, 1055, 1056, 1096, 1098, 1128, 1143, 1203-1205, 1264; 1/265, 299, 442, 493, 494, 514, 526, 528, 530, 668, 709, 943, 950, 953, 973, 1005; 2/88, 177, 179, 544, 591, 593, 629, 645, 646, 1125, 1213, 1272, 1274; 3/33, 103, 253, 488, 515, 523, 527, 675, 690, 692, 707, 916, 1046, 1057; 5/57, 280, 487-489, 565
- Теоинилхлорид, см. *Теоинилгалогениды*
- $\beta$ -Теоинимины 2/381
- Теоинии 5/363
- Теоинирование 2/1194; 4/1133
- Теоинитриты 4/1124, 1138
- Теоинкарбаматы 4/1130, 1131
- Теоинкарбонаты 2/420, 935; 3/606, 607; 4/1135; 5/311, 779. См. также *Теоиперегруппировки*
- Теоинкарбоновые кислоты, см. *Теоинкарбонаты*
- Теоиновые кислоты, см. *Теоин-тиольная перегруппировка*
- 2-Теоино-1,3-тиазолидин-4-он 4/1127
- Теоин-тиольная перегруппировка 4/1143, 1131, 1160-1162; 1/961; 3/607, 608, 1090, 1091; 5/311
- Теоинуксусная кислота 4/1155
- Теоинуретаны 4/1130
- Теоиофлуитин-В 4/652
- Теоиофосфаты 3/1090, 1091; 4/1143, 1161, 1163; 5/7, 13, 255, 267
- Теоиофосфинаты 2/811, 812
- Теоиофосфонаты 2/811, 812
- Теоионы 3/734, 735; 4/1139
- Теоисоксиды, см. *Олефинов тииоксиды. Тицраны*
- Теоипентал-кислота 4/1143
- Теоипентал-натрий 4/1143, 812
- Теоиперегруппировки
- Клайзена 2/787
- Ньюмена-Кворта 3/606, 607; 4/1131, 1143, 1160
- Пищевуки 3/1090, 1091; 4/1143, 1161
- эфирные, см. *Теоин-тиольная перегруппировка*
- Теоипиразол 3/1035
- Теоипираида соли 4/1143, 1144
- Теоипираны 4/1143, 1144, 1145
- Теоипирилия соли 4/1144, 634, 930, 1121, 1143, 1145; 2/65
- Теоипирионы 4/1143, 1145
- Теоипородани 4/530, 531
- Теоисалициловая кислота 4/1145, 1128, 1129, 1146
- Теоисахара 3/268
- Теоиселениды 4/614
- Теоисемикарбазиды 4/1146, 622, 1147, 1148, 1250
- Теоисемикарбазоны 4/1147, 234, 622, 1146, 1148, 1149
- Теоисерная кислота 2/783; 4/1149; 5/182
- Теоисолы 3/166, 577; 4/547, 550, 637, 951
- Теоиспирты 1/424; 2/1203. См. также *Меркаптаны, Тииолы, Теоифенолы*
- Теоисульфаты
- неорганические 4/1149, 626, 638, 657, 1150; 1/901; 2/533, 783. См. также *Натрий, тииосульфат*
- определение 2/499, 710, 711; 4/549
- органические 4/1149, 908, 1139, 1150, 1151; 2/170. См. также *Бунте соли*
- Теоисульфиты 2/170
- Теоисульфиты 4/634; 5/961
- Теоисульфокислоты 4/1151, 915, 916, 1152
- Теоисульфонаты 4/1151, 1152
- Теоителлураты 4/1020
- Теоителлурды 4/1019
- Теоителлурды 4/1019
- ТеоТЭФ 4/234
- Теоугольные кислоты 4/1152, 634
- амиды, см. *Дитиокарбамининовые кислоты, Тииомечивина*
- хлорангидриды 4/1131
- эфир 4/1152-1155. См. также *Ксантогенаты*
- Теоуксусная кислота 4/1155, 1126, 1156; 5/57
- Теоурацил 4/1163
- Теоуретан 5/87
- Теоурниды 3/174
- Теофан(ы) 3/458; 4/1096, 1122, 1157
- Теофанаты 4/247; 5/418, 422
- Теофен 4/1156, 515, 651, 719, 774, 917, 927, 930, 931, 1117, 1120, 1145, 1157, 1158; 1/376, 423, 513, 598, 709, 902, 929, 930, 983, 1040, 1061, 1083, 1157, 1177; 2/93, 106, 314, 347, 1046, 1172; 3/82, 248, 372, 458, 463, 464; 5/367, 429, 785
- S-производные 4/634
- 2,5-Теоифендикрбионовая кислота 4/1158
- 2-Теоифенкарбальдегид 3/966
- Теоифенол 4/1158, 205, 1129, 1150, 1159; 2/777, 1087. См. также *Теоифенолы*
- Теоифенолы 4/1159, 172, 741, 1154, 1160; 1/336; 2/602, 607, 704; 3/1028; 5/59, 962. См. также *Меркаптаны, Тииолы, Тииоспирты, Теоифенол*
- Теоифлавии 2/1217
- Теоиформальдегид 4/1160, 1132; 3/825, 826
- Теоиформилбейзойная кислота 4/1132
- Теоифос 2/470
- Теоифосген 4/1153, 1154, 1168
- Теоифосфамиды 4/234
- Теоифосфаты
- неорганические, см. *Фосфаты неорганические*
- органические 4/1160, 1161-1163; 2/470-472; 5/253
- Теоифосфинистые кислоты 5/261
- Теоифосфинты 4/1162
- Теоифосфонильные кислоты 5/275, 280
- Теоифосфорильные соединения 2/415; 3/179; 4/1161, 1192; 5/262, 294, 310, 311
- Теоифосфорные кислоты 1/286; 2/470-472; 4/1163, 1164; 5/242, 286, 421, 988
- Теоифталимид 5/417
- Теоидинон 1/492
- Теоихолины 4/1163, 1164



- Тнохром 4/118, 1119  
Тнохромы 5/360  
Тнохромоны 1/518  
Тноциан 4/1164, 1165, 1167  
Тноцианаты  
неорганические 4/1164, 482, 1165, 1166; 1/337, 682; 2/522, 822; 3/365, 366, 969; 5/702. См. также соединения химических элементов  
органические 4/1165, 525, 924, 1131, 1134, 1135, 1156, 1164, 1166–1169; 2/176, 474; 5/129, 545, 957. См. также *Изотопицианаты*  
Тноциановая кислота 1/683, 782; 2/246; 4/1127, 1141, 1156, 1164, 1165  
Тноцианогруппа 2/282, 449, 450, 1217  
 $\alpha$ -Тноцианокетоны 4/1118  
Тноциклам 2/469  
Тноэтаноламин 3/63, 64  
Тноэфир 1/720, 825; 2/5, 325, 470–473, 524, 645, 654, 697, 787, 1252; 3/671; 4/634, 774, 908, 909, 911–915, 925, 1135–1139, 1149–1156, 1159–1163, 1165–1169; 5/57, 262. См. также *Сульфиды органические*  
Типов теория 3/572, 785  
Типографские краски, см. *Краски полиграфические*  
Тирам 1/162; 4/247, 494; 5/417  
Тирамин 1/51; 3/254, 616, 620; 4/1170  
Тиреоглобулин 1/1012; 4/1169, 1171  
Тиреоидин 4/1171  
Тиреокальцитонин 2/581, 582  
Тиреотропин, см. *Тиреотропный гормон*  
Тиреотропин-рилизинг-фактор (гормон) 4/1171, 1172  
Тиреотропный гормон 4/1169, 516, 758, 1170; 1/39, 1172; 2/1228; 5/218, 605  
Тиродин 4/395, 531  
Тирозил 3/617, 618  
Тирозил-гРНК-синтетазы 1/241  
Тирозин 4/1170, 217, 516, 517, 832, 1075, 1171, 1260, 1261; 1/224, 369, 396, 475, 477, 1012, 1013, 1152, 1171; 2/222, 400, 606, 635, 696, 862, 1086, 1152; 3/163, 271, 272, 274, 275, 594, 619, 620, 881, 893; 5/34, 121, 159, 217, 345, 518, 590, 954  
Тирозиназа 2/696; 3/36; 5/916  
Тироксин 4/1171, 1169, 1170, 1172, 1258; 1/340, 484, 1118, 1119, 1171, 1173  
Тироллиберин 4/1171, 1169, 1172; 3/400  
Тирон 4/972  
Тироцидин 3/810  
Титан 4/1172, 431, 710; 2/789; 3/849, 949; 5/938  
амальгамы 1/223  
бориды 1/583, 584; 2/736; 4/1173, 1175  
галогениды 4/1175, 1173, 1174, 1176; 1/950; 5/712  
гидриды 1/591, 592, 1081, 1082; 2/13; 4/1173, 1175  
гидроксиды 2/1079; 3/79; 4/673, 1173, 1174, 1177–1179, 1181  
интерметаллиды 1/332, 384; 2/477, 480–482, 484–486; 3/753; 4/809, 1181  
карбид(ы) 4/1176, 142, 333, 1008, 1009, 1173; 1/815, 820, 1190; 2/260, 624, 625, 734, 736, 737; 3/75, 493  
карбонат 4/673  
метеоритный 2/963  
минералы 1/359, 1018, 1082; 2/263; 3/489, 635, 969, 1193; 4/559, 561, 979, 985, 1172; 5/788  
нитраты 3/577; 4/1173  
нитрид 4/1176, 1173, 1177, 1178; 2/737, 962; 3/249, 509  
оксиды 4/1177, 333, 627, 836, 838, 1178, 1179; 2/832; 3/91, 805, 971; 5/322, 323, 1001  
– диоксид 1/623, 774, 1044, 1055, 1141; 2/51, 111, 137, 222, 263, 319, 351, 601, 653, 675, 677, 733, 800, 801, 804, 805, 996, 997, 1002, 1003, 1015, 1210, 1226, 1296; 3/89, 325, 433, 646, 775, 776, 907, 984, 991, 1011–1013, 1027, 1089, 1100, 1114, 1197, 1234; 4/51, 87, 92, 209, 443, 502, 508, 559, 567, 588, 602, 673, 708, 709, 835, 869, 879, 1010, 1172–1179, 1182–1184; 5/363, 378, 470, 552, 563, 675, 925. См. также *Анализ Рутил*  
определение 1/121, 380, 670, 990; 2/84, 87, 139, 203, 205, 710, 1090, 1104, 1224, 1271; 3/113, 969, 1044, 1058; 4/569, 935, 936, 1174; 5/128, 431, 636  
органические соединения 4/1184, 839, 856, 1179, 1185; 1/166–170, 364, 365; 2/183, 203, 731, 872, 873, 924, 1012, 1014, 1015; 3/78, 79, 285, 1016, 1056, 1216; 5/712, 713  
перхлорат 3/990  
получение 1/1104; 2/496, 580, 734, 1235; 3/88–91, 93, 349, 635, 1000, 1001, 1068, 1070, 1100; 4/139, 142, 559–561, 567, 613, 712, 820, 1165, 1173–1175; 5/205, 497, 651, 854, 923  
применение 1/631–633, 832, 871, 977, 1063; 2/670, 800, 950, 1227, 1235; 3/71, 87, 161, 334; 4/1098, 1174, 1175, 1179; 5/553, 712, 713, 730, 731, 796, 903, 904, 908, 909, 920  
свойства 1/631, 632, 1015, 1060; 2/84, 137, 282, 321, 596, 671, 672, 767, 919, 1099; 3/75, 97–99, 169, 349, 439, 889, 955, 958, 975, 1075, 1087, 1088; 4/434, 574, 723, 813, 1009, 1172, 1173, 1176, 1177; 5/4, 761, 878  
силициды 4/684, 1173  
сплавы 4/1179, 467, 584, 712, 808, 809, 1008, 1009, 1173–1175, 1180, 1181; 1/618, 1039, 1063; 2/249, 250, 257, 260, 263, 321, 548, 827, 828, 878, 947–949, 957, 1153, 1154, 1241, 1242, 1283; 3/75, 86, 88, 92, 100, 147, 249, 257, 274, 349, 482, 484, 497, 498, 758, 890, 940; 5/80, 81, 451, 618, 703, 909  
сульфаты 4/1181, 279, 527, 1173, 1178, 1182, 1183  
феррит 5/163  
фосфаты 4/981, 1173  
фосфид 5/256, 257  
халькогениды 2/477; 4/910, 1024, 1173, 1175  
хлориды 4/1182, 22, 30, 31, 62, 672, 944, 1027, 1173, 1174, 1176, 1177, 1179, 1183; 1/628, 814, 983, 949, 950; 2/93, 121, 182, 210, 239, 325, 554, 673, 697, 1022; 3/78, 90, 93, 285, 349, 488, 527, 552, 553, 739, 761, 796, 797, 803, 1012, 1017, 1026, 1056, 1069, 1220; 5/16, 224, 367, 372, 555, 711, 712, 735  
Титанаты 4/1183, 575, 985, 1172, 1175, 1176, 1178, 1184; 3/433, 777, 1012, 1013; 5/73, 835  
Титанирование 3/1101  
Титановые кислоты 4/1182, 1183  
Титанометрия 3/796, 797  
Титанофтористоводородные кислоты 4/1175  
Титова модификация 2/900  
Титр 2/306, 915  
Титранты 2/449, 450, 915, 1098–1100; 5/181, 1189  
Титраторы 4/1185, 1186, 1187. См. также *Титриметрия*  
Титриметрия 4/1187, 396, 397, 467, 550, 557, 569, 615, 945, 1188, 1189; 2/1008–1010, 1231; 3/161, 523, 645, 713, 714, 795–798, 1044; 5/173, 274, 284, 335, 379, 489, 490, 637, 656, 659, 694, 750, 933  
массовые анализы, см. *Титрование*  
приборы, см. *Титраторы*  
титранты 2/449, 450, 915, 1098–1100; 5/181, 1189. См. также отдельные методы  
Титрование 4/396, 640, 972, 975, 1056, 1187–1189; 5/77, 172, 173. См. также *Титриметрия*  
алкалиметрическое, см. *Алкалиметрия*  
амперометрическое, см. *Амперометрическое титрование*  
аргентометрическое, см. *Аргентометрия*  
в водных и неводных средах 2/282, 447, 448; 4/360  
в гальваностатическом режиме 2/1098–1100  
влияние  $\text{CO}_2$  2/448  
высокотемпературное 2/210, 897  
вытеснительное 2/871  
дизальмометрическое, см. *Дизальмометрия*  
заместительное 4/1189  
иодометрическое, см. *Иодометрия*  
каталиметрическое 2/756, 757  
кислотно-основное, см. *Кислотно-основной анализ*  
комплексометрическое, см. *Комплексометрия*  
кондуктометрическое, см. *Кондуктометрия*  
кулонометрическое, см. *Кулонометрия*  
нефелометрическое, см. *Нефелометрия и турбидиметрия*  
обратное, см. *Обратные процессы (методы)*  
осадительное 2/205, 449, 896; 4/155, 1188, 1189  
окислительно-восстановительное, см. *Окислительно-восстановительные методы*  
оксидиметрическое 3/349  
перманганатометрическое, см. *Перманганатометрия*  
показатель 2/447  
потенциометрическое, см. *Потенциометрия*  
прямое 4/1189  
радиометрическое 4/328  
термометрическое 5/172  
точка конечная, см. *Конечная точка титрования*  
– эквивалентности 2/447, 450, 451, 757, 779; 4/155, 328, 1187  
трилонометрическое 2/1230  
ферриметрическое 3/969  
фотометрическое, см. *Фотометрический анализ*  
Тнтьютоксины 4/1195; 5/1046  
Тиурамсульфиды 1/645; 2/175–177; 4/1190; 5/571. См. также *Алцилтиурамсульфиды*, *Тетурам*, *Тиурамы*  
Тиурамы 4/1190; 1/162, 846; 2/631; 5/799. См. *Тиурамсульфиды*  
Тиурония соли 1/1129; 5/700  
Тиффено реакция 4/1190, 610, 1191; 2/33; 3/1024  
Тиффено-Демьянова реакция 4/1190, 1191
- Тищенко реакция 4/1191, 207, 1192; 1/170, 197; 5/222, 979, 1011  
Тищенко–Клайзена реакция 4/1191  
Тизтилперазин 4/393  
Тканые материалы. См. также *Волокна* и их виды  
антифракционные 1/344  
время защитного действия 2/324  
грунтовок 1/1208  
импрегнирование, см. *Импрегцированные материалы*  
как диэлектрики 2/268  
как наполнители 3/329, 802–804  
калусные 4/1243  
крашение 2/441, 613  
обработка, см. отдельные операции, *Текстильно-вспомогательные вещества*  
огнестойкость 3/353  
отбеливание 3/658, 972, 978; 5/560, 564, 568  
печать, см. *Печатание тканей*  
промокаемость 2/324  
пропиточные составы 2/323, 324, 406; 4/1102  
прорезиненные 2/324; 3/1244; 4/443, 445  
склеивание 2/802  
фотографические 5/320  
Тлеиш 1/1175, 1177; 3/1187; 4/571  
Тлеуший разряд 3/1094, 1102, 1103; 4/777  
Тминное масло 2/652; 4/1093; 5/746  
ТМТД, репеллент 1/162; 4/494, 495  
Тоберморит 2/588  
Тобияса кислоты 3/382, 383, 386  
Тобрамицин 1/246  
Тогген 4/1082–1084; 5/22  
Тодда–Атертона реакция 4/1192, 683; 5/256, 278  
Тозилаты 4/1192, 581, 914, 925, 930, 937, 999, 1155, 1204, 1205; 1/658, 874, 1100; 2/21, 65, 74, 96, 120, 311, 646, 986, 1148; 3/125, 268, 521, 603; 5/121. См. также *Толуолсульфокислоты*  
Тозилирование 4/1192, 1193  
Тозильная группа 2/26  
Тойкампони 3/594, 595  
Тойдофлони 5/389  
Ток(и)  
блуждающая 2/956; 3/1179, 1180  
внутриатомные круговые 2/77  
деполяризация и температура 4/1062  
диффузионный 2/194, 954, 1098; 4/123, 128; 5/637, 638, 895, 911  
заряжения 5/910  
ионный, интегрирование 2/1317  
источники, см. *Химические источники тока*  
каталитический 5/638  
кинетический 1/808; 4/128  
коррозии 2/954  
наложенный, защита от коррозии 2/323  
носители, см. *Носители заряда*  
обмена 4/1193, 993; 5/841, 847, 911, 919, 923, 925  
плотность, см. *Плотность тока*  
сила, закон Ома 4/1067  
туннельный 5/28  
фарфелевский 5/910  
фотоинициация 5/331  
фотоэлектронной эмиссии 5/362, 363  
электролиза 1/753, 754; 2/1098, 1099; 5/637–639  
электронные интеграторы 2/1098  
Токаиин 1/319, 320  
Токол 1/748  
Токолитики 4/1193, 1194  
Токолитические средства 4/1193, 774, 1194

- Токоферолы 1/519, 551, 748, 749, 752; 2/660; 3/48, 1088, 1186; 4/48, 381, 382, 1088, 1186; 4/744; 5/685. См. также *Витамины E*
- Токсафен 2/343
- Токсикарол 4/541
- Токсины 4/1194, 1195, 1196; 1/603, 980, 1218; 2/295; 3/54, 150, 153, 154, 846, 934, 1051; 5/1042–1046
- бактерий, см. *Батулинические токсины*, *Микроорганизмы*, *Рицины животных*, см. *Яды животных* и *крезомителли* 2/1078
- и система компонента 2/874–876
- растений, см. *Микотоксины*, *Яды растений*
- C-токсиферин 1/2460; 5/1051, 1052
- Токсичность 4/1196, 1197; 2/104; 3/1194. См. также *Токсины*, *Яды*, индивидуальные представители и их группы
- атмосферных загрязнений 3/853, 854
- и ПДК, см. *Предельно допустимые концентрации*
- отходов производства и потребления 3/851
- Токунол 1/1033
- Тол 1/705
- Толан(ы) 1/530; 2/182
- Толерогены 1/318
- Толандия 1/491; 4/397; 5/554
- Толлил 2/569
- Толлилазид 1/74
- l-(n-Толлиламино)-4-гидроксиантрахинон 1/259, 260, 353
- Толлиламины 4/1198
- o-Толлиларисульфоны 4/729
- Толлилборная кислота 1/600
- l-Толлилгидразин 1/655
- Толлилизациаваты 2/401
- Толлилмагнийбромид 4/1205
- (n-Толлил)мезитилсульфоксид 4/392
- 3-(Толлил)пропионовые альдегиды 5/366
- n-Толлилсилатран 4/672
- n-Толлилсульфинат 1/658
- o-Толлилтгюкарбамид 1/736
- Толлилфлуанид 5/417
- Толлилхлориды 5/583
- β-Толлилетилловые спирты 3/122
- Толлипомидины 1/302
- Толлисеа реактив 4/1197, 1198
- Толлифатат 4/228, 229
- Толугидрохинон 4/91
- бис-(n-Толлиудино)антрахиноны 2/302
- Толудиновый синий 1/322
- 3-(4-Толлиудино)фенол 5/146
- Толуидины 4/1198, 74, 649; 1/75, 77, 244, 254, 270, 493, 545, 944; 2/336, 606; 3/25, 191, 559, 561, 1021, 1219; 5/146, 412, 521, 583
- Толулендиамины 4/1198, 256, 1199; 1/75; 3/694
- Толулендиэозианаты 4/1199, 50, 54, 1200, 1202; 2/202, 401, 406, 805; 3/903, 1251; 5/72, 73, 85
- Толуленовые красители 2/438
- Толулыные альдегиды 4/1200, 1201; 5/121
- Толуловые кислоты 4/1201, 1055, 1200; 2/120, 396, 1092; 3/58; 5/127, 378
- Толунитрил 4/287
- Толуол 4/1201
- определение 2/293
- получение 1/158, 438, 948; 2/591, 684, 686, 846, 1041; 3/119, 446, 449, 451, 462, 466, 1000, 1005, 1061, 1129; 4/526, 926, 969, 1060, 1202, 1204, 1205; 5/122, 833
- применение 1/52; 2/1281; 4/223, 285, 1202
- свойства 1/373, 487, 488, 495, 496, 503, 517, 530, 604, 605, 754, 831, 947, 987, 1089, 1217; 2/6, 143, 216, 440, 615, 616, 646, 667, 777, 810, 908, 1004, 1088, 1093, 1273; 3/108, 122, 127, 673, 726, 760, 833, 884, 894, 1021; 4/197, 329, 339, 359, 421, 512, 595, 631, 690, 868, 869, 917, 1114, 1148, 1192, 1200, 1202, 1204, 1205, 1267; 5/27, 56, 133, 221, 222, 366, 368, 459, 495, 566, 746, 778, 817, 906
- 3,4-Толуолдитиол 4/1202
- Толуолсульфамиды 4/1202, 581, 896, 1203–1205; 1/175, 240; 5/557, 558
- Толуолсульфиновые кислоты 4/1203–1206
- Толуолсульфокислоты 4/1204, 61, 446, 802, 917, 1128, 1203, 1205; 1/164, 423, 432, 648; 2/41, 92, 376, 413, 538, 1004; 3/33, 717, 881, 911, 945, 1197; 5/5, 126, 134, 136, 430, 909, 977, 1011
- азиды 1/71
- амиды, см. *Толуолсульфамиды*, *Хлорамиды*
- гидразиды, см. *Ариасульфониогидразиды*
- изоцианаты 4/1203, 1204
- соли и эфиры, см. *Толулаты*
- хлорангидриды, см. *Толуолсульфохлориды*
- Толуолсульфонаты 1/1110; 4/999
- Толуолсульфонилмочевины 4/1203
- Толуолсульфоновые кислоты, см. *Толуолсульфокислоты*
- Толуолсульфохлориды 4/1205, 396, 937, 1192, 1204, 1206; 2/629, 1319; 3/1218
- Толуол 2/898
- Толуотанский бальзам 1/454, 495, 510; 2/936
- 1,4-Толуохинон 1/532, 533
- Толуциклат 4/228, 229
- Томаса–Ферми приближение 5/875
- Томасовский процесс 2/498; 3/95; 5/54
- Томатидин 4/861, 862
- Томатон 5/585
- Томато-фикс 5/585
- Томография 2/49; 5/1030
- Томлаки 2/1331
- Томса эффект 4/487
- Тонаксилы 2/995
- Тоинирование
- стекла автомобилей 3/334
- фотоизображения 2/268, 994, 995; 3/334; 4/502, 503, 508; 5/455, 456
- Тонкие взаимодействия 1/405, 413; 4/797, 798; 5/871, 884, 888, 889
- Тонкие пленки 4/1206, 1207; 2/858, 859, 1299; 3/240, 1099, 1101–1103
- вакуумное напыление 3/334, 335, 1104; 2/950; 4/807
- и колебательные реакции 2/851
- и коррозия металлов 2/953
- и пены 3/921, 922
- и смазочное действие 4/725
- колесценция 2/818
- магнитные 2/1242, 1243
- моно- и микрокристаллические 3/75, 255
- монослой, см. *Мономолекулярный слой*
- оксидные, см. *Оксидирование*
- оптические 3/776
- поверхностные эффекты 3/1161, 1171
- полимерные, см. *Пленки полимерные*
- полупроводниковые 3/335
- расклинывающее давление 3/1174; 4/344, 345
- растровая микроскопия 5/872
- толщина, см. *Эллипсометрия*
- электрореологические 4/491
- эмульсионные 5/948
- эпитаксиальные, см. *Эпитаксия*
- Тонкие процессы (методы)
- измельчение 2/350; 3/630
- органический синтез 4/1207, 1208; 2/594, 981; 3/784, 833; 5/153
- электрофорез 5/865
- Тонкослойная хроматография 4/1208, 1209; 1/478; 2/188, 293, 294, 1171; 3/433, 769, 796, 798, 818; 5/23, 35, 112, 172, 270, 425, 621
- Тонокард 3/487
- Тонокс 2/80
- Тонифтал 4/228, 229
- Топаз 3/167; 4/680, 681; 5/386
- Топанолы 2/91
- Топленое масло 2/306
- Топлива(о) 4/1210
- альтернативные, см. *Альтернативные топлива*
- бытовые, см. *Бытовые топлива*
- ваграночное 2/839
- высокоэнергетические 2/1035
- газообразные, см. *Газы нефтяные*, *Газы природные горючие*, *Коксовый газ*, *Топливный газ*
- газотурбинные 1/922; 2/1005; 3/278
- горение 1/1170, 1171
- детонационная стойкость 2/46, 47, 466, 467; 1/499, 607, 705, 1164; 3/725, 726; 5/53, 54
- дизельные, см. *Дизельные топлива*
- жидкие, см. *Жидкие материалы*
- котельные, см. *Котельные топлива*
- моторные, см. *Моторные топлива*
- наддув 2/882
- печные 2/1005; 5/41
- природные, см. *Горючие сланцы*, *Древесина*, *Нефть*, *Торф*, *Угли*
- присадки, см. *Присадки к топливам*
- ракетные, см. *Ракетные топлива*
- реактивные, см. *Реактивные топлива*
- сернистые, см. *Мазуты*
- твердые, см. *Газификация твердых топлив*
- углемаляные 5/40, 41; 1/205, 1087–1089
- химмотология 5/516, 517
- эксергия 5/804, 805
- ядерное, см. *Ядерное горючее*
- Топливные элементы 4/1210, 266, 346, 1211; 3/1130, 1134; 5/658, 847, 859, 910, 917, 927
- Топливный газ 3/1066; 4/194, 1061, 1139
- Топные отношения 4/1211, 858, 1212, 1213, 1215; 5/538
- Топография рентгеновская 4/477
- Топоизомеры 4/1213, 231
- Топология 4/1214, 857, 1215; 2/694, 906; 3/322; 5/174, 175, 464, 538. См. также *Графов теория*
- Топомеризация 4/1215, 993, 1216. См. также *Рацематы*
- Топохимические реакции 4/1216, 412, 415, 999, 1000, 1217, 1218; 1/1049; 5/252, 516
- Тораты 4/1219
- Торбернит 5/281
- Тордон 1/1029
- Торейка 5/49
- Торейлон 3/1198–1200
- Торейфаи 3/1139
- Торелина 3/1139
- Торнит 1/1002; 4/1218
- Торий 4/1218, 299, 431; 5/935, 938, 1017
- аквакомплексы 2/928
- бориды 4/1219, 1220
- галогениды 3/90; 4/1219, 1220; 5/388
- гетерополиокислоты 1/1060
- гидрид 4/1219, 1220
- гидроксид 4/435, 1219
- интерметаллиды 1/332, 1037; 2/481, 484
- карбиды 2/624; 4/1219
- металлы 4/1219
- металлургический 2/963
- нитрат 2/340, 896; 3/583; 5/827
- нитрид 4/1219
- оксиды 1/820, 821; 2/250, 736, 737, 747, 879; 3/88, 89, 325, 483, 739; 4/785, 1138, 1218–1220; 5/199, 861
- определение 1/336, 380; 2/87, 451, 710, 731, 1090, 1104, 1224, 1230; 3/124, 272, 290, 707, 1058; 4/397, 569, 936, 1221; 5/1030, 1031
- органические соединения 2/731, 928, 1083; 5/276
- получение 1/1104; 2/546, 580; 3/26, 89, 90, 413, 1193; 4/560, 561, 1165, 1220; 5/923, 926
- применение 1/133, 1063; 2/564; 4/1220; 5/76, 160
- свойства 1/132, 1002, 1015; 2/84, 282, 384, 394, 670; 3/97, 165, 403, 583, 955, 957, 958, 1093; 4/299, 318, 322–325, 327, 337, 338, 433, 434, 723, 1214, 1218–1220; 5/166, 366, 945, 946, 1018, 1019
- связицад 4/68, 481, 1219, 1220
- сплавы 1/1063; 2/537
- сульфат 4/435
- фосфида 4/1219, 1220
- халькогениды 4/618, 1219, 1220
- Торит 4/1218
- Торк 1/108
- Торкретирование 3/651
- Тормозное излучение 2/499, 500, 503, 1219
- Тормозные жидкости 1/650, 1068; 4/31, 199, 627, 1113, 1114
- Торнел 5/49
- Торитона правило 5/642
- Торон(ы) 4/1220, 323–325, 394, 396, 1221; 3/310; 5/948
- Торпа обратная реакция 4/1222
- Торпа–Циглера реакция 4/1221, 1222; 1/47, 258; 3/514; 5/711, 713
- Торсионные углы 2/601; 3/208, 210, 219, 331, 390, 600, 606; 4/1032, 1033
- Тортвейтит 4/675, 710
- Торф 4/1222, 100, 571–573, 1042, 1223; 1/280, 329, 878, 881; 2/131, 341, 348, 504, 703; 3/450, 1054; 5/51
- Торфяные материалы
- битумы 1/565
- воск 1/825–827
- зола 2/348, 498
- нитрагин 1/451
- туфы 2/348
- удобрения 3/789; 5/54
- Тотальный анализ 3/784
- Точка(и)
- анилиновая 1/307; 5/696
- Бойля 1/727
- гелеобразования 1/1001; 4/662
- изоэлектрическая 2/408; 3/1166; 4/78; 5/866, 867
- компенсации 5/163
- Крафта 3/182, 302
- критические, см. *Критические параметры*
- Кюри, см. *Кюри точки*
- Нееля 1/341; 2/1111; 3/882; 5/97, 102, 104
- перехода 2/451; 5/102–104
- перитетические 2/59, 60
- ломутения 3/182; 4/700
- реперные 4/1076, 1077
- росы 4/539, 540, 954, 1032, 1033; 1/756, 896, 897, 905, 906; 2/322, 890

- седловые реакции 1/45, 121-125; 2/916, 917; 3/1175-1177  
сингулярные 2/55; 3/434  
титрования конечная, см. *Конечная точка титрования*  
- эквивалентности 2/447, 450, 451, 757, 779; 4/155, 328, 1187  
тройные 5/15, 16, 99, 101, 465; 1/923, 1003; 2/57; 4/890, 1029, 1077  
фигуративные 2/56, 58, 59, 63, 64  
эвтекτικές 2/58-60, 63  
эвтоническая 2/63, 64; 4/358
- Точность**  
анализа 3/139  
взвешивания 1/685, 686, 699-701
- Тошние материалы**  
известь 2/350  
угли 2/597
- Травление** 4/1223, 33, 326, 483, 836, 1128, 1216, 1224; 2/435, 436, 452-454, 1008, 1031, 1130, 1180, 1212; 3/368, 700, 1104, 1105, 1247; 5/25, 62, 263, 333, 334, 363, 550, 911-913, 925
- Травоген** 4/228, 229
- Тразодон** 1/325, 326
- Трайсел** 1/425-427
- Тралометр** 3/1042
- Транквилизаторы** 4/1224, 240, 268, 269, 743, 773, 1193, 1225; 1/317, 504; 2/459; 3/61, 398, 399; 5/115, 520, 592
- Трансактиноиды** 5/1016, 1023
- Трансалькирирование** 2/1093; 3/936
- Трансалькоголиз** 4/595
- Трансальдоза** 3/918
- Трансамназы** 1/552, 751; 3/936, 937
- Трансаминирование** 1/395, 558; 3/762, 810-812, 936-938; 4/642
- Трансаннулярные реакции** 4/1226, 1227; 5/721, 724
- Трансвлияние** 3/413
- Трансгалогенирование** 3/938
- Трансгидрогеназа** 4/1228
- Трансглюкозилрование** 1/1126; 5/661
- Трансглюкозилазы** 2/988
- Трансдукция** 4/451
- Трансудин** 4/516, 538
- Транскальциферин** 1/746
- Транскетолаза** 4/1228, 1119, 1229, 1241; 1/751; 2/969; 3/614, 918, 921
- Транскобаламин** 1/742
- Транскорин** 1/483, 484
- Транскриптазы** 2/1325; 3/211, 1242; 4/1231
- Транскриптоны** 4/1229, 1231
- Транскрипция** 4/1229, 276, 426, 427, 464, 517, 528, 810, 1229-1231, 1240, 1242; 1/559, 1009, 1010, 1012; 2/428, 877, 1322, 1324, 1325; 3/149, 151, 152, 198, 211, 212, 300, 587, 588, 595, 622, 626, 927; 5/620, 636, 818
- Транслокация** 1/483; 4/521
- Трансляция** 4/1231, 276, 519-522, 1232-1236, 1242; 1/482, 559; 2/428, 877, 1068, 1322-1324; 3/174, 197, 198, 211, 212, 300, 588, 595, 622, 626; 5/606, 818
- Трансметаллирование** 3/72; 5/757
- Трансмелирование** 1/39; 4/1241
- Трансмиссионная микроскопия** 5/869-871, 873, 874, 877, 893
- Трансмиссионные масла** 4/1237, 726; 2/310, 900
- Трансмиссионный коэффициент** 1/125; 2/754
- Трансмутация** 1/189; 4/322; 5/43
- Транспептизация** 4/521, 1075, 1234, 1235
- Трансплютоиниевые элементы** 3/99, 1155
- Транспозоны** 3/150, 151
- Транспорт**  
иономембранный 2/522-524  
пневматический, см. *Пневмо- и гидротранспорт*  
технологический, см. *Транспортеры химический*, см. *Реакции химические транспортные*
- Транспортеры** 1/695, 698; 2/219; 3/1083, 1084; 5/630
- Транспортные биополимеры**  
белки 1/43, 470, 472, 483, 484, 746; 3/712  
рибонуклеиновые кислоты 4/1237, 521-523, 1232-1235, 1238-1241; 1/240, 241, 1012, 1013, 1211; 2/877, 1152, 1169, 1181; 3/173-175, 300, 420, 586-588, 594, 595; 5/769
- Транстеоэстераза** 1/609
- Трансуановые элементы** 4/1241, 1257; 1/408; 2/370; 3/97, 99, 402, 577, 955; 5/935, 1023
- Трансфекция** 4/1243
- Трансферазы** 4/1241, 1228, 1229, 1242; 1/368, 395, 396, 1000, 1001, 1150, 1151, 1153; 2/364, 365; 3/198, 1241, 1242; 5/158, 159, 243, 268
- Трансферрины** 1/484, 1138; 2/412
- Трансферные рибонуклеиновые кислоты** 4/1237
- Трансформаторные масла** 1/334, 616; 2/208, 363, 676, 981; 3/446, 697, 1245; 4/1116; 5/11
- Трансформация** 4/1242, 451, 1243, 1244; 3/157
- Трансфосфатидирирование** 5/244, 246
- Трансфосфорилирование** 4/518
- Трансэлиминазы** 3/896
- Трапекс** 3/114, 405
- Трапес** 2/776
- Трасилол** 1/322
- Трассер метод** 4/1244, 261, 882, 1245, 1246; 2/382, 383, 748, 1321; 3/422, 423
- Трассирующие составы** 4/1246; 3/972
- Траube правило** 3/1166
- Трахелантамин** 3/1082
- Тревина** 4/87
- Треворт** 5/788
- Трегалола** 3/747, 749; 4/581; 5/38
- Трегера основания** 3/1037; 4/390
- Тремолит** 4/677, 681
- Трение** 4/1246, 136, 137, 172, 582, 1247, 1256, 1257; 1/873; 2/1, 1303; 3/85, 144-147, 167, 340-342, 634-636, 1189; 5/370, 371, 836
- Треозы** 2/367; 3/264, 623; 4/1247; 5/957
- Треонзомеры**, см. *Изомерия*
- Треонин** 4/1247, 189, 215, 277, 1075, 1248, 1261; 1/134, 250, 251, 253, 254, 394, 482, 743, 1022, 1138, 1144, 1149, 1174; 2/22, 34, 35, 361, 1080, 1136; 3/198, 619, 620, 933
- Треосульфит** 2/606
- Трелеп** 2/733, 1026, 1027; 3/838; 4/834
- Треска** - Сен-Венана критерий 4/486
- Тресковский жир** 2/307, 308; 3/302, 395, 730
- Треспофан** 3/1139
- Третамин** 5/449
- Третичная структура белков** 1/471, 474, 475; 2/877  
нуклеиновых кислот 3/1051, 1052  
ферментов 5/159
- Третье начало термодинамики**, см. *Тепловая теорема*
- Треугольная диаграмма равновесия** 1/68, 69
- Треугольная кислота** 3/723, 724
- Трешлян** 1/1027
- Трехмерная ароматичность** 1/379
- Трехмерные полимеры**, см. *Сетчатые полимеры*
- Трешины**, см. *Растрескивание*
- Триадимеол** 4/247; 5/419
- Триадимефон** 5/419
- Триазаметиновые красители** 3/131
- Триазены** 1/71, 79, 342; 2/69-71, 464, 465; 3/129, 130
- Триазидиноны** 4/1250
- Триазиноны** 1/1026; 4/1148, 1250
- Триазины** 4/1248, 622, 1148, 1249-1251; 1/70, 76, 453, 1026, 1032, 1033, 1209; 2/233, 234; 3/38, 514, 836; 5/224, 449, 708
- Триазолины** 1/74, 76
- Триазолы** 4/1251, 228, 233, 429, 622, 1248, 1252-1254; 1/74, 85, 432, 529, 712, 1074; 2/233, 412; 3/655, 674, 836; 5/419, 420, 422
- Триаcontан** 3/345
- Триаcontанол** 1/827
- Триакциламиноил** 4/203
- Триакциламиналаны** 2/1205
- Триакциламины** 1/543; 3/61; 4/501
- Триакцилфосфины** 4/1269, 1270
- Триакцилбор** 3/738
- Триакцилбораны** 1/595, 596, 599, 601, 602
- Триакцилбораты** 1/582; 5/225
- Триакцилгалогенметаны** 5/757
- Триакцилгидразины** 1/1072
- Триакцилгидтеростаннаны** 2/26
- Триакцилдизириниды** 2/67, 68  
1,2,3-Триакцилдигидроперимидины 3/952
- Триакцилнафталинсульфокислоты** 3/375, 376
- Триакцилоксония соли** 1/711; 3/936; 4/930
- Триакцилсиланолы** 4/682, 683
- Триакцилсиланы** 1/1083
- Триакцилсилиловые эфиры** 4/1135
- Триакцилсульфониевые соединения** 4/931
- Триакцилтиофосфаты** 3/1091
- Триакцилуксусные кислоты** 4/499; 5/710
- Триакцилфосфаты** 2/294; 3/104, 105, 728, 1077, 1117; 4/917; 5/432
- Триакцилфосфины** 1/649, 1112; 2/332, 403; 4/51, 1102; 5/125, 432, 791
- Триакцилфосфиты** 1/360, 361, 1112; 2/170, 935; 3/914; 4/51, 581, 908, 1152; 5/260, 314
- Триакцилхлорсиланы** 3/552; 4/1135
- Триакцилксимбораны** 1/582
- 1,1,3-Триакцилсипарафины** 1/423
- Триалат** 1/1030; 4/1132
- Триаллиламины** 1/175, 176
- Три-В-аллилборазол** 1/176
- Триаллилборан** 1/176, 178
- Триаллилэфир** 2/1180
- Триаллилфосфит** 4/174
- Триаллицианураты** 2/806; 5/993
- Триаллициануровая кислота** 5/708
- Триальбин** 1/425-427
- Триамиды** 1/232
- Триаминобензол** 4/1269
- 2,6,10-Триамино-сим-гептазин** 3/37, 38
- Триаминопирриды** 1/261
- Триаминопропан** 5/440
- 2,4,6-Триамино-1,3,5-триазин** 3/33-35
- Триамиотриарилметановые красители** 1/367
- Триамиотринитробензол** 4/1254, 1082; 1/607, 991
- 2,4,7-Триамино-6-фенилптеридин** 4/270
- Триаминофеол** 4/1267
- Триаминифосфат** 1/284
- Триамтери** 1/1119; 2/181; 4/270
- Триамцинолы** 1/318, 319; 2/959; 4/219
- Трианал** 1/290, 291
- Триантримиды** 1/355, 944
- Триапентенол** 4/429
- Триариларсиноксиды** 1/463
- Триариларсиновые кислоты** 1/463
- Триарилбораны** 1/595
- Триарилбораты** 1/582
- Триарилгидразины** 1/1073
- Триарилметановые красители** 1/530; 2/114, 979; 3/129, 692  
малахитовый зеленый 2/1271, 302, 447, 979, 1156, 1327, 1330; 1/133, 155, 367, 530; 3/181; 4/230
- фталиновые** 2/1082  
фуксины 5/412, 413, 782; 1/367, 614; 2/976; 3/663, 785, 834; 4/230
- Триарилметилгалогениды** 4/1254, 1255
- Триарилметилгидроксиламины** 5/791, 792
- Триарилметилкарбанионы** 4/1255
- Триарилметилкарбатионы** 4/1255
- Триарилметилные радикалы** 4/1254, 302, 1255; 1/393; 5/5, 6
- Триарилсиланы** 4/682, 683
- Триарилфосфаты** 3/1117; 5/29
- Триарилфосфины** 1/649, 1112; 5/557
- Триарилфосфиты** 1/1112; 5/266
- Триаримол** 5/418
- Триарисин** 3/309
- Триацетатные волокна** 1/425, 426  
2/149, 151, 152, 803-805, 992, 993  
5/234, 235
- Триацетилбензоаты** 2/742, 743; 4/1269
- Триацетилбензондиамин** 2/1262
- Триацетилцеллюлоза** 5/150, 665-667
- Триацетин** 1/1114, 1115
- Триацетокси гидрохинон** 5/128
- 3,4,6-Триацетоксимурин** 1/535
- 1,2,4-Триацетоксинафталин** 3/389
- Триацетонамины** 4/1255, 1256
- Триацциламины** 1/229; 5/223
- Триаццилглицерины** 2/1184, 1198, 1200; 3/611, 621
- Триаццилглицерол-ацетилгидролазы** 2/1184
- Трибензилборан** 1/596, 597
- Трибензилдиануровая кислота** 5/708
- Триболоминесценция** 2/1220
- Трибораты** 1/580
- Триборитримид** 1/579
- Триботехнические материалы** 4/141, 809; 5/836
- Трибохимия** 4/1256, 1257; 3/145. См. также *Трение*
- Трибозлектрический эффект** 1/448; 3/167, 634; 4/280
- 2,4,6-Трибром-3-амино-5-нитрофенол** 3/519
- 3,4,5-Трибром-2-гидроксифенил** 5/127
- 3,3',5'-Трибром-4,4'-диаминодифениловый эфир** 2/80
- 2,3,4-Трибромсантоксины** 2/1087
- Трибромоволохлорид** 3/752
- 4,5,6-Трибромпиргаллол** 3/1054
- 2,4,6-Трибромрезорцин** 3/693
- 2,4,6-Трибромфенол** 5/132
- 3,8,9-Трибромфлуорантен** 5/212
- Трибромформетан** 4/67
- 2,2,2-Трибромэтанол** 2/343
- Трибутил** 1/1030, 1031
- Трибутилалюминий** 2/1290
- Трибутиламины** 1/641, 642, 648; 5/406, 439
- Трибутилборат** 1/582, 601
- Трибутилгексадесилфосфонийбромид** 3/24
- Трибутилгидтеростаннан** 2/26
- Трибутил(2,4-дихлорбензил)фосфонийхлорид** 5/278
- Три-трет-бутилметан** 3/330
- Трибутилнафталинсульфонаты** 3/376
- Трибутиловооцетат** 3/252
- Трибутиловоологениды** 3/252; 4/494
- Трибутиловоометакрилат** 1/337
- бис-(Трибутилово)оксид** 1/337; 3/252

- Трибутиловохлорид 3/761  
Трибутилортоформат 3/816  
Три-*трет*-бутилперокси)винилкремний 2/464  
Трибутилстаннилизид 2/1106  
2,4,6-Три-*трет*-бутилфеноксил 1/371  
2,4,6-Три-*трет*-бутилфенол 1/163, 629  
Трибутилфосфат 4/1257, 172, 173, 396, 435, 466, 750, 975, 981, 1020, 1220; 1/537, 650, 986; 2/110, 545, 580, 1006; 3/57, 492, 1155; 5/77, 256, 286, 762, 802, 825, 827, 834  
Трибутилфосфиноксид 4/357  
Трибутилфосфит 4/1257  
Трибутилфталат 2/1044  
Трибутилэтоксолово 3/761  
Трибутирин 1/1144, 1145  
Тривалентные соединения 2/663, 664, 666, 671, 673, 678, 679  
Тривинилортоацетат 3/816  
Тривольфраматы 1/822  
Тригалловая кислота 4/978  
Тригалогеналканы 3/817  
1,4,5-Тригалогенантрахиноны 1/943  
В-Тригалогенборазолы 1/579  
Тригалогенкетоны 1/971; 5/95  
2,4,6-Тригалогенрезорцины 4/448  
2,4,6-Тригалоген-*сим*-триазины 1/969  
Тригалогенуксусные кислоты 1/955  
Тригтер 3/842  
1,3,5-Тригидразино-*сим*-триазин 1/1076  
Тригидроксидантрахиноны 1/260, 353, 573; 2/136, 972, 973; 3/706, 707; 4/720; 5/521  
Тригидроксибензойные кислоты 1/940, 941; 2/1087; 3/690, 692, 693; 4/1269  
Тригидроксибензолы 1/347; 3/693, 694, 1053, 1054; 4/1268, 1269; 5/140  
Тригидроксибензотрополон 3/1054  
1,2,4-Тригидроксибутан 1/651  
Тригидроксиглутаровая кислота 1/1101; 2/1164  
4',5,7-Тригидрокси-3',5'-диметоксифлавонол 5/200  
3 $\alpha$ ,7 $\alpha$ ,12 $\alpha$ -Тригидрокси-24-карбоксив-5 $\beta$ -холан 4/865  
1,6,8-Тригидрокси-3-метил-9-антрон 2/972  
1,4,8-Тригидрокси-3-метилксантон 2/974  
Тригидроксиметилнитрометан 1/452  
1 $\beta$ ,17 $\alpha$ ,21-Тригидрокси-16 $\alpha$ -метил-9 $\alpha$ -фторпрегна-1,4-диен-3,20-дион 2/30  
3',4',6-Тригидрокси-7-метоксаурон 2/973  
Тригидроксипиридины 3/710  
1 $\beta$ ,17 $\alpha$ ,21-Тригидроксипрегна-1,4-диен-3,20-дион 2/959  
1 $\beta$ ,17 $\alpha$ ,21-Тригидрокси-4-прегнен-3,20-дион 3/571  
2,4,6-Тригидрокси-1,3,5-триазин 5/708  
3,6,7-Тригидроксиитропан 5/17  
2,6,7-Тригидроксиитропан-3-карбоновая кислота 5/21  
2,6,7-Тригидрокси-9-фенил-3(Н)-ксантенон 5/127  
Тригидроксифлавоны 5/200, 202  
Тригидроксифлуороны 2/1218; 5/128  
1 $\beta$ ,17 $\alpha$ ,21-Тригидрокси-9 $\alpha$ -фтор-16 $\alpha$ -метилпрегна-1,4-диен-3,20-дион 2/959  
3,7,12-Тригидроксиолоановая кислота 2/278  
1,3,5-Три(гидроксиэтил)гексагидро-*сим*-триазин 1/453  
Тригидроксифосфаты 5/250  
Триглицериды 1/1134; 4/201; 5/15  
Триглим 1/590, 1140; 5/722  
Триглицериды 1/48, 826, 1085, 1117, 1143-1146; 2/303-305, 812, 1151, 1188, 1191, 1215; 4/52, 376-381, 527; 5/819  
Триглицинсульфат 4/284, 608, 785  
Тригонеллин 3/470, 487  
Тридекановая кислота 1/863, 864  
Тридекапептиды 3/37  
Тридеморф 5/419  
Тридециловая кислота 1/863, 864  
Тридециловый спирт 1/866  
Три(2,3-дибромпропил)фосфат 1/335  
Тридимиты 2/1025-1027; 3/439  
Триены 1/1180; 5/970  
Трижелеза соединения 2/481, 485, 486  
Тринзобутилатоминий 4/1257, 1258; 1/210; 5/774  
Тринзобутилатин 1/641, 642  
Тринзооктилтримеллитат 1/515  
Триизопропаноламин 2/378, 379  
Триизопропилбензиловый спирт 4/1258  
Триизопропилсилильная группа 2/326  
2,4,6-Триизопропил-1,3,5-триоксан 2/1297  
Триизопропилфенилсульфенилхлорид 5/244  
Триизоцианаты 2/286  
Триидобензойная кислота 4/477  
1,2,3-Триидпропан 1/1146  
Триидрезорцин 4/234  
3,5,3-Триидтироксин 1/1173  
Триидтиронин 4/1258, 1169, 1171, 1172; 1/340  
Трикальция соединения 2/582, 583, 937  
Трикарбаллиловая кислота 5/793  
Трикарбонилжелеза соединения 1/981; 2/275, 276; 3/84; 5/721  
Трикарбонилхром 4/1201  
Трикарбонил(циклопентадиенил)марганец 1/326, 327; 2/1288; 4/641  
Трикарбонил(циклопентадиенил)рений 4/468  
Трикарбонные кислоты 1/514; 2/1169; 3/838  
цикл 4/1258, 430, 523, 894, 1119, 1259-1262; 1/195, 556, 558, 611, 1136, 1142, 1152, 1156; 2/241, 633, 969, 1159, 1169, 1179, 1193; 3/469, 612, 617, 618, 621, 623, 625, 668, 684, 700, 810, 811, 919, 1083; 5/410, 415, 1015, 1054  
Трикетонимидазолидины 2/412  
цис-9-Трикетонин 3/407, 737  
Трикрезилфосфат 1/286, 506, 918; 2/867, 868, 996; 3/905, 1117, 1126; 4/172; 5/256  
Трикрезол 1/338; 2/18, 1004  
Трикритическая точка 2/1073; 5/104  
Трикротилборан 1/176  
Триксиленилфосфат 1/286  
Трилан 1/425-427  
Трилауриламиды 1/270  
Трилестный узел, см. *Топология*  
Триллеогенин 4/577, 578  
Трилоны 1/115, 328, 329, 636; 2/273, 580, 999, 1230; 3/359; 4/255, 699; 5/762, 988  
Триметиновая кислота 1/513-515; 3/27; 4/206  
N,N',N''-Триметиноил-*тер*- $\epsilon$ -капролактан 3/1251  
Триметилборан 1/594, 596  
Тримекан 4/1267; 3/68, 69  
Тримеллитовая кислота 1/513-515; 2/396; 3/1116, 1117, 1210; 4/257, 258  
Тримеллитовый ангидрид 1/513, 514; 3/1246  
Тримеризация 2/93, 403, 742, 743; 3/876; 4/1249; 5/588, 705  
Триметаллборан 1/178, 186  
Триметилалюминий 1/210  
Триметиламин 1/252, 783; 2/115, 121, 238, 655, 779, 1032; 3/102, 106, 107, 125, 662; 4/342, 947, 968, 1164, 1257; 5/222, 590  
4-Триметиламинокротоновая кислота 2/654  
1,6-*бис*-(Триметиламиний)гександи-бензолсульфонат 1/503  
Триметиламинийметилдид 1/279  
Триметиламиноо-катионы 3/569  
2-Триметиламиноэтилфосфоановая кислота 5/274  
Триметиламинин 3/25; 4/258, 1198, 1263  
1,4-*бис*-(2,4,6-Триметиламинилино)антрахинон 2/302  
Триметиларсины 3/314; 4/1270  
2,4,5-Триметилбензойная кислота 2/236  
Триметилбензолы 2/686; 3/26, 27; 4/257, 258, 753, 969  
2,3,5-Триметилбензохинон 4/1125  
Триметилазидо[2.2.1]гептанолы 1/585, 586; 5/147  
Триметилазидо[2.2.1]гептанолы 2/600, 601; 5/147  
Триметилазидоклопептаны 2/96, 597; 3/1027  
Триметилазидоклопептены 1/187; 2/653; 3/1027  
Триметилбор 2/282; 5/462, 537  
Триметилборат 1/575; 3/980  
Триметилбромсилан 3/799  
2,2,3-Триметилбутан 1/1023; 3/726  
Триметилвинилсилан 2/1020  
Триметилгаллий 1/937; 2/282  
Триметил(2-галогенотил)аммониевые соли 4/1163  
2,4,6-Триметилгексагидро-1,3,5-триазин 1/194  
3,4,6-Триметил-5-гептеналь 4/588  
Триметилгидразин 1/1072  
N,N,O-Триметилгидроксиламин 1/1095  
1,3,3-Триметил-2,3-дигидроперимидинийоид 2/115  
2,2,4-Триметил-1,2-дигидрохиолин 4/243  
Триметилдихлорсилан 2/1023  
Триметил(диэтиламино)силан 2/1020  
Триметилдодекатриенолы 3/431, 432; 5/112  
Триметилеи 5/738-740  
дианион 1/379  
Триметиленилглицоль 1/1133  
Триметиленидины 1/71; 2/83, 84  
Триметиленидиолфид 2/177; 4/1160  
Триметиленимин 1/70  
Триметилениметан 3/82  
Триметиленимочевина 1/455  
*эндо*-Триметиленинорборан 1/35  
Триметилениоксид 3/685; 4/94  
Триметиленипиррол 3/1081  
Триметиленисульфид 4/1122  
Триметиленисульфон 1/932  
Триметилиодсилан 3/799; 4/682  
Триметилкарбинол 1/648-650  
1,3,7-Триметилксантин 2/1084, 1085; 4/268  
Триметиллизины 2/577; 3/176  
Триметилметан 1/159, 638; 2/1310  
1,3,3-Триметил-2-метилениидолин 2/700  
4-(2,2,3-Триметил-2-метиленицикло-ксил)-3-бутен-2-он 2/517  
Триметилфталаты 2/1148, 1280, 1285; 3/374  
Триметилнитрометан 3/545  
2,2,3-Триметилнорборан 2/598  
2,2,3-Триметил-3-норборанол 2/598  
цис-3-(экс-5,5,6-Триметил-2-норборан)циклогексанол 4/576  
3,5,5-Триметил-2,4-оксазолиндион 4/240, 241  
Триметилкоксонийборфторид 2/118  
Триметилломеламин 3/35  
Триметилломеламин 3/38  
Триметилонитрометан 3/701  
Триметилпропан 1/150; 2/805; 4/31, 54, 91; 5/85  
Триметилпропанфосфин 4/1263, 1264; 5/14  
Триметилпропанфосфиноксид 4/1264, 1263  
Триметилпропансульфид 4/1263  
Триметилортоацетат 3/816  
Триметилортобензоат 3/816  
Триметилортофенилацетат 3/816  
Триметилортоформат 3/815, 816  
2,2,4-Триметилпентан 3/333, 726-728  
2,2,4-Триметилпентан-1,3-диол 2/1298  
2,2,4-Триметил-1-пентанол 3/727, 728  
1,2,5-Триметил-4-пиперидон 4/192  
Триметилпиридины 2/758, 858  
1,1,2-Триметилпропилборан 1/601  
2-(1,1,2-Триметилпропил)-4-метилциклогексанол 1/697  
2-(1,1,2-Триметилпропил)-4-метилциклогексанон 1/697, 698  
1,2,5-Триметил-4-пропионилокси-4-фенилпиперидин 4/192  
1,3,7-Триметилпурин-2,6-дион 2/966, 967  
Триметилсилан 2/1022  
Триметилсиланол 2/1020, 1022  
Триметилсилилизид 2/1106  
N,O-*бис*-(Триметилсилил)ацетамид 3/552; 4/682  
3-Триметилсилил-3Н-диазирин 2/69  
Триметилсилилдиэтиламин 4/682  
N-Триметилсилилметилазол 4/682  
Триметилсилилметиламин 3/115  
Триметилсилилморфин 4/425  
Триметилсилиловые эфиры 1/203; 4/513  
N,N-*бис*-(Триметилсилил)тетраметилциклодосилазан 3/805  
Триметилсилилтрифлат 4/682  
*бис*-(Триметилсилил)трифторацетамид 4/682  
Триметилсилилианид 5/783  
Триметилсилильная группа 2/326  
4-Триметилсиксидбутилмагнийхлорид 2/1025  
Триметилсульфоксидийиодид 2/120  
Триметилсульфонийметилдид 2/409  
Триметилсульфонийиодид 2/76  
Триметилталлий 4/976  
2,4,6-Триметил-1,3,5-триоксан 1/424  
Триметилтрисилазан 3/803  
1,3,3-Триметилтрицикло[2.2.1.0<sup>2,6</sup>]гептан 5/146  
Триметилуксусная кислота 1/668; 3/185, 186. См. также *Пивалиновая кислота*  
Триметилфенламинийхлорид 5/947  
2,2,4-Триметил-6-фенил-1,2-дигидрохиолин 1/336  
2,4,6-Триметилфенол 1/163  
Триметилфосфат 4/174  
Триметилфосфин 1/987; 5/264  
Триметилфосфиноксид 2/630  
Триметилфосфит 4/1264; 1/360; 2/621  
Триметилфторсилан 3/799  
2,2,3-Триметил-3-хлорнорборан 2/598  
Триметилхлорсилан 2/1020, 1022; 3/115, 126, 804  
Триметилцетиламинийбромид 2/295  
2,2,6-Триметилциклогексанон 2/1285  
4-(2,6,6-Триметилциклогексенил)-3-бутен-2-он 2/517  
1-(2,6,6-Триметилциклогексенил)-1-пентен-3-он 2/517  
Триметилэтилен 3/917  
2,2,2-Триметил-6-этокси-1,2-дигидрохиолин 1/333  
Триметилэтоксисилан 1/171  
Триметилтарная кислота 2/600  
Триметин 4/240, 241

- Триметозин 4/1226, 1227  
 N-(3,4,5-Триметоксибензоил)морфолин 4/1225, 1226  
 3,4,5-Триметоксибензойная кислота 1/940; 4/439  
 1,2,4-Триметоксибензол 3/707  
 1,3,3-Триметоксибутан 1/258  
 1-(2,4,5-Триметоксифенил)-1-пропен 5/1005  
 Триметоприм 4/231, 902, 1096  
 Тримолекулярные реакции 4/1264, 1265; 1/1159; 2/124, 195, 508, 509, 753, 755; 3/141, 143, 222; 5/419, 688, 738  
 Тринатрийфосфат 4/699, 726  
 Три(1-нафтил)боран 1/594  
 Триникеля соединения 2/480, 481, 483, 486  
 Тринобийстаинид 2/481, 486  
 Тринитрия 3/531, 532  
 Тринитроалканы 1/1184; 3/551  
 Тринитроаннолы 3/521, 522, 562  
 Тринитроанилин 3/522, 523  
 Тринитробензилловый спирт 4/1266  
 Тринитробензойная кислота 2/28; 3/525, 526; 4/1266, 1269  
 Тринитробензол 4/1265, 1026, 1082, 1201, 1266; 1/104, 105, 607, 706; 2/182, 236, 282, 618, 619; 3/116, 388, 521, 522, 557, 952, 1039; 5/115, 558  
 2,4,6-Тринитробензолазомазепитилен 3/27  
 2,4,6-Тринитробензолсульфокислота 1/1153  
 1,3,5-Тринитрогексагидро-сим-триазин 1/1100  
 2,4,6-Тринитро-1,3-дихлоррезорцин 4/1266  
 Тринитроксил 4/1265, 1266; 1/705  
 Тринитрометан 3/550, 558; 4/1102  
 Тринитроперилен 3/950  
 Тринитрорезорцин 4/1266, 448, 603; 1/607; 2/186; 3/116  
 Тринитросоединения 3/556-558  
 Тринитростильбен 1/393  
 Тринитротерфенылы 4/1095  
 Тринитротолуол 4/1266, 1103, 1111, 1265, 1267-1269; 1/109, 280, 607, 705, 999; 3/388, 526, 560, 561, 1020; 5/213  
 1,3,5-Тринитро-1,3,5-триазациклогексан 1/608, 1000; 4/1249  
 1,3,5-Тринитро-2,4,6-трихлорбензол 4/1254  
 Тринитрофенетолы 3/561, 562  
 Тринитрофенилендиамин 4/1082  
 Тринитрофенилметилнитрамин 1/608; 4/1111  
 Тринитрофенол 4/1267, 1266, 1268; 1/705; 3/542, 562, 563, 1020; 5/132  
 2,4,6-Тринитрофлоролютин 1/991  
 2,4,7-Тринитрофлуорен 4/1026  
 2,4,5-Тринитрофлоранилин 5/558  
 Тринитрохлорбензолы 2/133; 3/388, 604; 4/1267  
 Три(п-нонилфенил)фосфит 1/334  
 Тринуклеотиды 2/1323  
 Триозиды 1/1127  
 Триозил 4/478  
 Триозофосфатизомераза 4/1268; 2/364, 1211; 3/918  
 Триозофосфаты 5/347-349  
 Триозы 3/263, 746-749, 1025  
 Триоксазин 4/269, 1225, 1226  
 Триоксан 1/337, 702, 1133; 2/673, 699; 4/64, 999; 5/53, 134, 135, 221, 225  
 Триоксанильный радикал 5/225  
 3,6,9-Триоксаундекандикарбоновая кислота 4/478, 479  
 1,3,6-Триоксациклооктан 2/211  
 Триоксибензолы 4/1268, 1269  
 1,2,3-форма, см. *Пирозаллон*  
 1,2,4-форма, см. *Гидроксигидрохинон*  
 1,3,5-форма, см. *Флоролюцин*  
 Триоксидифторид 2/769  
 Триоксиметилен 2/140, 598; 5/567  
 Триоксоланы 3/659  
 Триоктиламин 2/519; 3/566  
 Триоктилметиламмоний 2/519  
 Триоктилтримеллитат 3/1117  
 Триоктилфосфат 4/698  
 Триоктилфосфиноксид 5/827  
 Триолеин 1/1145  
 Триолит 3/563  
 Триолы 4/31, 53, 54; 5/10, 85. См. также *Глицерин*, *Триметилпропан*  
 Триомбрат 4/477, 478  
 Триорганилфосфаты 4/1162  
 Триорганилфосфиноксиды 4/1264  
 Триорганоарсины 4/1269, 1270  
 Триорганосиланолы 2/1022  
 Триорганосиланы 3/800  
 Триорганотерсиланы 3/799  
 Триорганотиоцианобораты 1/598  
 Трипальмитин 1/1145  
 Трипановый красный 2/1217  
 Трипафлавин 2/1216, 1217; 3/834; 4/466  
 Трипеленамин 1/324, 325  
 Трипентиламин 1/232  
 Трипиридил 3/759  
 Трипиридинкарбоновые кислоты, см. *Трипиридинкарбоновые кислоты*  
 Триплекс 3/1224, 1254; 4/841  
 Триплетные состояния 1/1012, 1013; 2/5, 501, 622, 623, 729, 766, 1220-1223, 1239; 3/287, 288, 507, 628, 782, 891; 5/350, 355, 357, 443, 446, 458, 459, 812, 882, 883, 886, 891, 893  
 Триполифосфаты 3/303; 4/543  
 Триполифосфорная кислота 5/299  
 Трипропилалюминий 1/210, 998  
 Трипропиламин 4/196-198  
 Трипропилбор 3/738  
 Трипропилборат 1/596  
 Трипропилторформат 3/816  
 2,4,6-Трипропил-1,3,5-триоксаин 2/1297  
 Трипропониин 1/1144, 1145  
 Трипсины 4/1270, 191, 216, 217, 430, 642, 1270; 1/341, 471, 472, 476, 551, 558, 1098; 2/476, 875; 3/176, 199, 622, 847; 5/17, 158, 273, 518  
 Триптамин(ы) 2/457, 636; 3/619, 620, 1022; 4/327; 5/1, 197  
 Триптаин 3/726  
 Триптизол 1/274  
 Триптицен 4/390  
 Триптофан 5/1, 2, 149, 181, 217, 271, 518, 529, 968, 970, 1049; 1/35, 105, 114, 250, 253, 254, 396, 416, 475-477, 482, 544, 603, 1013, 1152, 1164, 1171; 2/232, 456-458, 577, 606, 636, 856, 1086; 3/163, 470, 619, 620, 924, 931, 1022, 1134; 4/217, 439, 642, 652-654, 758, 873, 1229, 1260  
 Триптофаназа 5/2, 150  
 Триптофангидроксилаза 4/654  
 Триптофан-индол-лиаза 5/2  
 Трисазокрасители 2/996  
 Трисалицилд 2/1141  
 Трисахариды 3/746-749; 4/880; 5/201  
 Трисбей 1/1028, 1029  
 Трисилан 3/576  
 Трисилосканы 3/806, 807  
 Трисоль 2/1078  
 Трнстеарин 1/1145  
 Трнстрионий-бис-(гексагидрооксолюминат) 1/205  
 Трисульфам 3/576  
 Трисульфамиды, см. *Трисульфамиды*  
 Трисульфиды 4/42, 43  
 Трисульфонамиды 4/896, 897, 899, 900  
 Трисульфониламини 4/896, 897  
 Трисульфоны 4/932, 934  
 Трисульфурилхлорид 4/939  
 Трисульфурон 4/932  
 Тритан 1/947; 5/6  
 Тританол 5/5, 6  
 Тритерпеноиды 2/602; 4/576, 577, 579, 580  
 Тритерпены 1/342; 2/283, 660; 3/939, 940; 4/740, 1090, 1092  
 Тритианы 4/1132, 1160, 1164; 5/222  
 Тритий 5/2, 3-5, 1019; 1/403, 775, 1080; 2/25, 394, 503, 758, 1202, 1205; 3/575; 4/321, 828  
 Тритил 3/569  
 Тритилазиды 5/792  
 Тритил-N-галогенамины 5/792  
 Тритилгалогениды 5/6-8  
 Тритилирование 5/692  
 Тритилкалий 5/6  
 Тритилнатрий 5/6, 8  
 Тритиловые эфиры 3/268; 5/8  
 N-Тритил-фосфатидилэтаноламин 5/246  
 Три-о-тимотид 2/798  
 Тритиокарбонаты 2/935; 4/1139  
 Тритион 2/179, 180  
 Тритиоортоэфир 4/934  
 Тритиоугловые кислоты 4/1152-1154  
 Тритиоуксусная кислота 4/918  
 Тритириозил-п-азобензоларсенат 1/323  
 Тритириозил-карбинолы 4/918  
 Тритионы 1/280; 2/780; 3/32; 4/584; 5/2, 709, 1022  
 Три(трифторметил)арсин 4/1269  
 Триураноктаоксид 5/79  
 Трифендиоксазины 3/676, 677, 1017  
 Трифенилацетилфосфоний 1/752, 753  
 Трифенилалюминий 2/182  
 Трифениламин 2/497; 4/1145  
 Трифениларсин 4/1269, 1270  
 Трифениларсоний-катионы 4/396  
 Трифенилбензол 1/441; 4/61  
 Трифенилборазолы 1/579  
 Трифенилборан 1/594  
 Трифенилборат 1/582  
 Трифенилбромсилан 3/799  
 2,3,4-Трифенил-6-трет-бутил-α-тио-пиран 4/1143  
 1,3,5-Трифенилвердазил 1/684; 4/302  
 Трифенилгаллий 1/937  
 Трифенилгидразин 1/1075  
 Трифенилдиорфосфоран 5/292  
 Трифенилен 3/894; 4/1094  
 Трифенилкарбинол 5/5, 8; 1/375; 4/525, 918, 1156  
 Трифенилкарбонат 2/638  
 Трифенилметан 5/6, 5, 785; 1/375, 487, 947; 2/777, 888, 889; 3/1058; 4/230, 538, 539  
 Трифенилметановые красители 1/238, 366, 367, 487; 2/990, 1156; 3/1013, 1016; 4/504, 668, 1198; 5/561  
 пищевые 3/1089  
 протравные 4/247, 248  
 прямые 4/247  
 фиолетовый, см. *Кристаллический фиолетовый*  
 Трифенилметанол 5/5, 6  
 Трифенилметантриэтионанат 2/406; 4/54  
 Трифенилметил 2/325; 4/301, 302, 304, 1254, 1255  
 Трифенилметилгалогениды 5/6  
 Трифенилметилловые эфиры 3/268  
 Трифенилметилпероксид 5/8  
 Трифенилметильные радикалы 5/5-8  
 Трифенилловые эфиры 3/268; 5/6, 7  
 Трифениловова соединения 1/193, 341; 3/252, 916; 5/421, 449  
 Трифенилперхлораты 3/989, 1038; 4/1143  
 2,4,6-Трифенилпираны 3/1037; 4/1143  
 Трифенилсилан 2/1025  
 Трифенилсианол 2/1020  
 трис-(Трифенилсилил)барит 2/1025  
 Трифенилсилилитий 2/1025  
 Трифенилсульма 3/761; 4/946  
 Трифенилтиофосфат 5/7  
 2,4,6-Трифенил-1,3,5-триазин 1/517  
 Трифенилуксусная кислота 4/538, 539  
 Трифенилфосфат 5/6, 7, 256; 2/807; 3/1117  
 Трифенилфосфин(ы) 5/7, 264, 439; 1/943; 2/26, 537, 645, 927; 3/186; 4/42, 396, 925, 1153, 1166, 1167  
 Трифенилфосфиноксид 2/110; 3/187; 4/1220; 5/261  
 Трифенилфосфинсульфид 5/261  
 Трифенилфосфит 5/7, 962; 2/186, 804; 3/1210, 1217, 1258; 4/173, 1264  
 Трифенилфосфонийметилдид 2/409; 4/1153  
 Трифенилхлорметан 5/7, 6, 8  
 Трифенилхлорсилан 3/799; 5/128, 129  
 Трифенморф 3/252  
 Трифеноксидгалогенфосфораны 2/716; 5/7  
 Трифилии 4/555; 5/654  
 Трифлаты 3/268, 603, 980; 4/930  
 Трифлуралин 1/1027; 4/196  
 Трифорин 5/419  
 Трифосфаты 5/14, 248, 250, 252, 253  
 Трифосфоинзитиды 5/271, 272  
 Трифосфоновые кислоты 5/280  
 Трифосфопиридиннуклеотид 5/745  
 Трифосфорные кислоты 5/287  
 Трифтазин 3/398, 1029  
 Трифтораминоксид 1/93, 96, 98  
 Трифторацетальдегид 5/10  
 Трифторацетамид 5/9  
 Трифторацетанидрил 4/100; 5/9, 10  
 Трифторацетаты 5/10  
 Трифторацетиллацетон 5/8, 610  
 Трифторацетиллацетонаты 4/424  
 Трифторацетилгидроксамовая кислота 5/9  
 Трифторацетилнитрит 5/9  
 1-Трифторацетилоскарбоксамиды 3/887  
 Трифторацетилхлорид 5/9  
 Трифторацетонитрил 5/9  
 Трифторарометан 1/704; 2/432; 3/649; 5/9, 549  
 Трифторанилдитиосульфат 5/409  
 Трифтороидметан 3/191, 981; 5/9, 10  
 Трифторметан 4/1104; 5/9, 549, 550, 579  
 Трифторметансульфамид 4/897  
 Трифторметансульфокислоты 1/299; 3/101, 603, 980; 4/923; 5/372  
 Трифторметансульфохлорид 4/937  
 Трифторметиларсин 3/314  
 Трифторметилбензол 1/529, 945; 3/1216  
 Трифторметилбромид 2/432  
 Трифторметилдиорфосилан 5/9  
 Трифторметилдипогалогениды 1/1122; 4/938; 5/399  
 3,3-бис-(Трифторметил)-3Н-дiazирин 2/69  
 Трифторметилдихлорфосфин 1/963  
 бис-(Трифторметил)карбамоилфторид 3/914  
 бис-(Трифторметил)кетон 1/1085  
 бис-(Трифторметил)нитроксил 3/544  
 Трифторметилсульфохлорид 2/698  
 Трифторметилтетрафторфосфоран 2/716  
 N-Трифторметилтиофтальминд 1/337  
 Трифторметилтрифторвиниловый эфир 1/995  
 2-Трифторметил-3,3,3-трифторпропионовая кислота 1/1085  
 6,8-бис-(Трифторметил)трицикло[4.2.2.0]дека-7,9-триен 3/1216  
 Трифторметилуксусная кислота 1/783  
 бис-(Трифторметил)фосфонистая кислота 1/1113  
 Трифторметилдитиосульфат 5/409  
 Трифторметилциклогексан 1/529  
 Трифторнадуксусная кислота 5/8  
 Трифторнитрозометан 5/9; 3/539, 914

- Трифторнитрометан 5/9  
1,1,1-Трифтор-2,4-пентадион 5/8  
3,3,3-Трифторпропилен 5/401  
3,3,3-Трифторпропилтрихлорсилан 2/1019  
Трифторпропин 2/1108  
Трифторсилан 2/1031  
4,4,4-Трифтор-1-(2-тиенил)-1,3-бутандион 4/1034  
α,α,α-Трифторголуол 1/529  
1,1,1-Трифтортрихлорэтан 1/948; 3/656; 4/195; 5/10  
Трифтортрифторметилсульфуран 4/938  
Трифторуксусная кислота 5/9, 8, 10, 225, 408, 663, 903; 1/299, 442, 990, 1083; 2/1, 65, 140, 697, 1106, 1107, 1288; 3/532, 887, 982, 986, 1206, 1212, 1246; 4/277, 1157, 1173  
Трифторхлорметан 2/300; 5/7, 8, 548–550  
Трифторхлорсилан 2/1031  
Трифторхлорэтилен 1/714; 2/214, 1150; 3/986; 5/389, 397, 401, 402  
1,1,1-Трифторэтан 1/714; 4/1215; 5/548–550  
2,2,2-Трифторэтанол 3/1206; 4/805; 5/10  
Трифторэтилен 4/285; 5/401  
Триинолоктагидрат 3/723  
Трилопир 1/1028  
1,1,1-Трихлоралканы 1/715  
Трихлорамин 1/93; 5/557  
2,4,6-Трихлоранизол 1/304  
Трихлоранилины 4/1105, 1254; 5/444, 558  
Трихлорантрахиноны 1/354, 943–945  
Трихлорацетальдегид 1/194; 5/556, 557  
Трихлорацетамид 5/585  
Трихлорацетилирование 1/971  
Трихлорацетилхлорид 4/1106; 5/585  
Трихлорацетонитрил 3/516, 1028; 5/450  
Трихлорбензолы 5/10, 11, 383, 562, 817; 1/113, 945, 995, 997; 2/201, 202; 4/1254  
Трихлорборазол 1/579  
Трихлорбутанол 5/580  
Трихлоргексаацвахром 2/930  
2,2,2-Трихлор-1,1-ди(п-хлорфенил)этанол 1/107  
Трихлоризоциануровая кислота 1/193, 452; 5/708  
Трихлоримидофосфаты 2/415  
Трихлормеламин 1/452  
Трихлорметан 3/1059; 5/579, 580. См. также *Хлороформ*  
Трихлорметансульфонокислота 3/102  
Трихлорметастиф 2/470  
(Трихлорметил)бензол 1/529, 996; 4/1201  
2-Трихлорметил-4,4-диметил-2-оксазолон 3/681  
Трихлорметилдихлорфосфин 1/963, 965  
Трихлорметилперхлорат 3/989  
1,1,1-Трихлор-2-метилпропанол 1/960  
Трихлорметилсилан 3/804; 4/1138  
α,α,α-Трихлорметилсульфоны 4/343  
Трихлорметилтетрафторфосфоран 1/965; 3/111  
N-Трихлорметилтио-1,2,3,6-тетрагидрофталимид 1/337; 3/653  
Трихлорметилфосфорильные соединения 1/361  
(Трихлорметил)хлорбензолы 5/583, 584  
Трихлорметилхлоркарбонат 2/187  
Трихлорнафталины 5/567, 568  
Трихлорнитробензолы 2/203  
Трихлорнитрозобензол 4/1254  
Трихлорнитрозометан 3/539  
1,1,2-Трихлор-1-нитроэтан 1/715  
Трихлорорганические 3/804  
Трихлорорганофосфораны 2/764  
4,5,6-Трихлорпиколиновая кислота 3/1018  
2,4,6-Трихлорпиримидин 1/455  
1,2,3-Трихлорпропан 4/42  
1,1,3-Трихлорпропен 1/1175  
1,1,2-Трихлорпропионитрил 1/117  
2,6,8-Трихлорпурин 3/279; 4/273, 274  
Трихлорсилан 2/1023, 1032; 4/925; 5/310, 311, 710  
Трихлорсульфолан 4/926  
α,α,α-Трихлортолуол 1/529  
2,4,6-Трихлор-1,3,5-триазин 5/708  
1,2,2-Трихлортрифтората 3/911  
Трихлоруксусная кислота 1/1027, 1126; 2/281; 3/33, 535, 986; 4/172, 200, 1011, 1106, 1173; 5/556, 584, 585  
2,4,6-Трихлорфенетол 5/120, 121  
бис-(2,4,5-Трихлорфенил)дисульфид 3/1115  
Трихлорфениловые эфиры 3/931  
2,4,5-Трихлорфеноксиуксусная кислота 1/956; 2/137, 138; 5/585  
Трихлорфенолы 1/337; 2/137; 4/1104, 1105; 5/139, 587, 588  
Трихлорфлуорены 5/213  
Трихлорфос 2/473  
Трихлорфосфазосульфониларены 4/899  
Трихлорфторметан 3/656, 909, 911  
Трихлорхинолины 3/567  
Трихлорэтанол 5/556  
Трихлорэтаны 5/11, 12, 13; 1/715, 948; 2/204; 3/631, 1252; 4/359  
Трихлорэтан 5/12, 13  
Три-β-хлорэтилборат 1/582  
Трихлорэтилен 5/12, 13, 56, 196, 585, 979; 1/427, 429, 922, 948; 2/14, 309, 1130; 3/192, 1204; 4/197, 285, 359, 444, 812, 1106  
Три-β-хлорэтилфосфит 5/13  
Три-β-хлорэтилфосфонат 5/13  
Трихлортоксисилан 1/171  
Трихлоресмин 3/1082  
Трихомицин 1/321; 2/972  
Трихомонад 5/14, 527; 4/232, 239  
Трихопол 4/239  
Трихотецены 3/152–155  
Трихрома соединения 2/479, 481; 5/617, 630  
Трицианометан 3/512; 5/706  
Трицианозетанол 4/1108  
Три-β-цианэтилфосфин 5/14  
Три-β-цианэтилфосфиноксид 5/14  
Трициклен 4/1092  
Трициклоалкилбораны 1/595  
Трициклогексилметан 1/141  
Трициклогексиловогидроксид 1/108  
1-(Трициклогексилстаинил)-1,2,4-триазол 1/107  
Трициклодеканы 1/34, 35  
Трицикло[3.3.2.0<sup>4,6</sup>]дека-2,7,9-триен 1/620  
Трицикло[5.2.1.0<sup>2,6</sup>]додека-3,8-диен 2/205, 206  
Трициклофосфаты 5/248, 249, 253  
Трициклофосфорная кислота 5/287  
Триция 5/200  
Трициркнаты 5/761  
Триэтаноламин 1/19, 158, 159, 193, 235, 339, 424, 629; 2/750; 3/301, 712, 838, 1029, 1164; 4/397, 445, 672, 726, 1012, 1102, 1138; 5/951, 974–976, 991, 993  
Триэтилоксииний 5/14, 15, 78, 711, 1216; 1/210, 596, 998; 2/210, 404; 3/79, 803, 913; 4/341, 573  
Триэтиламин 1/270, 358, 435, 509, 810, 895, 987, 1085; 2/14, 412, 556, 896, 1032, 1110; 3/180, 518, 521, 831, 952, 1246, 1253, 1254; 4/872, 899, 934, 1037, 1102, 1131, 1138, 1192; 5/125, 745, 782, 977–979, 988, 995  
Триэтилларсин 4/1269  
Триэтилборан 1/599  
Триэтилборат 1/582, 588, 596  
Триэтилгаллий 1/936, 937  
Три(2-этилгексил)тримелитат 5/981  
Три(2-этилгексил)фосфат 3/1117; 5/981  
Триэтилгидросилан 1/1109  
Триэтилдиэтоксифосфорилимидофосфат 2/414  
Триэтилнитроколь 5/15, 660; 1/1133, 1140; 2/19, 627; 4/230, 1110, 1202  
Триэтиленитрамин 1/116; 4/85, 86  
Триэтилодсилан 2/1023  
Триэтил-N-метилмидофосфат 2/414  
Триэтилоксонитетрафторборат 1/840; 2/381; 3/722, 1050; 4/916  
Триэтилортоацетат 3/816  
Триэтилортопропионат 3/816  
Триэтилортоформиат 3/285, 816; 4/62, 1249  
Триэтилортофосфат 2/1020, 1021; 4/1157  
Триэтилсиланол 2/1020, 1022  
Триэтилсилильные соединения 2/326, 412, 550, 1022, 1025  
Триэтилтриметилдисилоксан 2/1022  
Триэтилфосфаты 2/414, 415, 741; 5/57, 256  
Триэтилфосфин 2/404, 415  
Триэтилфосфиноксид 5/860  
1,1,3-Триэтоксипутан 1/423  
Триэтоксисилан 1/171, 172; 2/1009, 1020, 1023, 1024, 1032; 4/71, 671  
Тривентол 5/592  
Троталинд 2/820  
Тройнит 2/265  
Тройные связи 2/983, 984  
Тройные спирали 2/1266  
Тройные точки, см. *Точки тройные*  
Тройной ядерный магнитный резонанс 5/1028  
Тролитакс 5/144  
Тропантин 5/144  
Троматидин 1/35  
Тромбин 5/16, 17, 167, 168; 1/321, 331, 470, 1022; 2/559; 4/249, 250  
Тромбоксыан 3/396; 4/211–213; 5/801  
Тромбомодулин 4/249  
Тромбопластин 1/321  
Тромелит 5/251  
Трона 1/956; 2/637; 3/356  
Тропан 3/1080; 5/17  
алкалоиды 5/17, 18, 591; 4/530  
3-Тропанол 5/591  
Тропацен 5/18, 19; 1/48, 49  
Тропафин 4/238  
Тропеолины 5/19, 20; 2/447, 449  
Тропиленд 3/579; 5/22  
Тропилия соединения 5/20, 21, 725; 2/1276; 3/251, 390  
Тропиловый спирт 5/20  
Тропили 1/414, 415; 3/1030; 5/17, 18  
Тропинон 2/1279; 4/529  
Троповая кислота 1/414, 415; 5/17  
Тропоколлаген 2/856, 857  
Трополоксинолины 2/398, 399  
Трополоны 5/21, 22, 724; 2/861–863; 3/390  
Тропомозин 3/177, 178  
Тропоины 2/577; 3/177, 178  
Тропосфера 1/399, 553  
Тростниковый сахар 1/195; 2/755; 3/1078; 4/581  
Тротил 1/607, 608, 705, 706, 1000; 3/729–731; 3/846, 1020; 4/1265–1267; 5/988  
Тротилаты 4/1266  
Тротиловое масло 4/1267  
Трубчатые аппараты атмосферные и атмосферно-вакуумные 2/166–168  
для тепловой обработки, см. *Печи*  
инфразвуковые 2/491  
мембранные 3/44  
растворители 4/354  
реакторы 3/1062, 1063; 4/402  
сушильные 3/637  
Трубы (трубки)  
индикаторные 2/446; 3/847; 5/819  
пекволокнистые 3/89  
рентгеновские 2/430, 503; 4/471, 473, 481  
ударные, метод 5/53, 54; 2/754; 3/420, 1101; 4/462  
электроннолучевые, см. *Электронная микроскопия*  
Трудногорючие материалы 1/1175, 1176; 3/1187  
волокна 5/22; 4/1083  
Труксиллины 5/18  
Труксилловая кислота 2/935; 4/1217; 5/18  
Труксиновая кислота 2/935; 4/1217  
Трутона  
закон 1/729; 4/485  
правило 4/763  
Трюса перегруппировка 4/729  
Тубазид 2/1162  
Туберцидин 3/594, 595  
(+)-Тубокурарин 5/23, 1056; 2/401, 1105; 3/845  
Туболизин 1/145  
Тубулатоклатраты 2/798  
Тубули 2/578  
Туйное масло 5/147  
Туйон 5/1004  
Туки 2/869, 870; 5/54, 55  
Тулий 5/23, 24, 164, 938; 1/978, 1185; 2/222, 546, 1148; 3/957, 958; 4/325, 432–435, 437  
Туманоуплавление 5/24, 25, 300; 1/448, 898–900; 2/613, 614  
Туманы 1/446, 898, 900, 912; 2/46, 153, 154, 239, 818, 890; 3/843, 1174; 4/227, 281, 283; 5/24, 25  
Тунговое масло 5/25, 26, 134; 1/153, 342, 563; 2/268; 4/377–380, 383  
Тунгст 1/815  
Туникамицины 3/596  
Туннельная сканирующая микроскопия 5/26, 28, 842, 874  
Туннельные реакции 2/1034, 1035  
галогенирование 2/1034  
изомеризация 2/1034  
обменные 1/1035; 2/918  
полимеризация 2/1034  
рекомбинация 2/1035  
цепные 2/1034  
Туннельные устройства  
печи 3/999  
сушилки 4/959, 960  
Туннельный эффект 5/26, 27, 28, 103; 1/125, 380; 2/318, 721, 728, 729, 755, 758, 918, 1034, 1035, 1311; 3/31, 97, 652; 4/105, 245, 751  
Тураноза 3/748  
Турбидиметрия, см. *Нефелометрия и турбидиметрия*  
Турбинные масла 5/28, 29, 30; 1/334; 2/676  
Турбинные устройства  
компрессоры 1/468; 2/884, 885; 3/340; 5/593  
мешалки 2/146; 3/941, 942  
насосы 2/1315; 3/344; 4/342  
расходомеры 4/383, 385, 386  
сушилки 3/637  
Турбулентные процессы  
движение среды 1/1105, 1169; 3/947, 1142, 1143; 4/486, 487, 881, 1043, 1044, 1047; 4/486, 881  
диффузия 5/29, 30, 31; 2/195, 1298, 1300, 1302, 1303; 3/946–948, 1099–1102  
коагуляция аэрозолей 1/448  
перемешивание 3/941, 942



- плазмохимические 3/1099–1102  
 промывка газов 4/574  
 самоорганизация 4/574  
 Тургор 3/830  
 Турецкий таннин 4/978  
 Туриалатат 1/669  
 Турмалин 2/222; 3/167, 1078; 4/284, 681  
 Турнбулева синь 2/272, 565, 566, 1148; 5/703  
 Турнерон 5/144  
 Турьит 2/254  
 Тусупрекс 4/231  
 Туттадерма 3/1139  
 Туфы 1/544, 870; 2/348  
 Тушение  
 возбужденных состояний 4/588, 589  
 — — люминесцентных 2/192, 990, 1062, 1083, 1212, 1216, 1223, 1224; 3/272, 837; 5/213, 338, 339, 812  
 — — электронного 5/953  
 горения 2/432, 433  
 кокса 2/841, 842, 847  
 металлов 3/648  
 пожаров 3/648, 649, 922, 1190, 1191; 4/666  
 реакций 2/1239. См. также *Макрокинетика*  
 Туяплицины 5/21  
 Тьюрига модель 3/842  
 Тьюфлен 1/635  
 Тэйта уравнение 4/664  
 ТЭН 1/607, 705; 3/507  
 ТЭС, см. *Тетразилсвинец*  
 ТЭСПы 2/962; 4/728, 1007  
 Тюлений жир 2/307–309; 3/302  
 Тюрингит 2/270  
 Тюямунит 1/672; 5/73  
 Тяжелая вода 5/31, 32, 33, 922; 1/764; 2/25, 387, 393; 3/402  
 Тяжелые материалы  
 магnezия 2/1248  
 нефти и нефтепродукты 1/920; 2/166, 167, 169, 170, 593, 680, 682, 965  
 цветные металлы 3/96  
 шпаты 1/457, 544  
 Тяжелый органический синтез 3/832, 833
- У**
- Уабанн 1/41  
 Уайт-спирит 1/19, 427, 562, 831; 2/1130, 1318; 3/466, 750, 994; 4/34, 66, 286, 502  
 Убелюде прибор 2/306  
 Убиквин 1/322, 330  
 Убикитин 4/217  
 Убихинолы 4/894; 5/34  
 Убихиноны 5/34, 35, 345, 346; 2/241, 242, 747, 972; 3/48, 669, 670; 4/894  
 Уваровит 5/608  
 Увитиновая кислота 3/27  
 Угарный газ, см. *Углерода оксид*  
 Уги реакция 5/35, 36; 2/373, 419  
 Углеаммакаты 2/290  
 Углеводороды 5/36, 42; 1/399  
 алифатические, см. *Алифатические соединения*  
 алициклические, см. *Алициклические соединения*  
 альтернанные 1/204, 205; 4/419; 5/643, 648  
 ароматические, см. *Арены, Ароматические углеводороды*  
 ацетиленовые, см. *Ацетилен, Ацетиленовые соединения*  
 газовые конденсаты 1/912, 930, 991; 2/1175; 3/452  
 галогенированные, см. *Галогензамещенные углеводородов*  
 гомологический ряд 3/784, 785  
 Джекоба 4/861, 862  
 диеновые, см. *Диеновые углеводороды*  
 Дильса 4/861, 862  
 ениновые, см. *Енины*  
 и вода, коэффициент распределения 2/942  
 как загрязнители среды 1/399; 3/849, 854  
 как красители 2/972  
 насыщенные, см. *Насыщенные углеводороды*  
 нафтенные, см. *Нафтен*  
 непредельные, см. *Ненасыщенные углеводороды*  
 нефть, см. *Нефть*  
 предельные, см. *Насыщенные углеводороды*  
 растворяющая способность, см. *Растворители*  
 селективность связывае 2/811  
 селитренные, см. *Селитренные газы*  
 терпеновые, см. *Терпены*  
 циклические, см. *Циклические соединения*  
 Чичибабина 3/572  
 Шленка 1/562  
 этиленовые, см. *Алкены, Олефины*  
 Углеводы 5/36, 37–39, 152, 343, 348; 1/608–611, 711, 1135, 1136, 1156; 2/232, 364, 522, 819, 989, 1162–1164, 1271; 3/506, 786. См. также *Сахара, Фотосинтез*  
 альдозы и кетозы, см. *Моносахариды*  
 биологическая роль, см. *Биологическое окисление, Брожение, Гликолиз, Глюконогенез*  
 иммобилизованные 2/1163  
 ископаемых остатков 3/871  
 катаболизм, см. *Пентозофосфатный цикл*  
 комплексы с белками, см. *Гликопротеины*  
 метаболизм 3/611–616, 621, 623, 700, 760, 845; 4/1119, 1259–1261  
 номенклатура 3/569  
 олигомерные, см. *Олигосахариды*  
 определение 3/656, 796; 5/114, 196  
 полимерные, см. *Полисахариды*  
 формулы Фишера 5/195  
 Ультраграфитовые материалы 5/39, 40, 854; 3/244, 895. См. также *Графит*  
 антифрикционные 1/344  
 волокнистые, см. *Углеродные волокна, Углерод-углеродные материалы*  
 высокодисперсные, см. *Сажа, Технический углерод*  
 коксовые, см. *Кокс каменноугольный, Кокс нефтяной*  
 Углежжение 5/1059  
 Углекислые воды 3/170  
 Углекислый газ 5/44, 45. См. также *Углерода диоксид*  
 Углемазляные смеси 5/40, 41; 1/205, 1087–1089  
 Углен 5/49  
 Углениты 4/731  
 Углепластики 5/41, 42, 49, 50; 1/369, 370; 2/877–880; 3/1119, 1122; 4/723  
 Углепласты 5/41, 42  
 Углерод 5/42, 54, 936, 938; 1/768; 3/575, 1069  
 аллотропия, см. *Алмаз, Графит, Карбин, Лонсдейлит, Фуллерены*  
 аморфный 2/767  
 атом(ы) гибридные 1/1066  
 — тетраэдрический, см. *Асимметрические атомы*  
 галогенды 1/950, 971; 3/148; 5/571. См. также *Четыреххлористый углерод*  
 диоксид, см. *Углерода диоксид*  
 дисульфид, см. *Сероуглерод*  
 жидкий 1/188  
 коллоидный 2/340  
 метеоритный 2/962  
 монооксид, см. *Углерода оксид*  
 недооксид 2/1274  
 определение 1/121, 210, 1182; 2/710–712, 770, 896, 960; 3/168; 4/158, 159, 627, 779, 883; 5/68  
 полимеры 3/419. См. также *Кумулены*  
 применение 2/1118, 1119, 1124; 3/484, 777; 4/106, 108, 835; 5/160, 1022. См. также *Науглероживание, Углеродные материалы, Цементация*  
 свойства 1/412, 878, 1015, 1169, 1170, 1192; 2/189, 255, 256, 259, 271, 385, 391–393, 625, 640, 767, 793, 1049, 1117, 1172, 1274; 3/402, 698, 723, 785, 786, 833, 955–958, 1069, 1249; 4/23, 25, 315, 316, 320, 331, 333, 337, 433, 481, 515, 574, 788, 808, 813, 1005, 1019, 1176; 5/16, 42, 43, 44, 349, 543, 553, 617, 630, 1024  
 селенид 4/618  
 серооксид 5/46. См. также *Углерода сульфид*  
 соединения, см. *Органическая химия, Органические соединения, Органический синтез*  
 сплавы 2/249, 250, 269, 827, 828, 1125, 1153, 1154; 3/889, 890; 4/809; 5/102. См. также *Железа сплавы, Сталь, Чугуны*  
 сульфидооксид 5/46. См. также *Углерода сульфид*  
 технический, см. *Сажа, Технический углерод*  
 Углерода диоксид 5/44, 42, 43, 45, 54, 150, 206, 416, 467, 976; 1/611, 777; 3/564  
 ассимиляция 1/553; 3/270, 788. См. также *Фотосинтез*  
 в пожаротушении 3/648, 649, 1186, 1191  
 возбужденный 1/556; 2/1127  
 жидкий 5/995, 1005, 1059  
 и круговорот азота 5/84  
 и титрование 2/448  
 как вспениватель 3/903, 905–907, 909; 4/134  
 как кислота 2/282, 779  
 как метка 4/325, 1244  
 как плазмообразователь 3/1099  
 как продукт гниения 2/767  
 как пропеллент 4/196  
 как рентгеноотрицательное средство 4/477  
 как сушильный агент 4/959, 967  
 как флюид 2/610  
 коррозионная активность 2/321, 1332  
 металлургический 1/483, 484, 1006–1008; 2/240; 3/148, 612, 615–621, 623, 625, 810–812, 918–921; 4/1259–1261  
 насыщение растворов, см. *Карбонизация*  
 определение 1/885, 889, 894–896, 915–917, 1182; 2/522, 648; 3/168; 4/627  
 получение 1/847, 901–904, 929, 930, 1046, 1049, 1053, 1087, 1146, 1179, 1191; 2/28, 29, 349, 586, 629, 637, 639, 667, 672; 3/53, 119, 253, 280, 289, 346, 1060; 4/654; 5/12, 68, 125, 223, 470, 508, 984, 990, 998  
 свойства 1/5–9, 13, 275, 768, 771, 773, 786, 834, 835, 870, 880, 883, 926, 1203; 2/11, 68, 142, 216, 285, 332, 350, 388, 505, 526, 578, 587, 632, 633, 636, 637, 639, 640, 642, 647, 709, 711, 793–796, 1172; 3/101, 226, 281, 356, 359, 392, 665, 696, 761; 4/152, 200, 201, 447, 533, 582, 686, 723, 814, 820, 1058, 1185; 5/52, 142, 181, 217, 332, 503, 701, 790, 834, 835, 975, 990  
 твердый 5/593  
 токсичность 1/291, 399, 400, 901, 902, 1071; 2/963; 3/327, 364, 639, 849, 853; 5/45  
 Углерода оксид 5/45, 46; 1/43, 399, 400, 430, 487, 667, 767, 777, 778, 828, 829, 833, 903, 943, 983; 3/125; 4/193, 1058  
 возбужденный 2/1127  
 как катализаторный яд 2/668  
 как литограф 3/624  
 как основание 2/2  
 как фактор пожара 3/1186  
 межзвездных облаков 2/962  
 определение 1/885, 889, 895, 915–917; 2/446, 628; 4/628, 786; 5/916  
 применение 3/1069; 5/46, 47. См. также *Восстановительный газ, Гидроформилирование, Карбонилирование*  
 получение 1/878, 1046, 1191; 2/28, 526, 638, 1235; 3/113, 289, 665, 832, 1060; 5/13, 44, 46, 68, 443  
 свойства 1/1–6, 170, 184, 597, 598, 648, 649, 689, 877, 888, 904, 990, 1052, 1053, 1087, 1112, 1113; 2/147, 224, 242, 252, 256, 257, 405, 633, 641, 642, 646, 663, 666, 672, 674, 675, 793–796, 853, 863, 933, 970, 1171; 3/78, 84, 101, 107, 119, 253, 281, 449, 450, 473, 486, 666, 735–737; 4/118, 499, 500, 534, 640, 723, 755; 5/16, 56, 23, 224, 238, 361, 387, 442, 688, 985, 995  
 смеси с водородом, катализаторы синтеза 2/677, 666. См. также *Систем-газ, Фишера-Тропша синтез*  
 соединения с металлами, см. *Карбонилы металлов*  
 твердый 2/642  
 токсичность 2/327, 1206; 3/113, 849, 853; 4/425, 1210; 5/46  
 Углерода сульфидоксид 5/46, 45, 47; 1/902, 930, 932; 3/236, 281; 4/654, 656, 657, 1131, 1136, 1152, 1153, 1167  
 Углеродные материалы  
 волокна 5/47, 39, 48, 49, 371; 1/802, 805, 807; 2/877, 880; 3/327, 878, 880, 1197, 1198, 1200, 1221; 4/893, 1013, 1014, 1082  
 волокнисты 1/807  
 графитированные, см. *Графит, Графитопласты, Углеграфитные материалы, Углерод-углеродные материалы*  
 ионообменные 2/231  
 пластики, см. *Углепластики, Углеродопласты*  
 сорбенты, см. *Адсорбенты*  
 текстолиты 4/26, 1013, 1014  
 Углеродопласты 2/649; 5/41, 42. См. также *Углепластики*  
 Углерод-углеродные материалы 5/49, 39, 41, 42, 50, 51  
 Углекислый газ 5/51, 52; 2/846  
 Угли  
 активированный 1/129, 130  
 активный, см. *Активный уголь*  
 антрацит 1/357, 358, 1192; 2/341, 596; 5/42, 43  
 бурсы, см. *Бурсы угли*  
 древесный, см. *Древесный уголь*  
 газификация, см. *Газификация твердых топлив*

- гидрогенизация 1/1085, 1086–1089; 2/596, 665, 670; 4/194, 526, 701–705
- горение 1/1170, 1171; 2/270 и нефтегазовое сырье 3/450, 451
- каменные, см. *Каменные углы*
- костяной 2/589
- масса золы, см. *Зольность*
- обмасливание 2/594
- обогащение 3/631, 632
- платинированные 4/266
- термопереработка, см. *Коксование*, *Пирролиз*, *Полужокование*
- Угли**
- валентные, см. *Валентные углы*
- вращения плоскости поляризованного света 2/292
- диэдральные 3/208, 210, 219
- закои постоянства, см. *Кристаллы*
- контактные тонких пленок 4/1206, 1207
- краевые, см. *Краевые углы смачивания*
- между связями 3/797
- «магический» 5/1029
- наклона между рабочей и равновесной линиями 2/1306
- отбора, см. *Локальный анализ*
- сочленения циклов 1/372
- торсионные, см. *Торсионные углы*
- эллипсометрические 5/539, 940
- Уголь**, см. *Угли*
- Угольная кислота** 5/52, 44, 990; 1/1099; 2/507, 637, 784; 3/102, 576; 4/200, 1152
- днамид, см. *Карбамид*, *Мочевина*
- дифторангидрид 2/640, 641
- дихлорангидрид, см. *Фосген*
- как кислотно-основной комплекс 2/779
- мономанд, см. *Карбаминовая кислота*
- полиамиды, см. *Полимоочевина*
- соли 1/969; 3/815–817. См. также *Карбонаты неорганические*, *Карбонаты природные*
- эфирь, см. *Карбонаты органические*
- Угольный ангидрид 5/44, 45. См. также *Углерода оксид*
- Ударные волны** 5/52, 53, 54; 2/46, 47, 146, 623; 3/59–62, 427, 429, 954
- Ударных труб метод** 5/53, 54; 2/754; 3/420, 1101; 4/462
- Ударопрочные пластики** 2/708; 4/168, 169, 734
- Удобрения** 5/54, 55; 3/624, 856
- азотные, см. *Азотные удобрения*
- азотио-фосфорно-калийные 1/467; 2/869, 870; 3/172, 520, 524
- азотио-фосфорные 1/284, 286, 467; 2/84, 290, 869, 870; 3/172, 519–521, 564; 5/54, 305
- активаторы 3/512
- АМТ 1/451, 452
- бактериальные 1/450, 451, 452; 3/157; 5/54
- бескислотные 2/348
- борматные 1/587
- борные 1/587, 586, 588; 2/583, 870; 3/250
- водорастворимые 2/869, 870; 3/172; 5/305, 306
- газообразные 5/54
- гранулирование 1/1188
- двойные 2/869, 870; 3/172
- железные 2/269
- жидкие 2/290, 869, 870; 1/277, 278; 3/172; 5/54, 287
- зеленые 3/789; 5/54
- из отходов кожи 2/836
- известково-калийные 2/348
- известковые 2/348, 349, 350, 1233; 1/102, 103; 3/172; 4/621; 5/55
- иодные 2/498, 870
- как загрязнители среды 3/850
- калийно-азотные 2/568
- калийные 2/562, 563, 572, 869, 870; 3/172, 863; 5/54, 55
- карбамидо-формальдегидное 2/619; 1/103; 3/172
- кислотные 3/172
- кобальтовые 2/829, 830, 870; 3/160, 161
- комплексные 2/869, 290, 870; 3/172, 173, 519–521; 5/54, 287, 301
- КФУ 2/619
- лимонорастворимые 5/305
- магнеливые 2/1232, 1233, 1247
- марганцевые 2/1293, 870, 1288, 1290; 5/54
- медленного действия 4/941
- медно-калийные 3/4
- медные 3/3; 2/870; 3/4, 8
- местные 2/348, 349; 3/863; 5/54
- минеральные, см. *Минеральные удобрения*
- многосторонние 2/869; 3/172; 5/54
- моллибденовые 3/250, 160, 161, 241, 242, 250; 1/451; 2/870
- мочевино-формальдегидное 1/103; 2/619; 3/172
- нейтральные 3/172, 173
- односторонние 3/172, 173; 5/54
- окрашивающие 3/834
- органические 3/789, 790; 1/1210; 2/498; 3/279; 4/1223; 5/54
- органоминеральные 3/789; 5/54
- полные 3/172
- пролонгирующего действия 2/619
- промышленные 5/54
- простые 3/172, 173
- прямые 5/54
- серные 4/650
- слеживаемость 2/83, 563; 3/724
- сложно-смешанные 2/869, 870
- сложные 2/869, 870; 3/172, 173, 519–521, 564, 565, 856
- смешанные 2/869, 870; 3/172, 173
- твердые 5/54
- тройные 2/869, 870; 3/172
- тукосмеси 2/869, 870; 3/172, 173
- уравновешенные 2/869
- фосфорно-калийные 1/467; 2/869, 870; 3/172, 520, 564; 5/54
- фосфорно-кальциевые серосодержащие 4/940–942
- фосфорные, см. *Фосфорные удобрения*
- химические 5/54
- цинковые 5/756, 749, 750, 754, 757; 2/870
- цитраторастворимые 2/870; 3/564
- щелочные 2/870; 3/172
- Удриса-Сергеева метод 5/133
- Удушающие отравляющие вещества 3/843–846
- Узорчатая статья 2/263
- Уилкинсона катализатор 2/670; 3/78
- УКН, волокна 5/49
- Укропное масло 2/652; 4/1093; 5/147, 1006
- Укрывистость 1/1208; 2/1132; 3/1010–1012
- Уксус 4/394; 5/57
- Уксусная кислота 5/55
- амид, см. *Ацетамид*
- N-фенилзамещенный, см. *Ацетанилид*
- ангидрид, см. *Ацетангидрид*, *Уксусный ангидрид*
- и сопряженное основание 2/782
- лепяная 1/508; 2/75, 121, 411, 770, 1087; 3/814, 870; 4/159, 536, 555, 912; 5/116, 117, 381, 567, 607, 659
- метабазис 3/613, 621
- металлический 3/148
- нитрил, см. *Ацетонитрил*
- определение 2/896
- получение 1/554–556, 930, 1059, 1060, 1077, 1098, 1136, 1161; 2/85, 103, 226, 640, 646, 666, 935, 936, 1080, 1081, 1100, 1164, 1165, 1174, 1216, 1274, 1329; 3/54, 78, 79, 101, 114, 119, 120, 253, 289, 346, 407, 450, 552, 785, 1055, 1223; 4/257, 500, 535, 745, 755, 768, 803, 804, 904, 920, 1155; 5/57, 115, 376, 377, 833, 997. См. также *Уксуснокислое брожение*
- применение 1/338; 2/775; 3/1125; 4/359; 5/57
- свойства 1/195, 199, 348, 419, 424, 425, 428, 429, 434–436, 440, 442, 494, 495, 504, 515, 566, 609–611, 638, 650, 669, 670, 680–682, 713, 717, 841, 1006, 1069, 1073, 1084, 1096, 1142, 1163, 1216; 2/1, 6, 12, 81, 115, 142, 158, 171, 186, 199, 304, 322, 378, 448, 449, 452, 453, 456, 601, 643, 644, 653, 664, 665, 700, 741, 760, 781, 789, 814, 821, 823, 864, 897, 1008, 1044, 1081, 1148, 1155, 1167, 1211; 3/79, 107, 117, 118, 157, 372, 373, 389, 432, 503, 506, 515, 519, 521, 524, 526, 542, 547, 553, 558, 559, 661, 691, 708, 714, 785, 1043, 1251; 4/177, 248, 265, 371, 378, 562, 578, 591, 718, 751, 854, 860, 862, 865, 918, 934, 935, 1010, 1037, 1055, 1098, 1119, 1125, 1150, 1152, 1159, 1160, 1205, 1220, 1250, 1251, 1262, 1267; 5/5, 6, 8, 10, 33, 57, 58, 94, 123, 124, 131, 182, 200, 202, 439, 453, 585, 590, 666, 729, 982
- эфирь 2/96, 171; 5/56. См. также *Ацетаты*
- амипольные, см. *Амилацетат*, *Изоамилацетат*
- бутиловые, см. *Бутилацетаты*
- виниловый, см. *Винилацетат*
- метиловый, см. *Метилацетат*
- целлюлозы, см. *Целлюлозы ацетаты*
- этиловый, см. *Этилацетат*
- Уксуснокислое брожение 1/258, 611, 646; 3/785, 1125; 5/56
- Уксусный альдегид 1/196, 423, 424, 608, 650; 3/84, 660, 1019; 5/197. См. также *Ацетальдегид*
- Уксусный ангидрид 5/57
- получение 1/1077; 2/12, 85, 640, 741; 3/120, 351; 4/705
- свойства 1/46, 187, 199, 240, 252, 299, 424, 425, 428, 434, 435, 437, 439, 441, 442, 487, 505, 517, 519, 532, 697, 698, 990, 1096; 2/115, 121, 142, 181, 210, 347, 456, 544, 823, 888, 931, 1101, 1213, 1298; 3/25, 107, 108, 118, 134, 201, 280, 292, 389, 502, 503, 506, 528, 530, 682, 696, 699, 703, 714, 796, 797, 965, 966, 1033, 1073, 1078, 1212, 1246; 4/53, 63, 71, 100, 273, 274, 570, 607, 868, 1055, 1094, 1096, 1102, 1117, 1121, 1124, 1125, 1130, 1156, 1205, 1253; 5/10, 19, 56, 66, 116, 224, 248, 533, 585, 589, 666, 724, 746, 860, 938. См. также *Ацетангидрид*
- Улексит 1/587
- Ульвёшпинель 5/788
- Ульмана реакция 5/58, 59; 2/142, 889; 4/62, 1095, 1135
- Ульстрион 4/27
- Ультре реакция 3/708
- Ультралур 3/1220–1222
- Ультразвук в химии 5/59, 60, 156; 3/145. См. также *Механохимия*
- устройства 5/60, 61, 62, 91, 824; 2/49, 146, 356, 357, 491; 3/144; 4/16, 349, 385–387, 582, 954, 956
- Ультразоны 4/43
- Ультракс 3/1213
- Ультракерметы 2/736
- Ультрамарин 5/62; 2/351, 606, 990, 997, 1003; 3/284, 439, 835, 836, 1011, 1012, 1089; 4/673
- Ультрамикроскопия 5/62, 63, 64; 2/148
- Ультрамикрохимический анализ 1/686–688, 693, 694, 700; 2/711, 856, 1108; 3/161; 5/68
- Ультрасовновые горные породы 4/561
- Ультралас 1/261
- Ультрасепные воды 1/768
- Ультраскорители вулканизации 1/846
- Ультрафильтрация 2/149, 196, 859, 1300; 3/39–41, 45, 859, 861; 4/25
- Ультрафиолетовая спектроскопия 5/64, 65, 66; 1/889; 2/44, 45; 3/209, 231, 459; 4/588, 589, 780, 783–785
- Ультраформы 3/837
- Ультрафосфаты 5/249
- Ультрафосфорные кислоты 5/287, 291
- Ультрацентрифугирование 5/66, 677, 678; 1/559, 859; 3/589, 599, 600
- Ультрачистые вещества 5/834, 835
- Умбеллиферон 5/66
- Умыра 5/67; 1/1141; 2/1291; 3/1012
- Умренный холод 5/593, 597–599
- Умчигенные воды 1/771, 772; 2/283, 514, 515, 571, 579, 587, 872; 3/351, 367, 663; 5/988. См. также *Водоподготовка*
- Ундекалуктон 5/67; 2/252
- Ундеканал 5/67, 68
- Ундекановая кислота 1/863, 864
- Ундеканол 5/68
- 2-Ундеканон 3/118
- Ундекапренилфосфат 3/928
- Ундекафторосиликаты 5/407
- Ундециленовая кислота 2/660; 4/230, 527; 5/67
- Ундециленовая кислота 1/863, 864; 5/68
- Ундециловый альдегид 5/67, 68
- Ундециловый спирт 5/67; 5/68
- Универсальный критерий эволюции 4/1070
- Универсин 2/844
- Унигерм 2/807
- Униконазол 4/429
- Унитарные мультиплеты 5/931
- Унитексы 3/837
- Унитол 1/328, 1130; 2/175, 1216
- Униферухера методы 5/68
- Уокер-процесс 4/738
- Уотсона–Крика двойная спираль 3/586, 593
- Уплотнительные смазки 5/68, 67, 69; 3/1125–1127
- Упрочненнодисперсные материалы 2/817
- Упругие свойства материалов 2/54, 358; 3/166, 167, 1171; 4/484–486, 663, 664, 994, 996, 998; 5/69, 171. См. также *Акустические устройства*, *Юнга модуль*
- Уравнение(я). См. также *именные соотношения*
- аддитивности фазовых равновесий 2/1305
- адсорбции 1/54–61
- баланса энтропии 4/1066–1069
- барометрическое 1/925; 4/827
- движения термодинамические 4/1067
- вирнальное 1/727, 679, 926; 4/828; 5/69, 70
- волновое 2/718
- изобары и изохоры реакций 2/902
- кинетическое 2/759, 753, 757, 1255, 1256, 1259; 4/149, 150, 415, 958, 959
- конститутивные 4/1067, 1070

- локального состава растворов 4/369  
 подобия 2/543  
 распространения энергии 4/1044, 1045  
 регрессии 3/1106–1109  
 релаксационные 3/948  
 связи 5/173  
 состояния 5/69, 70–72; 1/762, 926, 1214; 2/299, 1072–1074; 3/383; 4/484–487, 490, 663, 762, 763, 823, 1029, 1072  
 электронейтральности электролита 2/320  
 Уравновешенные удобрения 2/869  
 Узелок 1/566  
 Урал, волокно 5/49  
 Уралборит 2/583  
 Уралкидные смолы 5/72, 73; 1/153, 154; 2/1215; 4/51, 52  
 Урамил 3/279  
 Уран 5/73, 923, 935, 938; 1/1109; 2/789; 3/849, 955–958; 4/1241  
 бориды 5/75  
 ванадат 5/74  
 галогениды 1/1193; 3/90, 91; 5/74–76, 83  
 гидриды 1/1081; 5/74, 75, 164  
 гидроксид 4/435  
 интерметаллиды 1/332, 384; 4/585  
 нодат 5/74  
 карбиды 5/78, 766; 2/624; 4/142  
 метеоритный 2/963  
 минералы 5/73  
 нитраты 3/504; 5/77, 827  
 нитриды 5/78, 79; 2/734; 3/509; 4/142  
 нормализованный 5/81  
 обогащенный 3/1152, 1154  
 оксиды 5/79, 73–78, 80, 83, 503, 766, 780; 2/734, 736; 3/89–91, 1056, 1069; 4/820  
 определение 1/380, 381, 670; 2/84, 87, 392, 442, 451, 710, 731, 1219; 3/403, 969, 1044; 4/935, 936, 1221; 5/77, 274, 436, 873  
 органические соединения 5/83, 74, 276; 1/167, 169, 203, 872, 1083; 3/84, 713  
 перхлорат 1/1193  
 получение 1/869, 951, 1020, 1104; 2/103, 214, 334, 389, 392, 393, 546, 580, 1235; 3/26, 42, 88–90, 635, 1155, 1193, 1229; 4/139, 560, 1113, 1257; 5/76, 77, 256, 298, 828, 833, 854, 1018  
 применение 5/77, 78, 160, 802  
 свойства 1/131, 132, 1002, 1015; 2/370, 384, 387, 394, 672; 3/97, 425, 606; 4/299, 316, 318, 322–325, 327, 331, 332, 336–338, 431, 433, 434, 723, 875; 5/74–76, 166, 366, 446, 455, 763, 1017–1019, 1030, 1031  
 силициды 5/75, 76, 684, 766  
 сплавы 5/80, 76–78, 81, 82, 766  
 топливные циклы 5/76, 133, 1030, 1031  
 тригид 5/4  
 фосфаты 5/74, 249, 251, 254, 281  
 фосфиды 5/76  
 фториды 5/82, 74, 77, 79, 81, 389, 393, 396, 503; 1/949, 950; 2/392, 1089; 3/90, 91, 190, 191, 368, 1056, 1069  
 халькогениды 5/74–76; 4/618, 1023  
 цианиды 5/703  
 Уранаты 5/83, 80  
 Уранил(ы) 5/73, 74, 77, 80, 82, 454, 577, 744; 3/1056  
 Уранинит 5/73  
 Урановая кислота 5/83  
 Урановые минералы 5/73  
 Уранон 1/380; 2/451  
 Ураноцен 5/83  
 Урацил 1/1012; 3/585–588, 596, 619, 620, 812, 813, 1051, 1052; 4/522, 1260; 5/450, 1015  
 Урациловая кислота 3/813  
 Урацил-6-карбоновая кислота 3/812, 813  
 Урацилы 1/1026, 1032  
 Урат 3/619, 620  
 Ураты 1/188; 3/279, 613  
 Урбазон 4/219  
 Уреазы 5/83, 150, 151, 158; 1/471, 558, 1097; 3/280, 281  
 Уреаформ 1/103; 2/619; 3/171  
 2-Уреодолураат 3/619, 620  
 3-Уреидонобутират 3/619, 620  
 Уреидоенилциллины 2/1134, 1135  
 3-Уреидопронат 3/619, 620  
 Уреидосульфат 3/619, 620  
 Уреиды 5/84; 1/1068; 2/325, 412, 648; 3/619, 620, 621  
 Урепан 5/86  
 Уретаны 5/87, 88, 125, 702, 704, 705, 975, 1013; 1/73, 1179; 2/402, 405, 573, 620, 638, 1107, 1214; 3/280, 290, 502, 530, 746; 4/802, 803  
 каучуки 1/647, 847; 2/66, 705–708; 4/291, 441–444  
 латексы 2/1150  
 эластомеры 5/84, 85–87; 1/989; 2/184, 185; 4/85, 1088, 1089, 1200. См. также *Пенотолури-таны*  
 Уретилан 5/87  
 Урежа реакция 3/708  
 Урзолы 3/694  
 Уридиловая кислота 2/1323, 1325; 5/411  
 Уридин 2/1191; 3/173, 174, 597, 598; 4/519, 811, 1231, 1232, 1238  
 Уридин-N-ацетил-D-галактозамин 3/615, 616  
 Уридиндифосфат-альдозы 3/615, 616  
 Уридиндифосфат-N-ацетил-D-глюкозамина 3/596, 928  
 Уридиндифосфат-N-ацетил-D-мурамовая кислота 3/928  
 Уридиндифосфат-D-галактоза 2/364, 1191; 3/270  
 Уридиндифосфат-D-гексоза 1/1131  
 Уридиндифосфатглюкозы 1/1126, 1132; 2/364, 1145, 1195; 4/582  
 Уридиндифосфат-D-глюкуроновая кислота 3/270  
 Уридиндифосфатсахара 1/980, 1140; 5/693  
 Уридиновая кислота 4/1241  
 Уридинтрифосфат 3/813  
 Уридин-5'-фосфат 3/615, 616, 813  
 Уридинфосфат-L-арабиноза 3/615, 616  
 Уридинфосфат-N-ацетил-D-галактозамина 3/615, 616  
 Уридинфосфат-D-галактоза 3/615, 616  
 Уридинфосфат-D-галактуронат 3/615, 616  
 Уридинфосфатглюкозы 3/270, 615, 616, 1051  
 Уридинфосфат-D-глюкуронат 3/615, 616  
 Уридинфосфат-D-ксилоза 3/615, 616  
 Уризол 1/990  
 Уриказа 5/151  
 Урилон 4/25  
 Уробилин(ы) 2/279, 975  
 Уровнемеры 5/88, 89–92  
 Уровни энергетические, см. *Энергетические уровни*  
 Уроканат 3/613, 619, 620  
 Урокановая кислота 3/613  
 Урокиказа 3/1098  
 Уроновые кислоты 5/92, 37, 93; 1/1022, 1131; 2/223, 1197; 3/267, 286, 621, 896; 4/34  
 Уропорфирин 4/145, 146  
 Уросульфан 4/901, 902  
 Уротраст 4/477, 478  
 Уротропин 1/194, 197, 277, 337, 338, 680, 990, 1000; 2/1, 19, 518, 709, 710, 798; 3/511, 530, 703, 729, 847, 911, 1088; 4/397, 570, 640; 5/135, 773. См. также *Гексаметиленететрамин*  
 Урохолодистокнин 5/590  
 Урри-Караша реакция 5/93, 94  
 Урсан 4/579, 580  
 Урсодезоксихолевая кислота 2/278  
 Урьева критерий 4/137  
 Усановича теория 2/778  
 Усиление фотоизображения 5/454  
 Ускорители  
 вулканизации, см. *Вулканизация*  
 высыхания лакокрасочных материалов 3/303, 304  
 заряженных частиц 2/430, 502, 503; 3/403; 4/294, 295, 332, 706  
 отверждения 3/357, 838; 4/673  
 пластикации полимеров 2/704; 3/1115  
 полимеризации 4/1142, 1143  
 проявления фотоизображения 4/254  
 созревания 5/983  
 Устойчивость  
 катализаторов 2/668  
 координационных соединений 2/930, 931  
 систем дисперсных 2/154–156, 816, 817, 860  
 – реакционных 1/1200  
 – термодинамическая 4/1071  
 «Усы», см. *Нитевидные кристаллы*  
 Утилизация  
 отходов, см. *Отходы производства и потребления*  
 продуктов переработки химического оружия 5/502  
 растворителей 4/360  
 солнечной энергии, см. *Солнечные устройства, Фотокатализ, Фотосинтез*  
 УФС, спектроскопия 5/64–66  
 Уэдворта – Эммонса реакция 5/606, 607  
 Уэланды комплексы 1/373; 2/314; 5/905, 906
- Ф
- Фабниант 2/583  
 Фаблон 3/1139  
 Фабри болезнь 1/1140  
 Фаворского реакции 5/95, 96, 97, 999; 1/143, 430, 714, 941; 2/621, 647, 746; 4/1255  
 Фавцеттдин 1/146  
 ФАД, кофермент 2/968  
 Фазизбол 5/413  
 Фазовое равновесие 5/99, 69, 70, 100–102, 498, 499; 1/1014, 1015; 2/56–64, 899, 1074–1077, 1168; 3/218, 219; 4/806, 1073  
 Фазовые переходы 5/97, 103, 104; 1/679; 2/207; 3/248, 311; 4/658  
 в звуковых полях 2/763  
 в микроэмульсиях 3/162, 163, 283  
 в твердых растворах 4/1004  
 возгонка 4/889  
 «врашательные» 3/394  
 десублимация 2/890, 892, 1045; 3/255, 420, 818; 4/263, 264, 889–893; 5/102, 605  
 зародышеобразование, см. *Зарождение новой фазы*  
 и давление 1/1215  
 и дериватогрфия 2/35, 36  
 и диэлектрические потери 2/207, 208  
 и критические явления 2/1072–1077  
 и отверждение 3/839, 840; 4/890  
 и релаксация 4/463  
 и самоорганизация 4/574  
 и смачивание 4/730  
 и эффект Мессбауэра 3/65  
 испарение 2/540  
 кипение 2/760  
 конденсация 2/890  
 кристаллизация 2/1046  
 механические воздействия, см. *Механохимия*  
 плавление 3/1091  
 полиморфные, см. *Полиморфизм*  
 решеточные модели 4/829  
 слабые 2/1072  
 сублимация 4/889  
 теплоты 4/1030, 1057, 1058, 1085, 1086; 5/102. См. также *Энтальпия*  
 точки(а) Кюри, см. *Кюри точка*  
 – реперные 4/1077  
 уравнение Клапейрона–Клаузиуса 2/788  
 Фазовый анализ 5/104, 105, 497, 1/292, 296, 810; 2/190, 292, 296, 709, 712, 855  
 локальный 2/1212, 1213  
 масс-спектрометрия 2/1318  
 мессбауэровская спектроскопия 3/66  
 метеоролов 2/961, 962  
 органических веществ 3/794, 797  
 рентгеновский 4/475, 476; 2/190, 712; 5/104  
 электронографический, см. *Электронография*  
 электрохимический, см. *Анодное растворение*  
 Фазы 2/55, 57, 64; 5/97  
 анализ, см. *Фазовый анализ*  
 виртуальные 5/105  
 внедрения 2/485; 3/75, 76; 4/107  
 граница раздела и поверхностная энергия 5/465  
 – разность потенциалов, см. *Межфазные скачки потенциала*  
 двухмерные, см. *Гетерогенные реакции*  
 диаграммы 1/817, 818; 2/56, 249, 255; 5/97–102. См. также *Диаграммы состояния*  
 дисперсные 2/286–288, 840  
 жидкокристаллические 2/286–288  
 избыточные, см. *Межкристаллитная коррозия*  
 критические 2/1072–1077  
 Лавеса 2/479, 480, 482, 484, 486; 4/563  
 Магнелли 1/679; 4/1178  
 Макарова 2/478; 4/563. См. также *Интерметаллиды*  
 мезоморфные 2/286–289  
 металлческие 2/479–486  
 – в метеоритах 2/962  
 метастабильные, см. *Метастабильное состояние*  
 нативные 5/105  
 нематические 2/288  
 нестехиометрические 3/433, 434  
 Новотного 4/685  
 новые, см. *Зарождение новой фазы*  
 обращение 2/297; 4/987; 5/949  
 переходы веществ, см. *Фазовые переходы*  
 поверхности атомных орбиталей 3/779, 780  
 о-подобные 2/478; 4/563  
 поля 2/57, 58  
 полупроводниковые 4/106, 107  
 портреты реакторов 4/403  
 правило 5/97, 98, 99, 174, 465; 2/56, 819, 1074; 3/162; 4/806  
 пространств системы 4/823, 824  
 равновесие, см. *Фазовое равновесие*

- смектические 2/288  
 сопротивления 2/1305, 1306; 4/459  
 холестерические 2/288  
 Цингтя 3/76  
 Шеврёля 2/797; 3/76, 243, 254;  
 4/585, 617, 909, 911  
 электроосаждение 5/895, 896  
 эмпирическая температура 4/1028  
 энантиотропии 4/24  
 Юм-Розери 2/479, 482–484; 3/75  
 Файнштейн 3/485  
 Файста-Бенари реакция 1/981  
 Ф-актин 1/130  
 Фактисм 2/286; 3/1116  
 Фактические смолы 3/447  
 Фактическое октановое число 3/725  
 Фактор(ы)  
 абсорбционный 1/12  
 активации тромбоцитов 5/245, 269  
 атомные рассеяния излучений  
 2/188, 189  
 – температурный 2/189  
 быстрействующий смертельный  
 5/1055  
 диффузионного потенциала 2/1306  
 емкости, см. *Параметры состояния*  
 инициации и терминации 4/521  
 кинетической активности реагентов  
 2/689  
 компетентности 4/1242, 1243  
 компонента 2/876  
 Ланде 2/329, 1238, 1244; 5/888  
 Линдена 3/1063  
 микротрениа 2/193  
 множественной резистентности  
 3/1097  
 мультиплекс 5/435  
 мутагенный 2/503  
 нагрузки по газу 4/987  
 наследственности 3/210, 1096, 1097  
 незаменимые питания, см. *Витамины*  
 обрыва и разветвления цепей 5/685,  
 687, 688  
 опасные пожара 3/1186, 1188  
 опытов, см. *Планирование эксперимента*  
 очистки 3/898  
 профиля температуры 3/1063  
 равновесия 5/97  
 разделения 1/1106  
 расходимости структуры 4/883, 884  
 рилизинг 1/1163; 3/400; 4/757–759  
 роста 2/319, 478, 1192, 1193; 3/813,  
 1097; 4/270, 517; 5/715  
 свертывания крови 1/1174; 2/111;  
 3/1098  
 селективности анализа 2/347  
 – электрофила 5/907  
 свободного электрона 2/329  
 сжимаемости 4/664, 763; 5/71  
 стерические 1/547; 2/130, 131, 155,  
 156, 193, 754, 910, 913, 931, 940,  
 941; 4/871; 5/368  
 тканевый 4/249, 250  
 уменьшения дозы радиации 4/326,  
 327  
 усиления растворимости 5/834  
 фертильности 3/1097  
 электронной концентрации 2/483–  
 485  
 элонгации 1/472; 5/412  
 $\gamma$  2/329; 3/544; 4/788; 5/888  
 $\sigma$  4/427  
 Факторный эксперимент 3/1107  
 Фаликаи 3/68  
 Фалмингт 4/230, 231  
 Фаллацдин 5/1050  
 Фаллизин 5/1050  
 Фаллин 5/1050  
 Фаллондин 3/711, 934; 4/652; 5/1049,  
 1050  
 Фаллонн 5/1049, 1050  
 Фаллотоксин 5/1049, 1050  
 Фаналевые лаки 2/1128; 3/113  
 Фанера 2/225, 226, 802; 3/282, 905;  
 5/138  
 Фанерон 1/1027  
 Фаннинга коэффициент 2/1303  
 Фантолд 3/292, 293  
 Фань, см. *Циклофаны*  
 Фаолнт 1/387  
 Фарадая  
 законы 5/106, 107, 854, 895, 921,  
 922; 1/314; 2/1097; 3/413  
 импеданс 5/919  
 метод выпрямления 5/105, 106, 919  
 постоянная 5/107, 106, 921; 4/1030  
 ток 5/910  
 эффект 5/107, 108, 546; 2/292;  
 3/210, 722  
 «Фараоновые змеи» 4/549  
 Фарболит 5/144  
 Фарватрон 2/1313  
 Фаренгейта шкала 4/1076, 1077  
 Фарингосепт 4/1148  
 Фармакодинамика 5/111  
 Фармакокинетика 5/108, 109–111  
 Фармацевтическая химия 5/111, 112  
 Фарнахинон 1/749  
 Фарнезан 4/659  
 Фарнезен 3/432; 4/659, 660  
 Фарнезилсукцинат 3/432; 5/112  
 Фарнезилпрофосфаты 3/154; 4/659,  
 660, 713, 1092  
 Фарнезол 5/112, 574, 1014; 1/182;  
 4/659, 661, 1090  
 Фарнезоны 4/661  
 Фарфор 5/112, 113, 751, 835; 1/191,  
 1125; 2/48, 733, 735, 776; 3/412, 699,  
 1193  
 Фасижин 4/239  
 Фасциолин 4/225  
 Фаянс 5/113, 114; 1/1125; 2/733, 735;  
 3/325, 699  
 Фаянс метод 1/362  
 Фаянс-Панета правило 2/1254; 4/762  
 Феба 1/1063  
 Фейбргунг 3/1031  
 Фейбрфугин 5/520  
 Феодорова группы 2/1068  
 Фейерверки 3/1076. См. также *Сигнальные составы*  
 Фейнмана диаграммы 1/1200  
 Фелжета выигрыш 5/435  
 Феликур 2/277  
 Фелинга реактив 5/114, 122; 1/199,  
 726, 1069, 1073; 2/743; 3/691;  
 4/581, 621, 769  
 Фелландрепы 5/114, 115; 2/283;  
 3/1032  
 Фельгена реакция 5/769  
 Фельшпатиды 1/1018  
 Феналон 1/238, 296, 297  
 Феназидрин 5/115  
 Феназелам 5/115; 4/1225  
 Феназин 5/115, 116; 1/76, 532; 2/975;  
 3/389, 705, 706, 1237; 4/419  
 Феназиневые соли 5/115  
 Феназинильные радикалы 4/302  
 Феназин-1-карбоновая кислота 2/975  
 Феназин-2-сульфокислота 5/115  
 Феназон 1/335, 1032  
 Фенак 1/1028  
 Фенакит 1/535; 2/222; 5/654  
 Фенакон 1/497  
 Фенален 3/1039  
 Фенамин 5/116, 127; 1/51, 52, 497;  
 3/399; 4/267–269  
 Фенамифос 3/405  
 Фенантрахиноны 5/532, 533  
 Фенантрен(ы) 5/116, 117, 127; 1/336,  
 356, 373, 375, 710, 983; 2/89, 315,  
 366, 398, 399, 591, 594, 595, 1039,  
 1040; 3/463, 464, 950, 1058; 4/278,  
 279, 419, 719, 867. См. также *Смол-  
 льяные кислоты*  
 Фенантrenoидолиэдриновые алкало-  
 иды 5/117, 118  
 Фенантрен-9,10-хинон 2/1276; 5/117  
 Фенантредин 4/341  
 1,10(о)-Фенантролин 5/118; 1/260,  
 739; 2/110, 248, 264, 450, 550, 635,  
 1327, 1328; 3/1058; 4/394, 699, 719,  
 1075  
 Фенантролы 5/140, 141  
 Фенаримол 5/418  
 Фенасал 4/225  
 Фенацетин 1/297; 2/606; 3/562; 5/111,  
 119  
 Фенацилбензилдиметиламмонийгидро-  
 хлорид 1/279  
 Фенацилалогеннды 1/990; 5/560, 561  
 Фенацилловые эфиры 2/648  
 Фенбендазол 4/225  
 Фенбутилатон-оксид 1/108  
 Фенвалерат 3/1041  
 Фенетидины 5/118, 119, 238; 3/561  
 Фенетилзохинолины 3/275; 5/119,  
 970  
 алкалоиды 5/119, 120  
 Фенетиловый спирт 4/801, 802  
 Фенетилпропионат 4/207, 208  
 Фенестол 5/120, 121, 1008  
 Фенибут 4/1226  
 Фенигидин 4/773  
 Фенидон 1/833, 1116; 4/253; 5/324,  
 452  
 Феникаберан 4/774, 775  
 Феникохронт 5/608  
 Фенил 2/282; 3/569, 574; 4/300  
 Фенилазоацетоксусный эфир 4/1248  
 л-Фенилазобензолсульфокислота 1/88  
 Фенилазогруппа 3/569  
 Фенилазоуравняющая кислота, 2-фе-  
 нилгидразид 2/183  
 2-(7-Фенилазо-2-нафтилазо)антрацен  
 1/88  
 Фенилазотомуравьяная кислота, 2-фе-  
 нилгидразид 2/174  
 Фенилазотиоформамид 5/422  
 Фенилакридины 1/113, 114. См. также  
*Акридиновые красители*  
 Фенилакриловые кислоты 1/1083;  
 2/935, 936  
 Фенил-5-акрилоилсалицилат 4/59  
 $\beta$ -Фенилакролеин 2/936, 937  
 Фенилаланил-tPHK-синтетазы 1/240  
 Фенилаланин 5/121, 34, 121, 127, 518,  
 969, 1002, 1036; 1/48, 144, 224, 249,  
 396, 475, 477, 482, 1013; 2/696, 862;  
 3/175, 619, 620, 652, 923; 4/190, 217,  
 1075, 1170, 1260, 1261  
 L-Фенилаланинамид 1/394  
 Фенилаланин-4-монооксигеназа 5/121  
 Фенилалкиламин 4/267, 268, 773  
 2-Фенилалкиловый спирт 1/176;  
 4/801, 802  
 Фениламин(ы) 1/349; 2/186, 282;  
 3/119  
 4-Фениламинобензантрон 1/489  
 Фениламиногруппа 3/569  
 N-Фенил-4-аминодифениламин 1/248  
 1,3-бис-(Фениламино)нафталин-8-суль-  
 фокислота 1/75  
 N-Фенил-4-аминофенол 3/278; 4/175  
 Фениламиноэтанол-N-метилтрансфе-  
 разы 2/696  
 Фениламиноэтилметакрилат 1/235  
 Фенилантрахилоновая кислота 1/670;  
 2/205, 450  
 Фениларсооная кислота 3/260  
 Фенилацетальдегид 5/121, 122, 130;  
 2/237, 936; 3/617–620, 1021  
 Фенилацетамид(ы) 1/305, 425, 708;  
 2/345  
 Фенилацетат 1/517; 3/617, 618  
 Фенилацетилен 5/122; 1/617, 708;  
 2/14, 887, 1108; 3/251  
 2-Фенил-3-(4-ацетоксифенил)проп-  
 ионовая кислота, тропиновый эфир  
 5/18, 19  
 Фенилацетонитрил 1/497; 2/345;  
 3/512  
 1-Фенилбензилмадиол 1/247, 248  
 Фенилбензоат 2/811; 5/712  
 Фенилбензол 1/566  
 2-Фенилбензоатдиол 4/488, 489  
 1-Фенил-1,2,3-бензотриазол 1/247,  
 618  
 Фенилбензохиноны 1/533  
 2-Фенил-5-(4-бифенилил)-1,3,4-окса-  
 диазол 3/675  
 Фенилборная кислота 1/417, 600  
 Фенилбромцетонитрил 1/615  
 1-Фенил-2-бромэтилен 1/617  
 1-Фенилбутандиол 4/418  
 Фенилбутанон 1/637, 638  
 1-Фенил-1,3-бутандион 1/505  
 3-Фенил-1-бутен 2/247  
 Фенилбутилнафталин 1/520  
 Фенил-трет-бутилнитрон 4/791  
 Фенилгалогеннды 2/185, 300, 496, 497,  
 1023, 1204; 3/721; 4/926, 946; 5/562  
 1-Фенил-1,3-гексадиен 2/1298  
 1-Фенил-1,3-гексадиолмоноацетат  
 2/1298  
 Фенилгидразиды 2/752; 2/1142  
 Фенилгидразин 5/122, 123, 147, 219,  
 223; 1/335, 419, 440, 655, 1072,  
 1074–1076, 1146; 2/174, 183, 346,  
 743, 1142; 3/268, 542, 686, 687,  
 1115; 4/342  
 Фенилгидразоны 1/440; 2/113, 600,  
 1081; 3/1074; 5/122, 196, 197  
 1-Фенилгидрозохинолин 2/398  
 Фенилгидроксисламин 1/507, 1095;  
 2/1104; 3/471, 527; 5/119  
 $\beta$ -Фенил- $\beta$ -гидроксипропионовая к-  
 слота 2/773  
 2-Фенил-3-(4-гидроксифенил)проп-  
 ионовая кислота 5/19  
 Фенилглиоксаль 1/508; 2/742, 743;  
 4/894  
 Фенилглицидиловые эфиры 5/962  
 N-Фенилглицин 2/441  
 Фенилглицезенкарбоновая кислота, фе-  
 нилловый эфир 2/183  
 Фенилглицерины соли 1/517, 533, 1075;  
 2/497; 3/1045; 5/125  
 N-Фенилдиаминобензолы 1/247  
 Фенилдибромборан 1/600  
 Фенилдигалогенфосфины 1/963, 965  
 N-Фенилдигидропирридин 2/743  
 Фенилдиметиламин 2/651; 3/119  
 4-Фенил-1,3-диоксан 5/126  
 Фенилдиэтиопия соли 2/178–180  
 Фенилдихлорамины 3/815  
 Фенилдихлорсилан 5/128  
 Фенилдихлорсульфит 1/966  
 Фенилен-бис-акриловые кислоты  
 3/966  
 Фенилендиаминсульфокислоты 1/353;  
 3/522  
 Фенилендиамин 5/123, 116, 118, 124,  
 456, 521, 523, 532, 964; 1/228, 303,  
 333, 336, 419, 425, 498, 507, 526, 529,  
 532; 2/83, 85, 86, 132, 133, 302, 331,  
 346, 397, 455, 636, 998, 999, 1095,  
 1096; 3/289, 376, 377, 389, 523, 565,  
 661, 694, 705, 797, 953, 1015, 1016,  
 1213, 1245, 1255; 4/54, 58, 60, 71,  
 76, 243, 253, 615, 1116, 1248  
 л-Фенилендиэтиоанаты 1/479; 2/401  
 м-Фенилен-бис-малеинимид 3/907  
 л-Фенилен-бис-2-пирон 4/62  
 5-Фенилизоксазол 1/840  
 5-Фенилизоксазолий-3'-сульфонат  
 1/840  
 3-Фенилизопропилгидразин 3/28  
 3-Фенилизопропилсидон 3/28  
 N-Фенил-N'-изопропилфенилендиамин  
 2/103

- Фенилизотианат(ы) 5/124, 125, 800; 1/478, 488; 2/81, 186, 187, 401; 3/761; 4/538, 669, 803
- Фенилизотианид 2/372
- 1-Фенилмидазолидин 5/800
- Фенилини 5/125, 126; 1/330; 2/439
- 2-Фенил-1,3-индандион 1/330; 2/439; 5/125, 126
- N-Фенилкарбамонная группа 2/326
- N-Фенилкарбамил-3-(1-метил-2-фенилэтил)сиднонмин 4/669
- Фенилкарбинол 1/495
- α-Фенилкоричная кислота 1/392
- Фениллактат 3/617, 618
- Фениллитий 1/112, 186, 279, 526, 615, 947; 2/417, 622, 858, 1204, 1214; 3/581, 914, 1019, 1078; 4/867, 919, 938; 5/131, 785
- Фенилмагнийгалогениды 1/176, 616; 2/1224; 3/110, 914; 4/917, 980, 1095, 1159; 5/6, 7, 562, 991
- N-Фенилмаленимид 1/720; 2/359
- Фенилмасляная кислота 1/652
- Фенил-5-метакрилолсалицилат 4/590
- N-Фенилметансульфамид 4/897
- Фенилметансульфокислота 2/345
- Фенилмеркаптан 4/1158, 1159
- 1-Фенил-5-меркаптотетразол 4/254
- Фенилмеркурацетат 4/247
- Фенилмеркурборат 1/453
- Фенилмеркуриодид 1/958
- Фенилмеркурхлорид 3/315; 4/552, 554
- Фенилметиламин 3/105
- 1-Фенил-2-метилбензимидазол 1/247
- 1-Фенил-3-метил-4-бензоил-5-пиразолон 2/1083; 3/1036
- 1-Фенил-3-метил-5-метоксипиразол 3/1036
- 1-Фенил-3-метил-5-пиразолон 1/1074; 2/302; 3/1035, 1036
- Фенилметилсульфид 4/1213
- 4-Фенилморфолин 2/202
- Фенилмочевина 3/280; 5/125, 769
- Фенилнатрий 1/498
- 2-Фенилнафталин 2/591
- N-Фенилнафталины 5/126, 992; 1/334, 336, 629, 633, 635; 2/376; 3/383, 388; 4/172, 815, 817
- Фенилнитридин 3/502
- Фенилнитрометан 4/868
- Фениловые эфиры, см. *Салол*, индивидуальные представители и соответствующие кислоты
- Фенилозоны 3/268; 5/375
- 5-Фенил-1,2,4-оксадиазол 3/673
- 2-Фенил-2-оксазолин 3/681, 682
- 1-Фенил-3-оксапиразолидин 4/253
- 2-Фенил-2-оксозаналь 2/742
- Фенилон 1/623, 805; 2/397; 4/58, 1056, 1082-1084
- Фенилпиридины 3/1045
- Фенилпировиноградная кислота 5/121, 127
- Фенилпируват 3/617-620
- Фенилпируваттаутомераза 2/968
- Фенилпропан 2/1174
- 2-Фенилпропаналь 1/1077, 1078
- Фенилпропанола 2/277, 773; 5/126, 127
- 1-Фенил-1-пропанол 4/208, 209
- 3-Фенилпропаналь 2/936, 937
- 3-Фенилпропеновая кислота 2/935, 936
- 3-Фенил-2-пропен-1-ол 2/936, 937; 4/801, 802
- Фенилпропены 1/176, 951, 952, 955
- γ-Фенилпропиловый спирт 5/126. См. также *Фенилпропанола*
- Фенилпропиоловая кислота 2/936
- Фенилпропионат 4/207, 208
- Фенилпропионовая кислота 2/635; 5/122, 130
- Фенилсалицилат 1/338; 5/1001
- N-Фенилселеносульфид 4/620
- Фенилселенохлорид 2/1140
- 1-Фенилсемикарбазид 2/183
- Фенилсерин 3/923, 924
- Фенилсерафоза 1/418
- Фенилсеславы 2/1012; 3/350
- Фенилсилатран 4/672
- Фенилсульфенилгалогениды 4/1158
- Фенилсульфон 2/186
- бис-(Фенилсульфонил)амин 4/897
- 2-(Фенилсульфонил)бензойная кислота 2/186
- 3-(Фенилсульфонил)бензолсульфокислота 2/186
- N-Фенилсульфонилгидроксиламин 3/508
- 1-Фенилсульфонилпиррол 3/1078
- Фенилсульфовая кислота 5/136
- 4-Фенилтетрагидроизохинолин 2/398
- Фенил-1H-тетразолы 4/1099
- Фенилтиогидантоны 1/478
- 5-Фенилтио-5,6-дигидроксиантоноксин 2/1087
- Фенилтиомочевина 2/336; 4/640
- Фенилтиосемикарбазид 4/1147; 5/422
- Фенилтиоэфиры 2/1143
- Фенилтриазолы 4/1251, 1252
- Фенилтригалогениды 2/1022; 3/799; 4/71; 5/128, 129
- Фенилтриметиламмонийпербромид 5/305
- Фенилтриэтоксилан 1/171; 2/1024
- Фенилтусусная кислота 5/127, 117, 121, 122, 130, 131, 784, 980; 1/297, 373, 415, 416, 497, 710; 2/29, 86; 3/498; 4/32, 868
- Фенилуретаны 3/432; 5/68, 125, 126, 130, 147, 654, 996
- N-Фенилфеназоний 1/75
- 4-Фенилфенилацетил эфир 4/207
- N-Фенилфенилдиаминны 1/247
- Фенилфенолы 5/127; 1/156, 337, 452; 2/90, 151; 3/1088
- Фенилфлуорон 5/127, 128; 1/1039
- Фенилформамид 1/305
- Фенилфосфаты 5/254
- Фенилфосфинсульфид 5/261
- Фенилфосфовая кислота 5/274, 275
- 3,4-Фенилфуросаны 5/431
- Фенилхинолины 1/336; 2/437, 438; 5/531, 532
- 2-Фенил-3-хлорбензолселенофен 2/182
- 4-Фенил-7-хлорметилхинолин-3-оксид 4/1225
- Фенилхлорсиланы 5/128, 129; 2/1023, 1032; 3/801
- 4-Фенил-7-хлор-2-хлорметилхинолин-3-оксид 4/1224
- 2-Фенилхроман 5/201
- 2-Фенилхромон 1/347
- 2-Фенил-4-хромеон 5/200
- α-Фенилхромон 5/200
- Фенилцелозолья 5/659
- Фенилцианамид 2/183
- Фенилцианид 1/517
- Фенилциклогексан 3/407, 408
- 3-Фенилциклогексанон 4/1095
- Фенилциклогексилгликолевая кислота 4/237; 5/591
- 1-Фенил-1-циклогексил-3-пиридинопропанол 4/238
- 1-Фенил-1,3,5-циклогексатриен 5/725
- Фенилэтаноламин 1/49, 50
- Фенилэтанолы 2/773; 3/617, 618; 4/801, 802; 5/130, 991. См. также *Фенилэтиловые спирты*
- Фенилэтиламины 5/129, 121, 130, 731; 1/51, 52, 390; 3/254, 619, 620, 879, 1021, 1022; 4/267, 391, 392, 606
- Фенилэтилацетат 5/130, 131
- 5-Фенил-5-этилгексагидро-4,6-пиримидинон 4/240
- Фенилэтилен 4/868-870
- Фенилэтиловые спирты. См. также *Фенилэтанолы*
- α-изомер 1/441; 4/868, 869; 5/980
- β-изомер 5/130, 122, 131, 369, 991, 1004; 1/1025, 1063; 2/237; 4/804
- эфиры 5/130
- 5-Фенил-5-этил-2,4,6-пиримидантрион 2/605
- 9,10-бис-(Фенилэтинил)антрацен 5/444
- бис-(Фенилэтинил)лантанонды 2/1148
- Фенсанс 2/347
- Фенинтрион 2/470
- Фенкарол 5/131, 537; 1/324, 325; 2/371
- Фенимедифам 1/1030
- Фениобитал 1/328, 330, 331; 2/605; 4/742
- Феноболан 1/290, 291; 4/207
- Фенозоны 4/816
- Феноксазины 5/131, 132; 1/267; 3/676; 4/1116
- красители 3/536, 542
- 3(3H)-Феноксазины 5/131
- Феноксатинны 4/728
- Феноксисемикарбазид 1/48, 49
- Феноксисемикарбазол 2/185
- Феноксигруппа 3/569
- Феноксикарб 5/1014
- Феноксильные радикалы 1/977, 978; 2/872, 873; 4/311, 314
- Феноксиметилпенициллин 2/1134
- 4-Феноксисемикарбазол 2/1081
- 2-Феноксипиридин 1/261
- α-Феноксипропионовые кислоты 1/1028
- Феноксисукусная кислота 3/1089, 1090; 4/495; 5/133, 584, 586, 587
- бис-(2-Феноксифениловый) эфир 4/698
- Феноксизтанол 1/338, 452; 3/834
- Фенол 5/132; 1/783. См. также *Фенолы*
- определение 1/615, 671; 5/133, 142
- получение 1/735, 949; 2/155, 186, 497, 534, 591, 593, 845, 846, 1041, 1101, 1102; 3/46, 123, 364, 738, 1055, 1253; 4/312, 392, 393, 768, 935, 1202; 5/121, 127, 133, 140, 562
- применение 1/338, 452, 723; 2/18, 385, 433, 593, 802, 803; 3/126; 4/359, 1116; 5/133, 143
- свойства 1/271, 273, 304, 306, 363, 373, 427, 436, 494, 517, 569, 727, 779, 990, 994, 1115, 1116; 2/73, 81, 88, 90, 91, 95, 96, 185, 347, 406, 455, 615, 616, 716, 743, 777, 819, 864, 976, 1004, 1088, 1101; 3/40, 60, 111, 257, 271, 372, 542, 563, 565, 568, 663, 682, 691, 1058; 4/339, 446, 568, 570, 611, 612, 750, 900, 917, 931, 1090, 1267, 1268; 5/6, 7, 132-137, 139-141, 378, 530, 587, 647, 648, 723, 724
- Фенолазы 3/271; 4/531
- Фенолкарбоновые кислоты 4/979
- Фенолкетоны 5/372
- Феноло-альдегидные смолы 5/133, 134, 142; 1/858; 2/808, 1005; 3/743, 911
- новолачные, см. *Новолачные смолы*
- резольные, см. *Резольные смолы*
- резорциновые, см. *Резорцино-альдегидные смолы*
- формальдегидные, см. *Феноло-формальдегидные смолы*
- Феноловый красный 1/368; 2/447, 448, 1216; 4/936
- Фенолокислоты 2/95, 2226; 3/893
- Феноксидсаза 5/202, 916
- Фенолоспирты 2/1173; 3/201; 5/136
- Феноло-формальдегидные материалы волокнистые 1/386, 387, 871; 5/47
- герметики 1/1046
- 2/803, 804; 4/771; 5/137
- композиты 2/878, 880
- лакн 5/134, 135, 136
- масло 2/593
- мастики 2/1319
- металлопокрытия 3/86
- пластики, см. *Фенопласты*
- препреги 4/163
- смолы, см. *Феноло-альдегидные смолы*, *Феноло-формальдегидные смолы*
- Феноло-формальдегидные смолы 5/135, 132, 134, 136-138, 142-144, 222, 340, 341, 371, 572, 587, 987; 1/198, 630, 807, 871; 2/29, 95, 227-230, 236, 808, 1298; 3/280, 327, 802-804, 839, 911, 912, 1121, 1139, 1224, 1259; 4/444-446, 613, 661, 739, 1007, 1013. См. также *Феноло-альдегидные смолы*
- абляжия 1/2
- алкидные, см. *Алкил(арил)феноло-формальдегидные смолы*
- англиновые 1/308
- как горючее 4/227
- как олигомеры 3/742, 743
- карбонановые 2/648, 649
- крашение 2/1002
- металлонаполненные 3/87
- применение, см. *Феноло-формальдегидные материалы*
- терпеноловые 4/1090
- углеводородные 1/418
- фурановые 5/430
- Фенолсульфокислоты 5/138, 131, 132, 139, 142, 222; 1/94; 3/1057; 4/917, 1267
- Фенолсульфогален 4/935, 936
- Фенолфтален 5/139, 132, 133, 135, 140, 143, 378, 380, 961, 1002; 1/368; 2/112, 446-448; 3/1212, 1213; 4/720
- Фенолы 5/140, 1042; 3/1055. См. также индивидуальные представители
- алкилфенольные, см. *Алкилфенолы*
- двухатомные 1/943; 2/226; 3/1201, 1211; 4/1102; 5/238, 533, 534, 942. См. также *Гидрохинон*, *Пирокатехин*, *Резорцин*
- многоатомные 2/21; 5/114, 140, 149, 450
- нитрофенольные, см. *Нитрофенолы*
- номенклатура 3/573
- определение 2/449, 1100, 1174; 3/268, 523, 709, 796; 5/125, 152, 217, 379, 693, 1057
- получение 2/17, 226, 227, 380, 591-594, 964; 3/450, 684, 833, 978, 1209; 4/920, 924; 5/8, 142, 833
- применение 1/335; 2/294, 406, 432; 3/257, 278, 816, 838; 4/172; 5/143
- пространственно-затрудненные 1/163; 2/91; 4/311, 589, 815
- свойства 1/163, 198, 201, 368, 369, 371, 442, 463, 504, 519, 522, 545, 681, 711, 717, 960-962, 971, 982, 983, 1096, 1128; 2/1, 71, 73, 95, 119, 246, 402, 420, 460, 634, 635, 639, 731, 732, 787, 1279, 1329; 3/387, 458, 513, 518, 534, 542, 562, 703-705, 708, 716, 740, 744, 816, 831, 1028, 1053, 1058, 1124; 4/59, 94, 301, 302, 340, 341, 500, 695, 800, 814-817, 906, 907, 936, 1146, 1159, 1163, 1192, 1205, 1255; 5/10, 21, 59, 66, 88, 132, 133, 135-138, 140-142, 202, 224, 239, 255, 369, 372, 416, 430, 531, 557, 567, 580, 587, 709, 744, 1008, 1009, 1011, 1012. См. также *Фенолаты*
- трехатомные, см. *Гидроксигидрохинон*, *Пирогаллол*, *Флороглюцин*
- хлорированные, см. *Хлорфенолы*
- Фенольные материалы, см. *Феноло-формальдегидные материалы*

- Феноляты 1/710, 711; 2/533, 632, 647, 648, 863, 864; 3/387, 1201; 4/448; 5/132, 141, 142, 1008
- Феноласты 5/143, 138, 144; 1/2, 502, 757; 2/1002; 3/1121, 1122; 4/165, 332, 445
- Феносафранин 2/462
- Фенотерол 4/1194
- Фенотиазин(ы) 5/144, 111, 145, 146, 570, 977; 1/114, 336; 2/474, 618; 3/398; 4/225, 649, 728
- Фенотиакарб 4/1132
- Фенотрин 3/1041
- Фенофлорат 1/1118
- Фенохинон 1/532
- Фенпропатрин 3/1042
- Фенсульфотин 3/405
- Фентанил 1/296, 297; 4/813
- Фентон 2/343, 470
- Фентоламины 5/146; 1/48, 49, 229; 2/413
- Фентона реактив 1/374, 780; 2/465; 4/312
- Фентрифанил 1/108
- Фенурон 1/1030, 1031; 5/125
- Фенфуром 5/419
- Фенхелевое масло 1/301; 2/598; 3/847; 5/115, 147, 1003, 1004
- Фенхены 5/146, 147; 2/601
- Фенхилловый спирт 2/599; 5/147
- Фенхилхлорид 3/1027
- Фенхлорфос 2/470
- Фенхол 5/147; 4/1090, 1091
- Фенхон 5/147, 1004
- Фенциклдин 3/845, 846
- Феомеламины 3/36
- Феофорбиды 5/575
- Феофитины 5/345, 575
- Ферберит 1/811
- Ферросонит 2/544, 546, 1229
- Ферментативные методы анализа 5/147, 148–152, 916; 2/426
- Ферментативные реакции 1/554, 555; 2/544; 3/155; 5/147–155. См. также *Биосинтез*, *Коферменты*, *Ферменты*
- алкилирование 3/294, 295, 598; 4/860
- альдольная конденсация 2/1169
- аминирование 2/1169
- анаплеротические 3/1083
- аппаратура 2/233; 5/149, 150
- ашлирование 2/1169, 1190, 1191; 3/598
- быстрые 4/881
- гидратация 2/1169
- гидрирование 3/598
- гидроксилрование 2/958, 960, 1152; 3/598, 711
- гидролиз 1/1097, 1098, 1100, 1128, 1129; 2/20, 31, 304, 474–476, 599, 634, 660, 695, 696, 988, 1134, 1155, 1184, 1190; 3/599
- гликолиз 2/1140
- дезаминирование 2/16, 17, 1169; 3/295, 595, 598, 622; 4/642, 1119, 1170, 1171
- декарбокслирование 2/29, 81, 969, 1152, 1168, 1169; 4/523, 1119
- деметилирование 3/293
- дефосфорилирование 3/599
- замещение 2/969
- и вытопка жиров 2/308, 309
- и лимонсценция 1/42; 2/1219; 5/445
- ингибиторы 2/433, 434, 635
- индикаторные 2/757
- нодирование 4/1171
- карбокслирование 2/633
- кинетика 5/153, 154–157; 1/558; 2/690
- колебательные 2/848–850
- компенсационный эффект 2/868
- контролируемые 3/929, 934
- конформеров 2/914
- микробиологические 3/155–157.
- См. также *Микроорганизмы*
- обратимые 2/407, 433, 434, 1003
- окислительные, см. *Окислительно-восстановительные реакции*, *Окислительные процессы*
- переминирование 3/936, 937
- порядок 4/150
- присоединение 2/1168
- протеолиз 2/874–876
- расщепление периодатов 3/599
- углеводов, см. *Брожение*
- рацемизация 2/363, 364, 969
- с участием кластеров 2/797
- селективность 5/148, 149, 151, 153
- скорость, см. *Ферментативный катализ*; *Ферментативные реакции*, *Кинетика*
- сопряженные 2/967, 1170
- створаживание 2/559
- транс превращения 4/642, 1075, 1234, 1235
- фумаратредуктазная 4/894
- циклические, см. *Обмен веществ*, *Циклы*
- элиминирование 2/969, 970, 1168, 1169
- Ферментативный катализ 5/152, 153, 179; 1/553, 558; 2/363–365, 423, 661, 690, 757, 877; 3/77, 186, 666, 667; 4/574, 1119
- Ферментосодержащие материалы. См. также *Ферменты*
- волокна 5/157, 158
- сенсоры 4/628
- субстратные комплексы 1/555, 558; 3/211, 225; 5/152–154. См. также *Субстраты*
- электродные 2/423, 522; 5/150, 151
- Ферменты 5/158, 159, 160; 1/470, 552, 554, 555; 3/156, 157, 786. См. также отдельные классы и представители
- активность 1/549, 578, 1126; 2/661, 1194; 4/430; 5/148, 152, 159
- аллостерические, см. *Аллостерические регуляторы ферментов*
- внутримолекулярные 2/364, 365
- гистохимия 2/743
- дыхательные 1/558; 3/668–670
- и высокие давления 1/1219
- и метаболизм 1/561; 3/625, 626
- и обращенные мицеллы 3/186
- и очистка стоков 3/861
- изоформы, см. *Изоферменты*
- иммобилизация, см. *Иммобилизованные ферменты*
- ингибиторы 1/341; 2/731; 4/519; 5/153
- индуцибельные 3/503
- искусственные 5/745
- как антивитамины 1/751
- кластерные 2/797
- липолитические 2/1184
- металлосодержащие 1/550, 1098
- мембранные, см. *Биомембраны*
- множественные формы 2/395
- модифицирование 4/430
- операционная стабильность 2/463
- определение 2/293; 5/148–152, 819
- пшцеварительные 1/558
- применение, см. *Ферментативные методы анализа*, *Ферментосодержащие материалы*
- протеолитические, см. *Протеолитические ферменты*
- разделение 2/295, 1171
- реакции, см. *Ферментативные реакции*, *Ферментативный катализ*
- регуляторы, см. *Регуляторы ферментов*
- сериновые, см. *Сериновые ферменты*
- стероспецифические 2/395, 407; 4/858
- сычужный 5/517, 518
- факторы комплемента 2/876
- целлолитические 5/661, 662
- эфektorы, см. *Эфektorы ферментов*
- адов 1/1095, 1096; 5/272, 273, 1034, 1035
- Q 1/1132
- Ферми
- взаимодействие 4/790
- жидкость 1/1003
- углеводов, см. *Брожение*
- корреляция 5/869
- поверхность 2/77; 4/995
- уровень 4/995; 5/361
- энергия 2/794
- Ферми–Дирака
- статистика 2/718; 3/892; 4/826; 5/868
- уравнение 4/995
- Ферми 5/160; 1/131, 132; 2/1214; 3/57
- Фермионы 3/627, 892; 4/687, 826; 5/930
- Феромоны 5/161, 174, 449, 1044; 1/415; 2/378; 3/407, 737, 784, 885, 995, 1033; 4/661, 927
- «Ферр» 3/575. См. также *Железо*
- Ферразол 1/713
- Ферраты 2/255, 272; 3/577
- Ферредоксин 5/161, 162, 346, 348; 1/1026, 1150; 2/797; 3/503, 504, 653
- Ферромагнетика 5/162, 102, 103, 163, 164; 2/48, 254, 265, 1245; 3/68, 167, 881, 882; 4/911, 997, 1039
- Ферриметрическое титрование 3/969
- Ферриполибат 1/1057; 3/241
- Ферриосалат 1/133; 5/339
- Ферриты 5/163, 61, 162, 164, 615, 788; 1/341; 2/51, 255–257, 259, 261, 262, 271, 733, 735, 801, 1035, 1288, 1240–1243; 3/147, 433, 481, 777, 1012, 1013; 4/110, 291, 333, 502, 575, 712, 1002. См. также соединения элементов, индивидуальные представители
- Феррицанид 3/36
- Ферроактиваторы 5/271
- Ферробор 1/575, 578
- Ферроанид 1/672, 674, 679; 2/263; 4/1057
- Ферровольфрам 1/209, 814; 2/263
- Ферродоксин 1/610
- Феррожидкости, реология 4/491, 492
- Феррон 2/205; 5/118
- Ферроксид 5/163
- Феррокспланы 5/163
- Ферромагнетика 5/164, 102–104, 162, 163, 165, 257, 609, 616, 868; 1/209, 341, 875, 1157; 2/48, 156, 243, 265, 270, 371, 734, 827, 1072, 1111, 1147, 1238, 1245, 1289; 3/68, 98, 167, 329, 473, 483, 500, 629, 634, 698, 881, 882; 4/142, 574, 575, 684, 708, 789, 876, 911, 997, 1057
- Ферромарганец 2/258, 262, 263, 1287–1289; 5/902
- Ферромолибден 2/263; 3/241, 244
- Ферроникель 2/263; 3/474
- Ферронобий 1/209; 3/492; 4/981
- Ферронихром 3/482
- Ферроплатина 3/1128
- Ферропорфирин 1/1006; 5/772
- Ферросилиций 2/258, 262, 263, 580, 1010, 1032, 1202; 3/244, 631; 4/685, 730, 875; 5/752
- Ферросплавы 2/258, 262, 263, 839, 1153; 3/93, 94, 97; 4/182, 575, 633, 982; 5/651. См. также *Железа сплавы*, индивидуальные представители
- Ферротитан 2/263; 4/1175
- Феррофосфор 3/1001; 5/284
- Феррохелатаза 2/1169
- Феррохром 2/262, 263; 3/1076; 4/1057; 5/610, 611, 619
- Ферроцен 5/165, 166, 635, 734; 1/326, 379; 2/100, 274, 275, 367, 628, 919; 3/10, 80, 84, 91, 92, 787, 808, 826; 4/26, 397, 821
- Ферроцерий 5/693
- Ферроцерон 5/166
- Ферроцианид 5/339
- Ферроциптохром 5/772
- Ферроэлектроника 5/538
- Феррупор-AZ 4/134
- Фермстат 3/489
- Ферстера
- уравнение 5/337
- цикл 5/338, 352
- Фертильные материалы 5/166, 1030, 1031
- Феруловая кислота 2/972; 3/896; 5/201, 202
- Фетальный гемоглобин 1/1008
- Фехраль 2/261, 262; 4/802
- Фнанит 2/222, 223; 5/766
- Фибриды 1/623; 3/436; 5/235
- Фибриллы 1/620–622; 2/1061; 3/177, 437, 808; 4/663, 1016; 5/389, 390, 620, 663
- белки, см. *Фибриллярные белки*
- нити 5/166, 167; 1/806
- Фибриллярные белки 1/470; 2/735, 736, 856, 857, 1266; 3/176–178
- Фибрин 5/167, 16, 121, 470, 474; 2/361, 559; 3/1097, 1098; 4/1247
- Фибриноген 3/1098; 5/1, 16, 17, 167, 168
- Фибринолизин 1/248, 322
- Фибринопептиды 5/168
- Фибробластный интерферон 2/487
- Фиброваль 3/1236
- Фиброн 1/801; 2/736; 5/237
- Фибролит 1/871; 2/229, 1248
- Фигуративные точки 2/56, 58, 59, 63, 64
- Фигуровского седиментометр 2/148
- Фигон 3/388, 390
- Физера модели 3/227
- Физика 5/507, 508, 512
- атомная 5/511
- химическая, см. *Химическая физика*
- Физико-химическая гидродинамика 5/169, 170; 2/613, 1261; 4/362, 1207
- Физико-химическая механика 5/171, 172; 2/860; 3/147, 1173
- Физико-химические методы анализа 5/172, 100, 173, 490–492, 497, 498, 932, 933; 1/120, 292, 293, 295; 5/712. См. также отдельные методы
- Физико-химические процессы
- в земной коре, см. *Геохимия*
- гидродинамические, см. *Физико-химическая гидродинамика*
- гидротермальные 1/1018, 1019
- депрессия 1/848
- механические, см. *Физико-химическая механика*
- миграция химических элементов 1/1015–1021; 2/789
- Физико-химический анализ 5/174, 175–177, 515, 901; 4/1002, 1006, 1058. См. также *Диagramмы*
- Физическая химия 5/176, 177–179, 464, 480, 481, 491, 509
- Физические методы анализа 5/180, 932, 933; 1/292, 293, 295; 2/709, 712
- Физические процессы
- абсорбция 1/4–19, 904, 931, 932
- адсорбция 1/53–63, 905, 1052
- моделирование 3/193
- очистка мембран 3/39
- Физостигмин 5/180, 181, 1051, 1052, 1056; 1/346; 2/460
- Физостигмол 5/181
- Фика законы 2/126, 192, 195–197, 514; 3/842, 947, 948; 4/1067
- Фиксатора константа 3/1232
- Фикоцианобилин 2/280



- Фикоэритробилин 2/280  
 Фиксажи 3/364; 4/399, 921; 5/182, 452, 455  
 Фиксаналы 5/181  
 Фиксаторы  
 запахов 1/496, 511; 2/215, 237, 1113; 4/209, 576, 661, 713, 868; 5/660  
 при крашении 5/751  
 ткани в электронной микроскопии 2/743  
 Фиксирование фотографического изображения 5/181, 182, 329, 452, 453. См. также *Фиксажи*  
 Филлисит 5/681  
 Филлохинон 1/749  
 «Философский камень» 1/189, 190  
 Филпрены 1/635, 718–720  
 Фильтры 3/437, 1130, 1202, 1203; 4/485, 486, 565, 575, 846; 5/226–230, 232, 234–236  
 Фильтрат 3/38, 41; 5/183  
 Фильтрование 5/183, 170, 184–195, 715; 1/1105, 1106; 3/637, 819, 851, 857–859, 967, 968  
 газов 1/899; 2/322  
 и горение 4/575  
 и осаждение 3/819  
 интенсификация 2/491  
 как концентрирование 2/916  
 материалы, см. *Фильтровальные материалы*  
 мембранное 3/39–41, 45  
 суспензий 4/952  
 устройства, см. *Фильтрующие устройства*  
 центробежное 5/673–676  
 электроосмотическое 5/851  
 Фильтровальные материалы 1/899; 2/607; 3/437, 438, 817–819, 858; 4/65, 847, 848; 5/183–188, 191, 193, 194, 553, 554. См. также *Защитная одежда, Мембраны разделительные, Фильтры*  
 Фильтрующие устройства  
 противогазы 4/220–224  
 фильтры 1/191, 386, 427, 770, 772, 773, 899, 900, 931, 1105; 2/1199; 3/41, 637; 4/141, 142, 221, 272, 282, 283, 285, 286, 647, 648; 5/24, 25, 183–195  
 центрифуги 5/193  
 Финитное движение микроплатицы 2/719  
 Финишь 5/943  
 Финиш-процессы 3/1013, 1016; 4/72  
 Финкельштайна реакция 5/195; 1/948, 953; 2/32; 3/938  
 Финоптин 1/683  
 Финотклен 1/1141  
 Фиолетовые красители и пигменты  
 диоксаниновый 3/1017  
 К жирорастворимый 1/367  
 кристаллический 2/1057, 114, 221, 302, 448, 449; 1/155; 3/181, 834; 4/230, 396, 397, 945; 5/961  
 метильный 1/367; 2/302, 447, 449, 1128; 4/247, 944, 975; 5/750  
 β-хинакридиновый 1/113  
 Фитаденолы 5/574  
 2,16,20-Фитатриенол 5/574  
 Фитин 2/1233; 3/1089; 5/715  
 Фитиновая кислота 5/715  
 Фитоалексины 5/196, 417  
 Фитогематоплютинины 2/1162, 1164  
 Фитогликоген 2/988  
 Фитогормоны 5/195, 196, 417, 982; 1/1063; 3/626; 4/428  
 Фитол 1/182, 749; 5/573, 574  
 Фитолектины 2/1162  
 Фитоменадион 1/749, 750  
 Фитоциды 1/339  
 Фитостерины 1/827; 4/859–861  
 Фитостерин 4/968  
 Фитотоксины 4/1194, 1196  
 Фитохром 2/280  
 Фитозидоны 4/864  
 Фиттига модификация 1/869; 3/966  
 Фишера  
 альдегид 3/113  
 критерий 2/749; 3/638, 643, 1008  
 метод 1/365; 3/269  
 номенклатура 5/573  
 основание 3/131  
 реактив (реагент) 5/196; 1/108, 109; 2/121, 499, 648, 1024; 3/795; 4/396  
 реакция 5/197, 122, 713, 1060; 1/63, 1073; 2/457, 618; 4/713  
 соль 2/821, 822  
 формулы (проекции) 5/198; 2/905, 906, 1189; 3/265, 569, 570  
 Фишера–Тропша синтез 5/198, 45, 199; 1/205, 828; 2/678, 797; 3/325, 457, 727, 912; 4/193, 194, 697, 705  
 Фишера–Хафнера реакция 5/635  
 Фишера–Хелпа перегруппировка 5/199, 200; 3/534, 536  
 Фишера–Ширшфельда–Тейлора модели 3/228  
 Фишера–Шпайера реакция 5/197  
 Флавакридины 1/338; 3/834  
 Флаван 5/201  
 Флавандиолы 4/979; 5/201, 202  
 Флаванолы 1/556, 557; 4/979; 5/201, 202  
 Флаваноолы 2/973; 5/201, 202  
 Флаваноны 2/973; 5/201, 202  
 Флавантроны 1/245; 3/1016, 1017  
 Флавиановая кислота 1/362  
 Флаванит 1/362  
 Флавины (ы) 1/1150; 2/242; 3/253; 5/772  
 Флавинаденидинуклеотид 1/609, 752, 1153; 2/968, 970; 3/254, 697; 4/894, 1259, 1261, 1262; 5/151  
 Флавинаденинуклеотид 4/523  
 Флавинаденинуклеотидфосфат 3/503  
 Флаванит 2/970  
 Флавиномононуклеотид 1/752; 2/968; 3/697; 4/523, 894  
 Флавинонуклеотидфосфориллаза 4/524  
 Флавиновые коферменты 1/525; 2/967, 968; 4/523, 524  
 Флавоглицерин 1/603  
 Флавокиназа 4/524  
 Флавоны (ы) 5/200, 201, 202, 942; 1/603; 2/277, 747, 973, 1274; 4/1269. См. также *Флавоноиды*  
 Флавоноиды 5/200, 140, 201–204, 1051, 1056; 1/519, 1129; 2/1194, 1218; 3/1075; 4/428  
 Флавонолы 1/556, 557; 2/973; 5/202  
 Флавопротейды 1/558; 2/968; 3/652, 653, 697; 4/523, 524  
 Флаворупурин 3/689, 690  
 Флагила 4/239  
 Фламулин 5/1050  
 Флампроп-изопропил 1/1029  
 Флантглас 4/600  
 Флегма 2/162, 163, 166, 895; 4/453–455, 457, 460; 5/715  
 Флегматизаторы 1/608, 704–706, 1000; 2/601; 3/1075, 1191; 4/135, 731; 5/550, 568  
 Фленны 5/374, 375  
 Флексибиллизаторы 2/286  
 Флексикожнит 4/1059–1061  
 Флемоны 3/982  
 Флеш-фотолиз 3/507  
 Флиакс 2/572, 1209  
 Флиндерсен 5/529  
 Флинт 3/755; 4/837, 838  
 Флип-флоп 2/1186  
 Флогистонная теория 3/412; 5/508, 510  
 Флогистон 4/561, 723, 724; 5/654  
 Флокуляты 5/203, 204, 205, 247, 382; 1/770; 2/83, 212, 816, 817, 860; 3/820, 859, 1195, 1196, 1211, 1239; 4/80, 84–86, 633, 952  
 Флокуляция, см. *Коагуляция, Флокулянты*  
 Флореналь 4/218  
 Флора  
 допущения 3/1257, 1263  
 параметр набухания 2/1264  
 приближение 4/368  
 прирост 2/1268  
 распределение 3/1258  
 θ-температура 2/1264; 4/370, 371  
 Флори – Хатгинса константа 4/371, 663  
 Флоридины 4/241  
 Флориды 4/146  
 Флоридон 5/205; 3/178  
 Флоролюцины (ы) 1/347; 2/234, 864; 3/692–694; 4/195, 507, 1268, 1269; 5/11, 140, 141  
 Флоротанинрот 3/693  
 Флотационное масло 2/1165; 3/724, 826  
 Флотация 5/205, 204, 206–212; 1/770, 1192; 2/4, 51, 53, 562, 563, 595, 596, 818, 916, 1299; 3/93, 636, 901, 922, 1001, 1016; 4/434, 633, 639, 640, 834, 903. См. также *Флотореагенты*  
 и взаимодействие гидрофобное 1/1111  
 – – лиофобное 2/1182  
 и гидравлическая классификация 2/792  
 и измельчение 2/351  
 и очистка стоков 3/858, 859  
 и расклинвающее давление 4/345  
 и фазовый анализ 5/105  
 инфразвуковая 2/491  
 ионная 3/420, 860, 898; 5/206  
 пенная 2/562, 1086; 3/858; 5/205, 206, 209–212. См. также *Пенная сепарация*  
 Флотогравитация 5/206  
 Флотореагенты 1/866; 2/51, 53, 84, 594, 648, 860, 1086; 3/363, 370, 724; 4/928, 935, 977, 1155; 5/205–212, 256, 283, 754, 1006. См. также *Флотация*  
 Флотские мазуты 2/964, 965, 1005  
 Флуоризол-бутил 1/1028  
 Флувалинат 3/1041, 1042  
 Флукофулон 2/474  
 Флукуационная теория, см. *Критические явления*  
 Флуометурон 1/1030, 1031  
 Флуорантен 5/212; 1/420; 2/591; 3/894  
 Флуорантен-3,9-дисульфокислота 5/212  
 2-(Флуорантеноил)бензойные кислоты 5/212  
 Флуорантен-2,3-хинон 5/212  
 Флуорексон 2/580  
 Флуорел FT 5/397  
 Флуорены (ы) 5/212, 213, 763, 785; 1/236, 372, 418; 2/183, 591–593, 595, 605, 777, 846; 3/82, 364, 463, 529, 974; 4/234, 502, 503, 1108  
 Флуоренилиден 2/622  
 Флуореноны 2/427; 5/212  
 Флуорескманн 1/476  
 Флуоресцин 1/362, 614; 2/89, 171, 448, 449, 1082, 1083, 1217, 1218, 1228; 3/306; 4/394, 448; 5/213, 378, 957  
 Флуоресцентные соединения 3/272, 380, 472, 473, 705, 709, 713, 950; 4/1119  
 индикаторы 1/112; 2/452, 731, 1083, 1216–1218; 3/272, 387. См. также *Флуоресцеин*  
 красители 5/213, 212, 214; 2/1082, 1216–1219; 3/132, 704, 834  
 краски 2/1228  
 метки 1/42; 2/1184, 1185, 1187, 1190, 1228; 3/589, 837; 4/968; 5/270, 770  
 микотоксины 3/155  
 отбеливающие, см. *Отбеливатели оптические пигменты* 5/444  
 Флуоресцентный анализ 2/1083, 1218, 1219; 3/272, 475; 4/467, 982; 5/213  
 атомный, см. *Атомные методы анализа*  
 газов 1/890  
 жидкостей 2/292  
 микроскопия 5/770  
 рентгеновский, см. *Рентгеновские методы анализа*  
 Флуоресценция 2/45, 81, 124, 292, 1218, 1224, 1228; 5/213, 214, 350, 351, 554, 884, 885  
 замедленная 2/1120, 1221, 1223  
 и магнитные эффекты 2/1239  
 и УФ излучение 5/64  
 и функциональный анализ 3/795. См. также *Флуоресцентный анализ*  
 и эксимеры 5/811  
 и электронные переходы 2/727, 729  
 интенсивность, см. *Флуориметрия*  
 квантовый выход 1/410; 2/1222  
 лазерно-индуцированная 2/1121: 3/141, 238, 239  
 резонансная 1/410  
 соединений, см. *Флуоресцентные соединения*  
 тушение 2/990, 1062, 1083, 1212, 1216, 1223, 1224; 3/272, 837; 5/213, 338, 339, 812  
 Флуоресцирующие соединения, см. *Флуоресцентные соединения*  
 Флуориметрия 2/1202, 1216; 3/471, 795; 4/1021  
 Флуосил 2/1027  
 Флуосит 5/144  
 Флуосифрен 3/398, 399  
 Флуотриафен 5/419  
 Флутримазол 5/419  
 Флуфенамин 1/108  
 Флуцитринат 3/1041, 1042  
 Флюидные методы  
 кокинг-процесс 4/1059, 1060  
 хроматография 5/610, 611, 620, 621  
 экстракция 5/834, 835  
 Флюоалиты 3/837  
 Флюон 5/403  
 «Флюор»-газоочистка 1/931  
 Флюорит 5/214, 386, 388, 396, 654; 1/951; 2/222, 578, 590, 1064; 3/166, 167, 774; 4/434, 556, 617, 684  
 Флюорит 4/434  
 Флюорбипрофен 1/297; 4/219  
 Флюсы 1/196, 219, 284, 285, 332, 576; 2/256, 258, 268, 349, 350, 587, 590, 1153, 1206, 1235; 3/7, 362, 368, 406, 751, 1201; 4/110, 111, 346, 592, 593, 944; 5/214, 658  
 Флюофеновая кислота 1/297  
 Флюорит-пасты 3/1010, 1013  
 ФМН, нуклеотид 2/968  
 Фожанты 2/676; 4/679; 5/681  
 Фозалон 1/106; 2/471  
 Фокиан, оператор 3/233, 234  
 Фоккера–Планка уравнение 2/126  
 Фокохолевая кислота 2/278  
 Фоксин 1/337, 497; 2/471  
 Фолат 1/484; 5/214  
 Фолацин 5/214, 215, 216; 1/751, 752; 3/470; 4/270, 524  
 Фолекс 2/53  
 Фолиевая кислота 1/484, 751, 752, 1210; 2/426; 3/470; 4/235, 901, 1095, 1096; 5/214–216, 449, 591  
 Фолина  
 реактив 1/742; 5/217  
 реакция 5/217; 3/796  
 Фолина–Денса реакция 3/710  
 Фолина–Чокалтеу реакция 5/217  
 Фолион 5/217; 2/237

- Фолликулостимулирующий гормон 5/217, 218, 605; 1/1047, 1163; 2/1228; 3/401; 4/1169
- Фоллитропин** 5/217
- Фоллет 1/337; 5/417
- Фольга 1/563, 977, 987, 1062; 2/157, 537, 1192; 3/8, 86, 87, 754, 758, 834, 1135, 1138; 4/709, 912
- Фольгарда метод 1/362; 4/159, 640
- Фольгизол 2/328
- Фольгонзол 1/563
- Фольмера диффузия 1/60
- Фольмера – Эрден-Груза теория 5/923
- Фононы 3/64, 66; 4/463, 826, 831, 996, 997
- Фонтанирующий слой 4/258, 961, 963
- Фопури 5/218, 219; 4/234
- Форатоксин 5/1051
- Форконттакты 2/668
- Формадур 3/1231, 1232
- Формазаны 5/219, 220, 221, 1059; 1/684; 2/700, 980
- Формалин 1/422; 5/222
- Формалин 5/221, 46, 135, 457, 566, 613, 619; 1/251, 252, 307, 337, 549, 1123, 1210; 2/18, 19; 3/35, 282, 785; 4/247, 1264. См. также *Формальдегид*
- Формальдегид** 5/221
- водные растворы, см. *Параформальдегид*, *Формалин*
- комплексы переходных металлов 3/825
- коррозионная активность 1/636
- межзвездных облаков 2/962
- метаболизм 3/615–620
- мультиграф 1/1197
- оксим 2/1287; 3/701, 703; 4/394
- определение 1/782, 915, 916; 2/1271; 5/223
- получение 1/990, 1102, 1134, 1163; 2/13, 113, 140, 665, 667, 672; 3/101, 119, 120, 123, 346, 916, 1144; 4/63, 642, 768, 803, 804, 820; 5/222, 223, 428, 984
- применение 1/337, 452; 2/18, 235, 236, 634, 998; 3/39; 5/223. См. также *Феноло-формальдегидные материалы*
- свойства 1/70, 71, 114, 119, 156, 163, 164, 194, 196–198, 230, 236, 240, 255, 265, 266, 269, 303, 307, 308, 311, 358, 367, 430, 434, 455, 639, 644, 651, 652, 680, 715, 721, 732, 792, 948, 990, 1067, 1132, 1142, 1203, 1209; 2/11, 66, 67, 80, 84, 114, 116, 117, 123, 134, 140, 173, 178, 184, 211, 227, 233, 235, 236, 375, 378, 398, 411, 439, 456, 603, 619, 629, 636, 640, 731, 745, 768, 1034, 1155, 1203, 1215, 1279, 1280; 3/34, 35, 38, 61, 107, 110, 114, 124, 171, 280–282, 289, 376, 502, 511, 533, 555, 568, 578, 663, 681, 690, 701, 704, 709, 738, 911, 913, 916, 992, 1021, 1032, 1080, 1118, 1167, 1195, 1207, 1212, 1222, 1230, 1232, 1239; 4/169–171, 173, 195, 199, 200, 205, 207, 256, 257, 277, 446–448, 501, 613, 635, 642, 741, 760, 803, 804, 895, 907, 999, 1012, 1090, 1101, 1102, 1199, 1203, 1255, 1264, 1266; 5/28, 56, 65, 126, 132, 135, 136, 204, 221–223, 430, 566, 567, 605, 700, 964, 975, 978, 986, 1012, 1059
- сополимеры 1/115, 344, 636; 3/257; 4/64. См. также *Полиформальдегид*
- Формальдегиддегидрогеназа** 1/1153
- Формальдими-катион** 2/1
- Формамид** 5/223, 224, 225, 239; 1/188, 229, 419, 443, 508, 709, 783, 1112, 1203; 2/32, 340, 474, 942, 1084, 1155, 1319; 3/29, 105, 143, 289, 290, 511, 600, 674, 679, 1037; 4/274, 359, 447, 696, 1248
- Формамидины** 1/228; 4/1141
- Форманилд** 1/305, 504; 3/523
- Формвар** 3/1231, 1232; 5/871
- Формиат**, метаболизм 3/613, 615–618
- Формиаты** 5/224, 45, 130, 223, 1010; 1/1122, 1203; 2/121, 526; 3/71, 289, 833
- Формил** 1/442; 2/325, 326; 3/569, 573; 5/1, 224, 225. См. также *Формилирование*
- 2-Формилакриловая кислота 5/434
- o*-Формиламиноацетофенон 2/1109
- N*-Формил-3-аминодифениламин 1/248
- N*-Формиланилин 1/305
- 1-Формилацетрахинон 1/155
- Формилацетон 2/742
- 5-Формил-1,3-бензодиксол 1/504
- Формилбензойные кислоты 3/547; 4/1055
- Формилгалогениды 1/943, 983; 5/224
- Формилгалдранин 2/68
- 2-Формил-2,3-дигидропиран 1/118
- 1-Формилзохинолин 4/1149
- N*-Формилмидазол 5/225
- Формилирование 5/224, 142, 225, 400, 450; 1/442, 443, 943, 982, 983; 2/1, 90, 95, 114, 121; 3/340, 341, 825, 1078; 4/1026, 1156, 1157, 1200
- Формилхиуренин 3/619, 620
- Формилметноин 1/1012
- N*-Формилморфолин 5/224
- Формилмочевина 5/84
- Формилмоксигруппа 3/569
- 4а-Формил-1,4,4а,5а,6,9,9а,9б-октагидролибензофуран 4/494
- 3-Формилпентадиаль 1/196
- N*-Формилпирридин 1/420; 5/224
- 2-Формилпирридин 4/1149
- 2-Формилпиррол 3/1078
- 3-Формилпропионая кислота 4/1262
- 6-Формилптерин 5/214
- 3-Формилприфаминин 1/303
- 5-Формилтетрагидрофоллиевая кислота 4/1241
- Формилуксусные кислоты 1/195, 415
- Форминци 3/594, 595
- Формование**
- волокон неорганических 3/417
- химических 5/225, 47, 157, 226–237, 389, 390, 660; 1/425–427, 731, 732, 803–806, 860; 2/993, 994; 3/144, 262, 1199, 1200, 1202–1204, 1210, 1236; 4/27, 49, 50, 64, 87–89, 485, 486, 1083
- кокса 2/843
- огнеупоров 3/650, 651
- полимеров 3/1114, 1119–1121, 1136, 1139, 1249, 1251; 4/3–12, 14–16, 40, 41, 44. См. также *Экструзия полимеров*
- порошков 1/814; 4/140, 141
- реакционное 3/743; 4/49, 55, 57
- стекломассы 4/839
- фарфора и фаянса 5/113, 114
- химическое 3/743; 4/49, 55, 57
- эластомеров 1/846; 4/440; 5/86, 87
- электролитическое 1/977
- Формообразование анодное** 5/912, 913
- Формоза 1/652
- Формолиз 1/442
- Формолиз 5/144
- Формоль 5/221
- Формотон 1/106; 2/471, 472
- Формулы химические 5/237, 238
- Блазера–Вормса 5/286
- для минералов 3/165, 166
- конституционные 3/785
- Ньюмена 3/606, 266, 267, 571, 572; 4/848
- структурные 3/204, 205
- Фишера 5/198; 2/905, 906, 1189; 3/265, 569, 570
- Хуорса (Хеуорса) 5/607; 3/265
- эмпирические 3/165; 5/237, 238
- Форм-факторы**, см. *Электронная плотность*
- Формы**
- аналитические 3/168, 169
- пронитированные лекарств 3/203
- Фороп 1/436; 2/744; 4/1256
- Форполимеры 5/238, 86, 138, 430; 3/1213, 1214, 1216, 1217, 1240, 1261; 4/49, 51, 52, 54–56, 62, 71, 840
- Форстерит 3/650; 4/708; 5/291
- Форсуни 3/441, 647; 4/139, 346–349, 963, 964; 5/301, 628
- Фортадил 5/49
- Фортутин 2/1195, 1196
- «Форэтол», пенообразователь 3/648
- Фосацетил 2/342
- Фосген** 5/238
- определение 1/892, 894, 915, 916; 5/238
- получение 1/948; 2/187; 5/12, 13, 45, 238, 580, 776
- свойства 1/252, 256, 267, 270, 299, 421, 422, 435, 508, 514, 530, 582, 668, 709, 715, 943, 988–990; 2/82, 95, 174, 176, 184, 404, 405, 413, 418, 419, 620, 629, 639, 641, 648, 741, 1085; 3/106, 112, 181, 281, 347, 378, 699, 843–846, 1253, 1254; 4/25, 200, 224, 438, 570, 898, 938, 1106, 1131, 1153, 1154, 1168, 1200, 1203; 5/52, 57, 93, 94, 125, 131, 141, 239, 240, 551, 708, 978, 990. См. также *Фосгенирование*
- Фосгенирование 5/239, 125, 240; 2/184, 404, 405; 3/115, 1253, 1254; 4/1199, 1200. См. также *Фосген*
- Фосмет** 2/471
- Фосстарен 4/39, 40
- Фостетрол-1 1/149
- Фостетан 2/472; 3/405
- Фосфазены 2/1004
- Фосфазны 5/240–242
- Фосфазин 5/240, 242, 790
- Фосфазогидриды 5/240, 241
- Фосфазокарбалиды 5/240
- Фосфазореакция 2/763, 764; 5/241
- Фосфазосоединения 5/240, 241, 242, 264, 266, 293, 307; 2/764; 3/514; 4/1192, 1203. См. также *Полифосфазены*
- Фосфазосульфоны 5/240
- Фосфаксол 5/242; 1/346
- Фосфаметилцианины 4/1263
- Фосфамиды 1/106; 5/242
- Фосфатазы 5/242, 243, 244, 246, 1036–1039; 1/40, 1097, 1098; 2/475, 1190; 3/198, 601, 879
- Фосфат-ацетилтрансфераза 5/243; 4/1242
- Фосфатбетаины 3/1167
- Фосфатазы 5/272, 273
- Фосфатидальная кислота 3/1095
- Фосфатидальсерин 3/1095
- Фосфатидальхолин 3/1095
- Фосфатидальэтаноллин 3/1095
- Фосфатидилглицерин(ы) 5/244, 269; 2/187, 188, 1188, 1189, 1191; 3/49; 4/1011
- аминокислотные эфиры 5/243, 244, 269; 2/1189
- фосфат 5/244
- фосфатсинтаза 5/244
- Фосфатдилинзиты 1/1164; 2/1189, 1191; 3/49, 51; 5/268, 269, 271, 272
- Фосфатидилсериндекарбоксылазы 5/246
- Фосфатидилсерин 5/244, 246, 269; 2/1189–1191; 3/49, 51; 4/642
- Фосфатидилтрансфераза 5/272
- Фосфатидил-холестерин-ацилтрансфераза 2/1177
- Фосфатидилхолин 5/245, 244, 246, 269, 270, 422, 591; 1/39; 2/141, 1187–1191; 3/48, 49, 51
- Фосфатидилэтаноллин 5/245, 244, 246, 269; 2/1189–1191; 3/48, 49, 51
- Фосфатидовые кислоты 5/246, 244, 269, 271; 1/1164; 2/1189–1191
- Фосфатирование 1/1208; 2/266, 1130, 1288; 3/991; 5/299
- 5-(Фосфат-рибозил-аденозинмонофосфат) 3/619, 620
- 5-Фосфат-рибозил-5-аминимидазол 3/619, 620
- N*-(5'-Фосфат-рибозил)антрацилат 3/619, 620
- 5'-Фосфат-рибозилглицинамид 3/619, 620
- N*-(5'-Фосфат-рибулозил)антрацилат 3/619, 620
- Фосфаттрансфераза-3-фосфо-D-глицерат 5/268
- 6-Фосфат-D-фруктоза 4/582
- Фосфаты 2/263; 3/166; 5/307
- буферные растворы 2/743
- вещущие 1/871
- двойные и тройные 2/571; 5/249, 251, 252. См. также *Двойной сульфосфат*
- ингибиторы 2/436
- нисектиды 2/472
- кислые 5/249–252. См. также *Кислые соединения*
- клен 2/800, 801
- конденсированные 5/246, 247–251, 253, 275, 281, 299, 571, 572, 719; 2/266, 267; 3/367, 368. См. также *Фосфор, кислоты*
- коровые 2/937, 938. См. также *Коровые составы*
- магнневый плавный 2/1233; 5/305
- неорганические 5/249, 55, 73, 207, 208, 250–253, 281, 284, 288, 299–302, 438, 761; 1/467, 847, 902, 1120; 2/290, 664, 1225, 1226; 3/419, 564, 623, 624, 668, 669, 883; 4/482, 560, 981, 1259. См. также *Апатит*, *Фосфориты*, соединения химических элементов
- обесфторенные 2/937; 3/1056; 5/305, 306
- определение 1/490
- органические 5/253, 6, 7, 254–256, 266, 274, 275, 296, 308, 311, 347–349; 1/558; 3/1077, 1116, 1177; 4/1002, 1162, 1257. См. также *Аденозинфосфорные кислоты*, *Нуклеиновые кислоты*, *Тейхоевые кислоты*, *Фосфолипиды*, индивидуальные представители
- основные 5/249–252. См. также *Основные соединения*
- пищевые добавки 3/1090
- разноанионные (катионные) 5/249–252
- растворители 4/359
- ренина 2/498
- смешанные 5/249–252. См. также *Смешанные соединения*
- средние 5/249–252. См. также *Средние соединения*
- стекла 4/321, 835, 837; 5/247
- термические 5/305, 306
- удобрения, см. *Комплексные удобрения*, *Фосфорные удобрения*
- фланты 3/775
- цепочечные 5/246–248
- циклические 5/248, 249
- шлаки 1/1188; 2/870; 3/172; 5/54
- электролиты 2/518; 3/1129
- Фосфены** 5/442
- Фосфиды** 5/256, 257, 258, 263, 265, 268, 283, 285, 305; 2/272, 622, 671,

- 734, 735, 962; 3/76, 165, 166, 575; 4/107, 111, 112, 114, 115, 118, 465, 482, 575, 981  
**Фосфин** 1/1120; 3/751, 1036; 4/223, 627, 1102, 1264; 5/14, 16, 263, 282, 284. См. также *Фосфор*, *гидриды*; *Фосфористый водород*  
**Фосфиназин** 5/264  
**Фосфинилкленоксиды** 5/258  
**Фосфинилклены** 5/258, 259, 264, 292, 307, 311, 606  
**Фосфинаты** 5/259, 260, 263, 279, 307; 1/964  
**Фосфинимиды** 1/201  
**Фосфинимины** 2/404  
**Фосфинистые кислоты** 5/260, 261, 262. См. также *Фосфиниты*  
**Фосфиниты** 5/260, 262, 307; 3/179  
**Фосфиновые кислоты** 5/260, 259, 261, 279, 286, 287, 307; 1/963; 2/923. См. также *Фосфинаты*  
**Фосфиноксиды и фосфинсульфиды** 5/261, 242, 262–265, 274, 277, 307, 310, 311; 1/964; 2/294, 629  
**Фосфины** 5/263  
 неорганические 1/964, 1080; 2/1279; 3/84; 4/533; 5/256–258, 263, 264, 307. См. также *Фосфин*; *Фосфор*, *гидриды*; *Фосфористый водород*  
 оксид и триоксид, см. *Фосфиноксиды и фосфинсульфиды*  
 органические 1/184, 388, 506, 643, 1095; 2/118, 170, 275, 276, 641, 908; 3/734–737, 873–875; 4/390, 467, 468, 554, 917; 5/7, 14, 251–261, 264, 265, 277, 278, 280, 305, 311, 635, 710, 791, 860. См. также *Триметилолфосфин*, *Трифенилфосфин*  
 – галогенированные, см. *Галогенфосфины*  
 – гетероциклические, см. *Фосфорсодержащие гетероциклы*  
**Фосфирин** 5/313  
**Фосфитамиды** 4/1001  
**Фосфиты**  
 неорганические 5/265; 1/1120; 3/179, 180, 969. См. также *Фосфористая кислота*  
 органические 5/265, 7, 13, 256, 266–268, 276, 288, 296, 297, 307, 308, 310, 314, 791, 1012; 1/3, 184, 334, 335, 360, 361, 649; 2/122, 641; 3/511, 734, 1234; 4/682, 683, 815, 817, 1162, 1264  
**3'-Фосфоденозин-5'-фосфосульфат** 1/368  
**Фосфоангидрид** 5/302  
**Фосфоцилаза** 5/243  
**Фосфобетанин** 5/276–278  
**Фосфобитантовые эфиры** 5/310, 312. См. также *Перкова реакция*  
**Фосфогемсанзомераза** 2/1211  
**Фосфогемгидрат** 5/302  
**Фосфогилс** 1/468, 870; 3/863; 4/650; 5/302, 469  
**Фосфогликофинголипиды** 5/314  
**2-Фосфо-D-глицератгидро-лиаза** 5/953, 954  
**3-Фосфоглицераткиназа** 5/268; 4/1242  
**Фосфоглицерат-фосфомутаза** 2/364  
**Фосфоглицериды** 5/268, 246, 269, 270, 272, 273; 2/1188–1191; 4/968  
**2-Фосфо-D-глицерин** 2/1169  
**Фосфоглицериновые кислоты** 1/43, 1135; 2/633; 3/270; 4/1242; 5/347, 348, 268, 953  
**3-Фосфоглицериновый альдегид** 1/43, 1143; 2/1211  
**3-Фосфоглицеронилфосфат** 5/347  
**Фосфоглицерофосфонолипиды** 5/274  
**Фосфоглюкомутаза** 4/1242  
**6-Фосфоглюконат** 3/614, 918–921  
**6-Фосфоглюконатдегидрогеназа** 3/469  
**6-Фосфоглюкоолактон** 3/918, 919  
**Фосфодиацетерастериды** 5/270, 1034, 1037, 1041; 1/40, 318; 2/578; 3/578; 4/268, 269, 516, 538, 773, 810, 1193  
**Фосфодиаэфирный синтез нуклеиновых кислот** 3/590, 591; 5/38  
**Фосфоенолпируват** 5/270  
**Фосфоенолпируват-гидрат** 3/613, 617, 618, 623, 625, 928; 4/1261; 5/121, 270, 953  
**Фосфоенолпируват-карбоксикиназа** 5/270, 271; 2/1168  
**Фосфоенолпируваткарбоксилаза** 3/1083  
**Фосфоинозитиды** 5/271, 269, 272, 715; 1/1137; 2/695, 696  
**Фосфокоаголазы** 2/969  
**Фосфокиназы** 2/395  
**Фосфокреатин** 2/1003, 1004  
**Фосфолантин** 2/908, 909; 5/312  
*«Фосфофан»* 2/175  
**Фосфолипазы** 5/272, 244–246, 273, 1034–1037, 1039, 1040; 1/165, 1097; 2/578, 1177, 1190; 3/1096; 4/516, 1195, 1270  
**Фосфолипиды** 5/273, 244, 245, 254, 269, 271, 274, 275, 308, 551, 771, 949; 1/483, 484, 1118, 1164; 2/187, 1188–1191, 1198, 1199; 3/48, 49, 51, 1186; 4/211, 249, 250, 744, 1241  
 гидролиз, см. *Фосфолипиды*  
 глицериды, см. *Фосфоглицериды*  
 диольные, см. *Диольные липиды*  
 жиров 2/303  
 иммобилизованные 2/1187  
 мио-иоциты, см. *Фосфоинозитиды*  
 лизольные 2/1176, 1177  
 мембранные 2/241, 253, 1177  
 обменивающие белки 2/1187  
 плазмалогены 3/1095, 1096; 1/165; 2/1188, 1189; 5/269  
 растительных масел 4/379–382  
 циттер-нонные 2/1190  
**Фосфомицетин** 5/308  
*«Фосфон Д»* 5/278  
**Фосфолазо** 5/274; 4/397  
**Фосфолат-фосфатная перегруппировка** 5/274, 275, 311; 3/714  
**Фосфонаты** 5/275, 266, 274, 276, 296, 305, 307, 421, 606; 3/180; 4/270, 1001, 1264  
 инсектициды 2/476  
 кислые, см. *Алкацидофосфаты*  
 перфторированные 3/1164  
**Фосфониевые соединения** 5/276, 7, 14, 259, 262–264, 277, 278, 283, 293, 307, 397, 825, 991; 1/1180, 1181; 2/436, 1013; 3/24, 765, 967, 1090, 1164, 1258; 4/199, 867, 1263  
**Фосфонильрование** 3/124, 347  
**Фосфонистые кислоты** 5/278, 261, 276, 280, 286; 287, 307; 1/2, 1113  
 амиды 5/279  
 соли и эфиры, см. *Фосфониты*  
**Фосфонитрилхлорид** 4/1026  
**Фосфониты** 5/279, 260, 278, 307, 791; 1/360, 1113; 3/179  
**Фосфония соли, см. Фосфониевые соединения**  
**Фосфоновые кислоты** 5/279, 278, 280, 286, 287, 295, 308; 2/811; 3/347, 511, 512, 714, 715  
 галогенангидриды 1/963; 5/307, 312  
 соли и эфиры, см. *Фосфониты*  
 тиазометные 2/470, 473  
**Фосфонолипиды** 2/1189; 5/269, 274  
**Фосфономицин** 5/280  
**Фосфоноксусная кислота** 5/280  
**Фосфоолеум** 5/299  
**Фосфопантенпиротенды** 3/878  
**4'-Фосфопантетеня** 3/878–880  
**Фосфопантетенн-трансфераза** 3/878  
**4'-Фосфопантетенноя кислота** 3/879  
**Фосфопептиды** 3/930  
**3-Фосфопиривиноградная кислота** 4/642  
**Фосфопируват-гидратаза** 5/953  
**Фосфопиротенды** 1/470, 1012; 5/715  
**Фосфор** 5/280, 54, 55, 936, 938; 1/191, 1021; 2/789; 3/576; 4/605  
 белый 1/31, 965; 2/118, 240, 310, 767, 873; 3/111, 575, 818; 5/14, 16, 256, 263, 277, 281–286, 289, 312, 446  
 галогениды 5/285, 6–8, 13, 28, 139, 256, 266, 280, 283, 286, 294, 377, 562, 569, 792; 1/421, 432, 440, 455, 300, 605, 612, 668, 953, 964–966, 1099, 1145, 1194; 2/11, 94, 95, 173, 183, 246, 439, 454, 495, 544, 600, 645, 716, 764, 784, 811, 915, 926, 929, 930, 933, 1272; 3/103, 111, 112, 124, 253, 347, 380, 384, 385, 392, 511, 514, 515, 525, 527, 554, 565, 671, 672, 692, 702, 703, 707, 714, 1044, 1057; 4/65, 205, 257, 272, 568, 584, 585, 802, 895, 899, 925, 938, 1102, 1128, 1130, 1138, 1203–1206, 1253, 1264, 1267  
 гидриды 1/829, 1079, 1080; 2/342, 454, 1205; 5/256–258, 283. См. также *Фосфин*, *Фосфины*  
 неорганические, *Фосфористый водород*  
 диоксигенилы 2/769  
 желтый 3/1000; 4/1264; 5/282, 284, 298  
 и витамин D 1/746  
 и катион, биообмен 2/582; 3/883  
 кислоты 5/286, 287, 288, 298, 307, 308; 1/1060, 1061. См. также *Фосфорилирование*, *индивидуальные представители и их группы*  
 коричневый 5/281  
 красный 1/964, 965, 1004, 1005, 1120; 2/122, 239; 3/111, 133, 818, 1035; 4/556, 1091; 5/16, 213, 263, 265, 277, 278, 281–285, 288, 289, 312, 655, 659  
 нитриды 5/283  
 оксиды 5/288, 5, 10, 289–292, 301–303, 367; 1/438, 898; 2/11, 12, 629, 784, 800, 801, 869, 1213, 1276; 3/104, 105, 575, 698, 707, 714, 975; 4/835, 838, 843, 1156, 1169. См. также *Дифосфора пентаоксид*, *Фосфорный ангидрид*  
 оксихлорид 1/421, 582, 709, 710, 741, 953, 962; 2/114, 412, 419, 645, 1004, 1057, 1084, 1125, 1276; 3/111, 119, 181, 279, 515, 675, 683, 1033, 1036, 1043, 1044, 1057, 1078; 4/73, 568, 570, 899, 972, 1055, 1096, 1099, 1118, 1157, 1162, 1206, 1256, 1266, 1267; 5/6, 57, 224, 255, 285, 286, 291, 369, 376, 414, 995  
 определение 1/121, 745, 1061; 2/84, 654, 710, 711, 731, 770, 1108, 1271, 1318; 3/169, 170, 1036; 4/628, 779; 5/284, 637, 781  
 оранжевый 5/281  
 органические соединения 5/307, 264, 265, 286, 291, 308–312, 422, 501, 502, 713, 783, 1025; 1/107, 172, 433, 1033, 1034; 2/94, 294, 470–475, 873, 926, 929–932, 1012, 1015, 1147; 3/179, 316, 646, 671, 672, 787, 914, 966, 967, 987, 1090, 1091; 4/26, 223, 227, 257, 501, 914, 1101, 1102. См. также *индивидуальные представители и их группы*  
 – галогенированные, см. *Галогенфосфаты*, *Галогенфосфаты*, *Галогенфосфины*, *Галогенфосфиты*  
 – гетероатомные, см. *Фосфорсодержащие гетероциклы*  
 – иллы 1/71; 2/338, 409, 540, 633, 647, 716, 746  
 – карбены 2/622  
 – карбораны 2/650, 651  
 – кислоты и их производные, см. *Метафосфаты*, *Пирофосфаты*, *фосфин-* и *фосфонсодержащие соединения*  
 – оновые, см. *Фосфониевые соединения*  
 – полимерные 3/419. См. также *Фосфорорганические полимеры*  
 – полнзарисские 2/793  
 – природные, см. *Аденозинфосфорные кислоты*, *Нуклеиновые кислоты*, *Нуклеотиды*, *Фосфолипиды*  
 – пятикоординационные, см. *Фосфораны*  
 – фосфорильные, см. *Фосфорильные соединения*  
 – полученные 2/590; 3/412; 5/264, 280, 281, 284, 507. См. также *Апатит*, *Фосфаты*  
 применение 2/209; 3/171–173, 484, 698; 4/103, 106, 115; 5/284, 285. См. также *Фосфорные удобрения*  
 самовозгорание 2/767  
 свойства 1/338, 617, 1015, 1060; 2/367, 384, 401, 432, 670, 672, 793, 924, 1088, 1187; 3/5, 15, 96, 326, 419, 421, 583, 955, 957, 958, 1001, 1069; 4/236, 318, 331, 584, 813, 984, 1022; 5/281–284, 300, 527, 761, 1024  
 силнцнды 5/283  
 сплавы 1/977; 2/260, 1153, 1243, 1331, 1332; 3/889, 890; 5/285, 895  
 тиохлорид 1/961; 4/1162; 5/286  
 халькогениды 1/518, 981; 2/80, 180, 381, 1084, 1135; 3/63, 112, 870, 1052, 1230; 4/618, 621, 910, 1118, 1126, 1133, 1135, 1138, 1139, 1162, 1163; 5/280, 283, 310  
 цианиды 5/702  
 черный 5/281, 282, 283, 285  
**Фосфораны** 5/292, 7, 262, 266, 293–295, 307, 308; 1/361, 963; 2/135, 630, 631, 764; 3/187  
**Фосфоресцентный анализ** 2/1218  
**Фосфоресценция** 2/727, 729, 1218, 1220, 1223, 1228; 4/545, 797, 875, 876; 5/350, 351, 357, 446, 885  
**Фосфорбозилламинимидазол-синтаза** 2/1170  
**5-Фосфорбозил-1-пирофосфат** 1/1132  
**5-Фосфорбозил-5-фосфат** 3/813  
**Фосфорбулозоилмераза** 3/918  
**Фосфорил** 1/1113; 3/577; 5/262. См. также *Фосфорильные соединения*  
**Фосфориллазы** 1/40, 130, 1126, 1131; 2/578, 989, 1242  
**N-Фосфориллазиридин** 2/68  
**Фосфорилирование** 5/295, 242, 296, 305, 306, 309; 1/558, 1143; 2/365, 395, 412, 415, 474, 696, 701; 3/111, 595, 624, 625, 669, 1077; 4/1192. См. также *Фосфорильные соединения*  
 как модифицирование белков 1/40, 42, 43; 3/198  
 – ферментов 4/430  
 как полимераналогичное превращение 2/701  
 окислительное, см. *Окислительные процессы*  
 селективное 5/272  
 фотохимическое 5/349  
**Фосфорилметилфосфораны** 2/630  
**Фосфорильные соединения** 1/173, 360–362; 2/414, 415, 875; 4/1161,

- 1162, 1164, 1264; 5/7. 241, 294, 295, 310–312. См. также *Гидрофосфорильные соединения. Фосфорилирование*
- Фосфористая кислота** 1/3, 1099, 1113; 2/73; 3/1208; 4/277; 5/265, 280, 288, 307
- амплы 5/296, 7, 297, 305
- соли, см. *Фосфиты неорганические эфиры, см. Фосфиты органические*
- Фосфористый водород** 2/118, 342, 454, 566; 5/256–258, 264. См. также *Фосфин: Фосфор, гидриды*
- Фосфористый ангидрид** 5/289
- Фосфористая мука** 5/297. 54, 305, 306; 2/353, 589; 3/172, 629, 630, 789; 4/941
- Фосфориты** 5/297, 205, 250, 281, 284, 298, 301, 306, 386, 756; 1/467, 1021, 1174; 2/352, 498, 578, 589, 590, 869, 937, 1031; 3/564, 629, 630, 724, 863, 1001, 1193; 4/350
- Фосфорная кислота** 5/298, 307. См. также *Фосфор, кислоты амид(ы) 5/304, 305, 421; 2/412; 4/683*
- ангидрид, см. *Фосфор, оксиды; Фосфорный ангидрид*
- аммонизация** 2/290
- и сопряженное основание 2/782
- как металл, см. *Обмен веществ*
- коррозионная активность 2/948
- получение 2/475, 590, 655, 784, 1003, 1170; 3/176, 629, 630, 863; 5/25, 267, 292, 300–304
- применение 1/19, 871; 2/211, 270, 801; 5/304. См. также *Фосфатирование, Фосфорилирование*
- свойства 1/42, 470, 561, 609, 751, 901, 1060, 1136, 1137, 1143, 1144, 1161, 1208, 1211; 2/20, 84, 94, 141, 204, 205, 214, 252, 363, 364, 559, 629, 697; 3/114, 119, 198, 282, 294, 482, 504, 515, 520, 560, 879, 919, 920, 1251; 4/277, 350, 519, 525, 720, 803, 838, 941, 943, 1096, 1173, 1238, 1241, 1242; 5/136, 217, 273, 274, 282, 286–288, 298–300, 367, 372, 562, 567, 733, 746, 755, 862, 962, 977, 982, 988, 989
- соли, см. *Фосфаты конденсированные, Фосфаты неорганические*
- термическая 2/84, 938; 4/166; 5/284, 300, 301, 306
- экстракционная 2/84, 869, 937; 4/166; 5/77, 289, 300–302
- эфиры 1/1068, 1097, 1154; 2/470–472, 1015; 3/111, 558, 1166, 1234; 4/698; 5/242, 253, 375, 696, 995, 1012. См. также *Фосфаты органические*
- Фосфорноватая кислота** 5/286–288
- Фосфорноватистая кислота** 1/3, 1113; 2/549; 4/1021, 1112, 1192; 5/261, 286–288, 307
- соли, см. *Гипофосфиты неорганические эфиры, см. Гипофосфиты органические*
- Фосфорно-вольфрамовая кислота** 3/710; 5/217, 366
- Фосфорно-молибденовая кислота** 1/362, 490; 2/1176; 3/128, 710; 5/217, 1044
- Фосфорно-молибдено-вольфрамовая кислота** 1/367; 4/713
- Фосфорные удобрения** 5/305, 285, 298, 306; 2/589, 590; 3/173, 863; 4/648
- азотсодержащие, см. *Азотно-фосфорные удобрения*
- кальцийсодержащие 1/467; 2/869, 870; 3/172, 520, 564; 5/54
- кальциевое серосодержащее 4/940–942
- мука, см. *Фосфоритная мука*
- преципитат(ы) 4/165, 166, 544, 549; 2/426, 937; 3/173, 440; 5/301, 305
- сложные, см. *Комплексные удобрения*
- фосфаты, см. *Нитрофосфаты, Сульфатфосфаты, Фосфаты неорганические*
- Фосфорный ангидрид** 1/299, 438, 898; 2/11, 12, 398, 774, 784, 800, 801, 869, 1226, 1276; 3/104, 105, 421, 515, 564, 575, 629, 630, 675, 698, 775, 1077; 4/272, 339, 559, 561, 616, 835, 843; 5/5, 256, 290–292, 299. См. также *Фосфор, оксиды*
- Фосфорорганические полимеры** 5/306, 307; 4/1102. См. также *Нуклеиновые кислоты, Тейхоевые кислоты*
- комплексные, см. *Координационные полимеры*
- поллинтрилы, см. *Полифосфазены*
- Фосфороскоп** 2/1218
- Фосфорсодержащие гетероциклы** 5/313, 264, 314
- аленозные, см. *Аденозинмонофосфат циклический*
- фосфоланы, см. *Дигетерофосфоланы*
- фосфоринаны, см. *Дигетерофосфоринаны*
- Фосфоры** 1/1036; 2/1225–1227. См. также *Кристаллофосфоры*
- Фосфорен** 1/1012; 5/244
- Фосфоринголипиды** 5/314, 273, 315; 2/1189, 1190; 4/968. См. также *Сфингомиелины*
- Фосфотрансацетилаза** 3/880; 5/243
- Фосфотрансферазы** 2/968; 4/1242; 5/296
- Фосфотриэфиры** синтез нуклеиновых кислот 3/591
- Фосфотропные реакции** 5/308
- Фосфофруктокиназа** 1/1135
- Фосфолирование** 3/1264
- Фосфоколин** 4/968; 5/245, 591
- Фосфоэстрол** 4/236
- Фосфостанол** 5/246
- Фотоадсорбция** 5/332
- Фотоактивированный катализ** 5/332
- Фотоацетилен** 5/360
- Фотовосстановление** 5/332, 354, 355
- Фотогалогенирование** 1/1162
- «Фотоген»** 2/737
- Фотогидрирование** 5/332
- Фотографические материалы** 5/315, 64, 316–323, 329, 340, 341, 453–455, 631, 665, 666, 996; 2/139, 731; 4/291, 292. См. также *Фотография галогеносеребряные, см. Галогеносеребряные фотоматериалы, Серебряная фотография*
- дозиметрические 2/221
- десенсибилизация 2/37, 180; 4/626; 5/456
- дублирование 2/232, 233; 5/182, 322, 453
- несеребряные, см. *Несеребряная фотография, Репрография*
- обработка, см. *Фотографическое изображение, Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*
- сенсбилизация, см. *Сенсбилизация фотографических материалов*
- ядерные 4/325
- Фотографические эмульсии** 5/321, 322, 323, 325, 326, 330, 1016; 1/952; 2/85, 233, 234, 536, 555, 565; 3/132, 256, 675, 1230; 4/326, 922
- Фотографическое изображение** везикулярный процесс 4/501, 507, 509; 5/245
- виррование** 2/555, 556; 5/455, 456
- латенсификация 5/456
- обращение 5/456, 457
- ослабление 5/454, 455
- проявление, см. *Проявительные методы в фотографии*
- соляризация 5/457
- тонирование 5/455, 456
- усиление 5/454
- фиксирование, см. *Фиксажи, Фиксирование фотографического изображения*
- чернение 5/457
- Фотография**
- галогеносеребряная, см. *Галогеносеребряные фотоматериалы*
- диффузионная 4/501, 504, 505, 509
- дублирование 2/232, 233; 5/182, 322, 453
- изображение, см. *Фотографическое изображение*
- материалы, см. *Фотографические материалы*
- несеребряная, см. *Несеребряная фотография, Репрография*
- серебряная 5/326–331, 339, 452–457. См. также *Галогеносеребряные фотоматериалы, Фотография черно-белая*
- фототермопластическая 4/501, 503, 504, 509
- фотохромная 4/501, 504
- цветная 5/323, 315–322, 324–326, 452–457, 520, 531; 1/86–88; 2/79, 455; 3/1035, 1036; 4/253, 626
- черно-белая 5/326, 327–331, 452–457; 4/252, 625, 626
- Фотогидрирование** 5/332
- Фотодеструкция полимеров** 2/38–40, 704; 3/1010; 4/590, 822; 5/337, 358
- Фотодимеризация** 1/375; 2/52; 4/1217, 1218; 5/332, 355, 360, 738, 811
- Фотодиспропорционирование** 5/332, 354, 356
- Фотодиссоциация** 1/767; 2/158, 728, 810, 811, 1119, 1122, 1123; 3/141, 189–191; 4/309; 5/331, 338, 339, 351–353, 356
- Фотонизация** 1/70, 375, 960; 2/65; 3/189; 4/799; 5/332, 351, 353, 354, 358, 359
- Фотондуплированные процессы** 5/332, 333, 351
- Фотонициаторы** 4/92
- Фотоионизация** 5/331, 338, 350, 354, 355; 1/895, 896; 2/43, 44, 728, 1311; 4/152, 693
- двухквантовая 2/4, 5
- диссоциативная 2/529
- и лазерная спектроскопия 2/1120, 1121
- и разделение изотопов 3/190
- многофотонная 3/189–191
- Фотокатализ** 5/332, 333, 385. См. также *Фотосинтез*
- Фотокориметрический анализ** 1/890–892, 915, 916; 4/36, 633, 975; 5/334, 335
- Фотокондуктография** 4/503
- Фотолит** 5/333, 9, 337, 721, 745; 1/1070; 2/65, 68, 69, 73, 74, 104, 898; 4/67, 301, 1124. См. также *Фотохимические реакции*
- и термофотохромизм 5/360
- импульсный 2/431, 623; 3/141, 143; 4/301, 304, 462; 5/333, 358
- каталитический 2/623
- парофазный 3/532, 533
- по Майзенаймеру 2/1251
- по Пшорру 4/279
- полимеров 2/39, 40; 3/1010
- радикальный 2/526; 4/552
- растворов электролитов 5/363
- родопсин 4/537, 538
- флеш-метод 3/507
- Фотолитография** 5/333, 334, 340, 341, 916, 917; 3/1103–1105
- Фотолуменесценция** 2/220, 291, 1062, 1218–1226, 1228; 3/636, 777; 5/446
- Фотолуминофоры** 2/1225, 1226, 1228
- Фотоматериалы** 5/315
- Фотометрический анализ** 5/334, 19, 77, 118, 128, 173, 274, 284, 335, 379, 431, 498, 610, 619, 637, 652, 723, 750, 867, 1057; 1/139; 2/916, 1010, 1108, 1202; 3/8, 62, 161, 220, 272, 290, 349, 365, 366, 433, 475, 561, 690, 713, 714, 1036, 1044, 1058; 4/396, 397, 436, 530, 531, 550, 555, 569, 648, 936, 945, 972, 1126, 1142, 1187, 1202, 1221
- визуальный, см. *Колориметрический анализ*
- и спектры поглощения, см. *Спектрофотометрия*
- фотокориметрия 1/890–892, 915, 916; 4/36, 633, 975; 5/334, 335
- экстракционный, см. *Экстракционный анализ*
- Фотометрия**. См. также *Фотометрический анализ*
- абсорбционная, см. *Атомно-абсорбционный анализ*
- визуальная, см. *Колориметрический анализ*
- клетки 5/769
- пламени эмиссионная 5/335, 64, 656, 665; 1/916; 2/562, 1202, 1235; 4/436, 557, 777, 876, 975
- приборы 2/44; 4/326, 627
- термическая 5/335
- флуоресцентная, см. *Атомно-флуоресцентный анализ*
- Фотонитрозирование** 2/616; 3/535; 5/358
- Фотон-корреляционная спектроскопия** 3/163
- Фотонно-нейтронный анализ** 5/335, 336; 1/121
- Фотоны** 1/406; 2/216, 217, 220, 499–502, 1218–1220; 3/296–298, 301, 429; 4/288, 289; 5/444, 445, 930–932
- Фотоокисление** 5/336, 332, 337, 354–356; 2/135; 3/297, 1041
- и электронный перенос, см. *Фотоперенос электронов*
- полимеров, см. *Фотодеструкция полимеров*
- Фотосаждение** 5/333, 503
- Фотоперенос**
- протонов 5/337, 338; 4/309
- электронов 5/38, 339, 342, 345–347, 354, 355; 4/309
- Фотополлимеризация** 5/339, 332, 340, 356, 358; 1/494; 3/181, 745, 1266; 4/305, 841, 1218
- Фотопроводники** 3/1226; 4/604
- Фотопроявители**, см. *Проявительные методы в фотографии*
- Фоторегуляторы роста растений** 2/280
- Фоторезисты** 5/340, 138, 333, 334, 341, 358; 2/73; 3/1105; 4/604, 619, 785, 951
- Фоторепарация ДНК** 4/492
- Фотородопсин** 4/537
- Фотосенсибилизирующие средства** 5/341, 337, 339, 342, 2/1087
- Фотосинтез** 5/342, 44, 142, 162, 333, 343–350, 358, 756; 1/399, 553, 557, 558, 1147; 2/183, 431, 526, 633, 658, 766, 963, 975; 3/270, 430, 665, 748, 918; 4/551, 581. См. также *Фотокатализ, Хлорофиллы*
- анаэробный 5/296
- ассимиляция CO<sub>2</sub>, см. *Углериода диксид*
- бактерии, см. *Микроорганизмы*
- и накопление кислорода 1/553
- и обмен веществ 1/561; 3/612, 614–616, 623–625

- ингибиторы 1/193, 1026, 1027, 1029, 1030, 1032, 1033  
окисление – восстановление, см. *Фотоокисление*  
оксигенация 4/149  
перенос частиц, см. *Фотоперенос*  
продукты, см. *Углеводы*  
Фотосинтез 4/706, 707  
Фотостарение полимеров 4/80, 81, 822  
Фототаутомерия 5/359, 360  
Фототермография 4/508  
Фототермопластическая фотография 4/501, 503, 504, 509  
Фототок 5/362, 363  
Фототрофы 3/624  
Фотопрозрачность 4/125  
Фотопорез 1/448  
Фотопоризация 4/149  
Фотохемиллюминесценция 5/446  
Фотохимические реакции 5/350, 351–356, 732; 1/133, 134, 198, 313, 360, 375, 464, 512, 518, 530, 599, 786, 787; 2/221, 275, 360, 381, 431, 438, 741, 795; 3/296, 297, 301, 1049; 4/77. См. также *Фотолит*, *Фотосинтез*, *Фотохимия*  
абсолютный асимметрический синтез 1/392, 393  
Бартона 1/464, 465; 3/518, 535  
бимолекулярные 5/337  
виутримолекулярные 4/589; 5/733  
восстановление 5/332, 354, 355  
галогенирование 1/1162; 2/187, 769; 3/557; 5/12, 13, 548, 552, 566  
гетеролитические 5/353  
гомолитические 5/353, 355, 356  
двухквантовые 2/4, 5, 728; 3/189; 5/357  
дегидрирование 5/332  
декарбонилирование 3/347  
деструкция, см. *Фотодеструкция полимеров*  
димеризация, см. *Фотодимеризация*  
диспропорционирование 5/332, 354, 356  
дисротаторные 1/842, 843  
диссоциация, см. *Фотодиссоциация*  
замещение 3/737; 5/339  
и ионизация, см. *Фотоионизация*  
и эксимеры 5/811  
и эффект клеток 2/810  
изомеризация, см. *Фотизомеризация*  
иницирование 2/466  
катализ, см. *Фотокатализ*  
лазерные 2/5, 1122, 1123  
Мак-Лафферти 5/364  
межмолекулярные 5/338, 733  
многофотонные 3/191; 5/357  
нитрозирование 2/615; 3/535; 5/358  
Норриша 5/356, 364  
одноквантовые 2/4  
окисление, см. *Фотоокисление*  
Ортона 3/815  
осаждение 5/333, 503  
Патерно – Бюхи 3/891, 892; 5/738  
перенос частиц, см. *Фотоперенос*  
периндольные 3/964  
полимеризация, см. *Фотополимеризация*  
присоединение 4/907; 5/332, 355, 356, 534  
радикальные 2/464, 466; 5/355, 356  
разделение изотопов 2/389, 394  
Раймера–Тнмана 4/340  
расщепление 2/410  
с участием нонов 2/531  
световые 5/344–347, 349  
согласованные 4/744; 5/737  
старение полимеров 4/80, 81, 822  
стереоспецифические 5/737  
таутомеризация 5/359, 360  
темновые 4/817; 5/332, 336, 341, 344, 347–349, 362, 363  
фосфорилирование 5/349  
фотохромные 5/358–360  
фрагментация 5/353, 356, 364  
Фриса 5/372  
хелатронные 5/442  
целлюлоза 3/181; 5/339, 340, 355, 682  
циклизация 4/417  
циклоприсоединение 2/746; 3/685, 891; 4/208, 1218; 5/733, 737, 738  
электродные, см. *Фотозлектрохимия*  
электроциклические 5/928  
Фотохимический смог 3/975, 978, 979  
Фотохимического последствия метод 5/356  
Фотохимия 5/356, 177, 357, 358, 509; 1/133; 2/5, 728, 753; 3/143. См. также *Фотозлектрохимия*  
Фотохромизм 5/358, 359, 360; 1/524; 2/174; 3/132, 551, 675, 775; 4/501, 504, 800, 836  
Фотозлектреты 4/503; 5/836  
Фотозлектроды 3/696; 4/558; 5/363  
Фотозлектролиз 5/363  
Фотозлектронная спектроскопия 5/360, 331, 361, 362, 868; 2/727, 905; 3/209, 230, 430; 4/152, 750, 813  
рентгеновская 4/481, 470, 482, 483; 3/209, 229–231, 431  
Фотозлектронны 2/37; 3/97; 4/481–483; 5/331, 360–362  
Фотозлектропробы дымовые извещатели 4/667  
колориметры 3/440  
пирометры 3/1071  
пылемеры 4/280, 281  
Фотозлектрохимия 5/362, 363, 924, 925. См. также *Фотохимия*  
Фотоземляны 1/134; 2/554  
Фотоземельные микрокристаллы 5/321–323  
Фотозффект 1/978; 2/500, 501; 4/481–483; 5/932  
Фотоядерные реакции 5/1023  
Фошагит 2/588  
Фошагит (фожазит) 4/679  
ФП, см. *Фенопласты*  
Фрагментация реакции 5/364, 353, 356, 365; 1/469; 2/525, 1122, 1316; 3/896; 4/313, 416, 1247. См. также *Распад*, *Расщепление*, *Элиминирование реакции*  
Фрактальные агрегаты 4/885  
Фракционные процессы десублимация 2/1045  
дистилляция 2/159, 164–169, 893, 1004  
и коаерсация 2/818, 819  
конденсация 2/893, 890, 894, 895; 1/904; 4/714  
кристаллизация 2/752, 1040–1043, 1045; 3/93, 117, 1094; 4/556, 762; 5/655  
плавление 2/1044; 4/891  
сублимация 2/1044, 1045; 4/891, 892  
Фракционный состав нефти и нефтепродуктов 3/446, 454, 456–461  
полимеров 3/221  
сыпучих материалов 4/709, 710. См. также *Грохочение*, *Классификация*  
Фрамбинов 2/743  
Франгуляны 3/923  
Франгулямодин 4/720, 721  
Франка–Кондона принцип 1/792; 2/528, 1221, 1310; 5/351  
Франклинсонит 1/462  
Франк-Каменецкого критерий 1/829  
Франклина теория 2/778  
Франклинит 5/746, 788  
Франций 5/366, 335, 797, 798, 935; 3/957, 959; 4/323–325  
Франшмона проба 3/503  
Фрейбольдт 2/820  
Фреймы, см. *Искусственный интеллект*  
Фрейнда оксикислота 3/386  
Фрейдлиха уравнение 1/56; 2/692; 5/448  
Фреми соль 3/543, 544, 706, 707, 825, 952; 4/301; 5/534, 535  
Френаль 5/366  
Френеля линзы 4/837  
уравнение 4/781  
Френкеля дефекты 2/50, 51  
Френозин 5/693  
Френолон 3/1029  
Фреоны 1/400, 760; 2/561; 3/112, 125, 657; 5/547–551. См. также *Хладоны*  
Фрерихса метод 4/911  
Фреттинг-коррозия 5/366, 367; 2/947, 951, 952, 956; 4/1257  
3β-Фриделанол 3/939, 940  
Фриделя–Крафца реакция 5/367, 6, 8, 21, 34, 116, 131, 142, 238, 240, 241, 312, 368, 369, 372, 561, 580, 636, 765, 776, 905, 907, 1058, 1059; 1/158, 159, 351, 373, 435, 441, 442, 504, 508, 582, 709, 942, 945, 947, 965, 1160; 2/90, 97, 105, 171, 314, 376, 403, 618, 620, 648, 747, 889, 1249; 3/26, 58, 91, 103, 113, 372, 376, 526, 689, 709, 738, 791, 936, 1057, 1078, 1212; 4/66, 75, 209, 804, 916, 934, 937, 1134, 1165, 1168  
Фриделя–Крафца–Каррера реакция 5/369  
Фридендера синтез 5/369, 370, 526  
Фридмана модель 4/375  
Фрикционные материалы 5/370, 138, 371; 1/1191; 2/221, 706, 737; 3/418, 1127; 4/141, 172, 809  
Фриполимер 2/619, 620  
Фриса перегруппировка 5/372, 21, 369, 905; 3/689, 1212; 4/589  
Фритта 1/1125; 2/800  
Фрича–Буттенберга–Вихеля реакция 5/372, 373; 2/182  
Фроловит 2/583  
Фронт горения 1/1166–1171  
ударной волны 2/46, 47; 5/52  
Фронтальные методы хроматография 2/295, 296; 3/566; 5/621  
электромиграция 5/863, 866, 867  
Фруда число 1/1106; 2/1301; 3/1183  
Фруктаны 5/373, 374, 375  
Фруктовые продукты сахар 1/195; 5/375  
эссенция 2/237, 359, 616, 743  
Фруктоза 5/375, 37, 153, 373, 374; 1/202, 1006, 1132, 1136, 1147; 2/465, 747, 1211; 3/157, 264, 269–271, 656, 748; 4/581  
Фруктозо-1,6-дифосфат 1/202, 1135, 1156; 3/625, 918, 919  
Фруктозо-1,6-дифосфатаза 5/162  
Фруктозолифосфатальдоза 2/395  
Фруктозо-бис-фосфатаза 1/1156; 3/918; 5/242  
Фруктозо-бис-фосфатальдоза 1/202  
Фруктозо-(1,6)-фосфаты 1/202, 1136, 1156; 2/364, 1211; 3/615, 616, 918–920  
β, D-Фруктопираноза 3/265; 5/375  
β, D-Фруктофураноза 3/265; 5/374, 375  
β-Фруктофуранозиды 4/582  
D-Фруктуронат 3/615, 616  
Фруккина теория 5/926  
уравнение 3/1159; 5/845  
Фрумкина–Дерягина теория 4/729  
Фрумкина–Мелик-Гайказяна схема 5/919  
Фрумкина–Фольмера уравнение 3/1171  
ФСГ, гормон 5/217  
Фтазин 4/901, 902  
Фталазин 5/375, 376; 1/76, 520, 521; 3/1164; 4/774  
Фталазол 4/901, 902, 1118  
Фталаминовая кислота 1/348; 5/377, 378, 380  
Фталаты 1/630, 866; 2/92, 122, 140, 804; 3/1116, 1117, 1197, 1223, 1234; 4/765, 1055; 5/377, 378, 380, 572, 730, 1001  
Фталевая кислота 5/376, 73, 377, 378, 380, 381; 1/375, 513, 585, 951; 2/107, 108, 397, 438, 439, 1093; 3/282, 372, 389, 822, 1029; 4/54, 396, 397, 538. См. также *Фтальные кислоты*  
ангидрид, см. *Фталевый ангидрид*  
имид, см. *Фталимид*  
соли и эфиры, см. *Фталаты*  
Фталевые кислоты 5/377, 381, 383; 3/1213, 1214  
o-изомер, см. *Фталевая кислота*  
m-изомер, см. *Изофталевая кислота*  
p-изомер, см. *Терфталевая кислота*  
Фталевый альдегид 1/252, 476, 1149; 5/132  
Фталевый ангидрид 5/377  
получение 2/26, 672, 846, 847, 1053, 1272–1274; 4/549, 892; 5/378, 379  
свойства 1/150–153, 155, 254, 348, 350, 520, 521, 847, 945, 1115; 2/92, 122, 140, 215, 439, 656, 1082, 1083, 1092; 3/280, 372, 373, 383, 389, 390, 450, 690, 705, 796, 953, 966, 1056, 1057, 1201; 4/51, 265, 448, 1055; 5/73, 140, 212, 376, 381, 382, 385, 390, 521, 535, 536, 759, 773, 964  
Фталевый тиоангидрид 1/528  
Фталены 1/368; 2/1082, 1083; 5/379, 380. См. также *Фенолфталеин*  
Фталесконы 5/379  
ксиленоловый оранжевый 2/1090, 451, 553, 1091; 1/736, 1039; 4/397, 435, 936; 5/379, 750  
метилтимоловый синий 3/124; 2/451; 4/936  
Фталнд 5/379, 377, 378, 380, 381; 4/538  
Фталндидиэтилмалонат 2/439  
Фталндидизохиноны 2/398, 399; 4/398  
N-Фталил-β-аланин 2/655  
Фталимиды 5/380, 377, 378, 381, 384, 536; 1/348, 874, 952; 2/111, 416, 417, 1125; 3/280, 383, 673; 4/1166  
Фталимиды 5/380, 381  
2-Фталнмидоацетамидо-5-нитробензофенон 3/501  
Фталнмидомалоновый эфир 1/874; 5/768  
Фталнмидоуксусная кислота 3/501  
Фталогены 5/385  
Фталонитрилы 5/381, 378, 382, 385; 2/1253; 3/673  
Фталонлактонды 4/73  
Фталонлхлорид 4/173; 5/377, 380  
Фталонлкарбазолы 1/240, 352, 944; 4/73; 5/535  
1,2-Фталонитрил 5/381  
Фталоновая кислота 3/547; 4/1101  
Фталофенон 5/380  
Фталофос 2/471  
Фталощапельные красители 5/382, 381, 383, 385, 441, 700; 2/360, 976–978, 981, 990, 993, 994, 996, 997, 1253; 3/1013, 1016, 1079, 1270; 4/51  
активные 1/128  
голубые 2/330, 1003; 4/673; 5/382, 385

- зеленые 2/997, 1003; 4/673; 5/382, 384, 385  
кислотные 3/25  
макрогетероциклические 2/1253  
медьсодержащие 1/78; 2/1228; 5/382, 383  
образуемые на волокне, см. *Фталоцианогены*  
полимерные 3/1270  
прямые 4/255; 5/382  
растворимые, см. *Цианалы*  
Фталоцианины 5/383, 378, 382, 384, 385; 1/78, 884; 2/961, 1228; 3/1016, 1238; 4/588, 628, 892, 1007  
Фталоцианогены 5/385, 383; 2/975, 978  
Фтгвазид 5/386, 973; 1/681, 988; 2/371, 1161  
Фтор 5/386, 938; 1/768, 770  
азид 1/93, 97  
бораты, см. *Фторобораты*  
жидкий 4/342, 343  
карбонаты 4/434  
металлаты 1/219, 950, 980, 1040–1042; 2/572, 1088; 3/246, 307, 368, 424, 489, 493–495, 775, 872, 1128; 4/436, 835, 948, 982, 985, 1019, 1020, 1175, 1176; 5/82, 390, 391, 393, 612, 763–765  
нитрат 3/529  
определение 1/121, 139, 894; 2/522, 654, 710, 711, 770, 973; 3/1056; 4/1086; 5/388, 389  
перхлорат 3/989  
получение 1/1022, 1114; 2/769, 1039; 3/414; 5/388, 854, 922  
применение 2/1035, 1125–1128; 3/161, 662; 4/106, 1086; 5/389. См. также *Фторирование*  
свойства 1/412, 969, 970, 1015, 1020, 1184; 2/25, 189, 282, 504, 505, 769, 782, 883, 912, 1181; 3/32, 88, 238, 346, 414, 575, 602, 603, 955, 957, 958; 4/706–708, 813, 818, 820, 1215; 5/16, 386–388, 393, 446, 463, 543, 545, 553, 608, 896, 936, 1024  
силикаты, см. *Фторосиликаты*  
соединения. См. также индивидуальные представители и их группы  
– межгалогенные 3/11, 12; 4/559. См. также *Галогенфториды*  
– номенклатура 3/573  
– органические 5/403, 387, 388, 399, 404, 405, 781, 1025; 3/569  
– алканы, см. *Фторуглеводороды*, *Фторуглероды*  
– алкены, см. *Фторолефины*  
– включения, см. *Графит, соединения*  
– гипохлориты, см. *Фторноватистая кислота*, *эфиры*  
– карбены 1/993  
– карбонильные 4/804; 5/405  
– каучуки, см. *Фторкаучуки*  
– ПАВ, см. *Фториоанины поверхностно-активные вещества*  
– полимерные, см. *Фторопластики*, *Фторопластики*  
– спирты 4/804  
– сульфаты, см. *Фторсульфоновая кислота*, *эфиры*  
– хладагенты, см. *Хладаны*  
– эксимеры 2/1037  
– эфиры, см. *Эфиры сложные*  
– с водородом, см. *Фтористоводородная кислота*, *Фтористый водород*  
– с другими элементами, см. *Фториды*  
«сплавы» 5/503, 516  
токсичность 3/1194  
фосфаты, см. *Фторофосфаты*  
хлорат 3/989; 4/343  
Фторакрилатные каучуки 5/398  
Фторалкилоиды 3/989  
Фторалкилперхлораты 3/989  
Фторалкоксилрование 5/392, 399  
Фторалкоксифосфазеновые каучуки 5/398  
Фторамини 1/97, 1184  
Фторамфиболы 4/681  
Фторангидриды 2/641; 3/984  
Фторапатит 1/358, 359; 5/298  
*бис*-(Фторарил)лантанонды 2/1148  
Фторафур 1/1129; 3/1051; 4/235  
Фторацетамид 5/410  
Фторацетаты 5/410  
Фторацетилен 2/713  
Фторацетил-кофермент А 5/410  
Фторбензол 1/66; 2/1089; 4/61, 419; 5/108, 406, 736  
Фторволокна 5/389, 22, 390, 406; 1/802; 4/1082  
Фторгалогенметаны 1/993; 4/195; 5/549, 550, 776  
2-Фтор-2-дезоксидеоксиридин-5-монофосфат 5/411  
3-Фтор-3Н-диазирин 2/69  
Фториммеризация 2/192  
Фторилхлорметилгипохлорит 5/399  
1-Фтор-2,4-динитробензол 3/521  
Фторидно-бензойный качественный анализ 2/710  
Фториды 5/390, 162, 207, 387, 391, 438, 719; 1/618, 951; 2/214, 545, 734, 735, 1031, 1123; 3/88–91, 124, 165, 166, 169, 170, 414, 575, 662, 774–776, 872, 974, 1101; 4/813, 1006. См. также *Галогениды*, *Фторирование галогенированных*, см. *Галогенфториды*, *Межгалогенные соединения гидрирование*, см. *Гидрофториды*  
Фторин 5/389  
Фторирование 5/391, 9, 387, 388, 392, 393, 548; 1/954, 993, 1184; 3/346, 421; 4/81, 938–940, 947  
водный 3/161, 368  
каталитическое 3/478; 4/543, 544  
низкотемпературное 2/1033  
целное 5/690  
электрохимическое, см. *Электрогалогенирование*  
Фторированные поверхностно-активные вещества 5/393, 394, 395, 406; 3/980, 981  
Фтористоводородная кислота 5/395, 214, 390, 393, 396, 399, 408, 477, 760, 764, 781, 971; 1/539, 540, 736, 864, 875, 970, 1099, 1157; 2/103, 157, 293, 452–454, 546, 628, 664, 673, 770, 782, 784, 812, 1005, 1006, 1008, 1027, 1234, 1245; 3/99, 243, 246, 346, 368, 482, 489, 490, 492, 576, 825, 1056, 1216; 4/359, 571, 591, 597, 820, 836, 838, 943, 947, 980–985, 1173–1176, 1224. См. также *Фториды*, *Фтористый водород*  
Фтористый водород 5/396, 16, 372, 387–389, 391–393, 395, 503, 548, 551, 991; 1/285, 529, 767, 782, 783, 816, 892, 894, 902, 916, 948, 950, 983, 992, 1041, 1084, 1114, 1199; 2/590, 1234; 3/18–20, 124, 368, 751, 800, 1056; 4/37, 197, 339, 559, 805  
азеотроп с водой, см. *Плавиковая кислота*  
бездный 1/529, 953  
водные растворы, см. *Фтористоводородная кислота*  
возбужденный 2/1126, 1127  
определение 1/892, 894  
Фторкарбонатпатит 1/358  
ω-Фторкарбоновые кислоты 2/863  
Фторкаучуки 5/397, 9, 398, 399, 406; 1/116, 502, 845, 847, 994, 1043, 1045; 2/705–708; 3/542, 661, 984; 4/442–445  
Фторканазол 4/228, 229, 233  
Фторлоны 3/1139; 5/389, 402–404. См. также *Фторопластики*  
Фторметан 3/125  
Фторметанол 1/959  
Фторметилирование 5/567  
9α-Фтор-16α-метилпреднизолон 2/426  
2-Фторнафталин 5/736  
Фторнитроэластомеры 5/9  
Фторноватистая кислота, эфиры 5/399, 387  
Фторобораты 5/399, 390, 400, 401; 1/974–977  
Фтороборные кислоты 3/1047; 5/141. См. также *Фторобораты*  
Фтороводород, см. *Фтористый водород*  
Фтороводородная кислота 5/395  
Фторогерманаты 1/1040  
Фторолениновая кислота 5/1054  
Фторолефины 5/401, 264, 392, 397, 402, 404, 405, 409, 548, 737; 1/714, 994; 2/192, 322, 641; 3/736, 980, 982, 989, 1262; 4/68, 69, 1103  
пергалогенированные, см. *Перфторолефины*  
полимеры, см. *Фторопластики*  
Фторомолибденовые кислоты 3/246  
Фторониобиевые кислоты 3/495, 496  
Фторопласти 5/402, 396, 403–406; 1/343–345, 757, 785, 788, 858, 1111; 2/805, 807, 1182; 3/170, 802, 803, 903, 913, 984, 1119, 1120, 1125, 1136, 1140; 4/59, 449, 723, 947, 1084  
лаки 5/402; 3/1140  
латексы 2/1150  
пленки 3/1136, 1139  
Фторосиликаты 5/407, 389, 390; 2/1005, 1006, 1008, 1027, 1031  
Фторотан 5/407, 408; 4/812  
Фторотеллуриновые кислоты 4/1019  
Фторофосфаты 5/408, 252, 253, 286  
Фтороциркониевые кислоты 5/764  
ω-Фторальминтиновая кислота 5/1054  
Фторпарафины 5/548  
Фторсиланы 1/172; 2/1027, 1031  
Фторсилоксаны 2/1031; 5/398  
Фторселюды 4/681  
Фторсульфаты 3/603; 5/408, 409  
Фторсульфонаты 4/471  
α-Фторсульфонилкарбоновые кислоты 4/896  
Фторсульфоновая кислота 2/628, 770, 784; 3/346; 4/525, 923, 947  
эфиры 5/408, 409; 4/931  
Фторсульфурилгипохлорит 1/1121, 1122  
Фторсурьмяная кислота 1/959; 2/784  
Фтортеломеры 5/392  
Фтортеизиды 5/393–395  
Фторуглеводороды 1/993, 1068; 2/823, 1243; 3/368, 938; 4/195, 1224; 5/102, 549, 550, 776. См. также *Фторуглероды*  
Фторуглероды 5/409, 404, 410, 547–551; 1/1068; 2/1078; 4/69, 1114  
Фторуксусная кислота 5/410, 411, 1049, 1054; 1/956  
амид 2/341  
натриевая соль 2/341  
Фторурацил 5/411, 229, 230, 406, 449; 4/235  
Фторфеназин 3/398  
Фторфенолы 5/127, 141  
Фторфлогопит 4/707, 708  
Фторфосфины 1/963  
Фторфосфораны 2/812; 3/123, 124; 5/294, 295  
6-Фторпирилоны 4/231, 232; 5/111  
Фторхлорбензолы 1/945  
Фторхлорсиланы 2/1031  
Фторхлоруксусная кислота, дитил-амид 2/214  
Фторциан 1/968, 969  
5-Фторцитозин 4/229, 230  
Фторцитрат 5/1054  
Фторэластомеры 3/915; 5/397–399  
Фторэтилен 1/722; 5/401  
Фуберидазол 5/418  
Фубромеган 5/592  
Фугасное действие 1/607, 705  
Фугат 5/673  
Фугитивность 2/1166–1168; 5/69  
Фуджабо 4/49, 50  
Фузидиевая кислота 5/411, 412  
Фузидин(ы) 1/321; 5/412  
Фузикокуины 4/428  
Фукоза 1/1138, 1139; 2/20, 21, 1162, 1163, 1228; 3/198, 748, 896; 4/190, 578, 1169; 5/37, 218, 605, 693  
Фукондан 1/193  
Фукоксантин 2/656–658  
Фукогерманозиды 5/693  
Фуксинсернистая кислота 5/413, 769, 782. См. также *Шифри реакция*  
Фукусины 5/412, 413, 782; 1/367, 614; 2/976; 3/663, 785, 834; 4/230  
Фукузиллактоза 3/748  
Фульгеновые кислоты 5/192  
Фуллерены 5/413, 43, 510; 4/586, 1214  
Фуллериды 5/413  
Фуллерова земля 1/525; 3/837, 838  
Фульвалены 1/204; 5/415  
Фульвеновые соли 5/414  
Фульвены 5/413, 354, 414, 415, 734; 1/375, 377, 512, 823; 2/746  
Фульвокислоты 1/1212  
Фульминаты 2/466  
Фульмараза 2/464; 5/415  
Фумарат, метаболизм 3/613, 617–620; 4/894, 1259–1261; 5/415, 1045  
Фумарат-гидратаза 5/415; 2/1169; 4/1261  
Фумаратредуктаза 4/894  
Фумараты, см. *Малеинаты* и *фумараты*  
Фумарилацетоацетат, см. *Фумарилацетоацетат*  
Фумаровая кислота, см. *Малеиновая* и *фумаровая кислоты*  
Фумаровый альдегид 4/768  
Фумароиллацетоацетат 3/613, 617, 618; 4/1260  
Фумароиллацетоуксусная кислота 3/613  
Фумароилхлорид 2/1272  
Фумаролы 5/497  
Фумганты 5/415, 416, 581, 707; 1/107; 2/202, 204, 342, 468, 470, 472, 573; 3/72, 114, 115, 405, 994; 4/696, 940  
Фунгистатин 3/499  
Фунгистатические средства 4/227–230  
Фунгициды 3/499  
Фунгициды 5/416, 417–422, 587, 588; 1/106, 107, 193, 559; 2/1080, 1274; 3/84, 388, 390, 485, 558, 563, 675, 763, 993, 994, 1239; 4/247, 554, 1149, 1151  
Функциональность полимеров 5/425, 426; 1/860; 2/299, 1267; 3/742, 839, 1210, 1211  
Функциональные группы 5/424, 237, 425; 2/854, 855, 872, 873, 939–942, 1266, 1267, 1270, 1271; 3/186, 205, 569, 572–574, 785, 790, 791, 793, 838–840, 931–934; 4/394, 395. См. также индивидуальные представители  
анализ, см. *Структурно-групповой анализ*, *Функциональный анализ*  
защита, см. *Защитные группы*  
номенклатура 3/569  
определение 2/770  
теория запахов 2/239  
Функциональный анализ 1/292, 296; 2/712; 3/794–798. См. также отдельные методы



## Функция(и)

волновые, см. *Волновые функции*  
гауссовы базисные 2/1210, 1211  
градуировочная 3/136, 139  
кислотности 5/422, 423, 424; 2/773, 783, 784  
Лоренца–Лоренца 4/514, 515  
Массе 4/1072  
Массе–Планка 5/955  
молекулярно-массового распределе-  
ния 3/220, 221  
молярные смешения, см. *Растворы*  
*неэлектролитов*  
Онсегера–Махлупа 4/1069  
отклика, см. *Трассера метод*  
параметров порядка 2/1073  
Планка 4/1072; 5/955  
получестн 4/484  
потенциальные атом-атомные, ме-  
тод 3/219, 220  
– внутреннего вращения молекул  
1/759–761  
– поверхностные, см. *Поверхность*  
*потенциальной энергии*  
Пуассона 3/1166  
распределения зародышей 2/318,  
319  
– компонентов раствора 4/367, 376  
– системы по микросостояниям  
4/823–832  
– частиц по временам пребывания  
4/1244, 1245  
релаксации 4/484  
сольватации 4/365  
состояния 1/681, 682  
– параметры, см. *Параметры со-  
стояния*, *Парциальные молярные*  
*величины*  
– термодинамические избыточные  
4/365, 369  
– потенциалы, см. *Гельмгольца*  
*энергия*, *Гиббса энергия*, *Термоди-  
намические потенциалы*  
– характеристические 4/1072  
спиновые 4/787  
электронной плотности 3/236;  
5/875  
Фюсса–Онсегера уравнение 5/900  
Фурагин 4/232  
Фуралонин 5/426, 429; 1/1068  
Фуразан 5/426  
3,4-дихарбоновая кислота 5/427  
N-оксид, см. *Фуроскин*  
Фуразолидин 3/558  
Фуразолидон 4/232, 233  
Фурамин 3/694  
Фуран(ы) 5/428, 108, 367, 429, 434,  
785, 1042; 1/199, 264, 376, 377, 423,  
598, 709, 981, 983, 1061, 1083, 1147,  
1158; 2/28, 106, 314, 670, 1327;  
3/285, 678, 679, 870, 1030, 1079;  
4/719, 803, 917, 926, 1026, 1096,  
1158. См. также *Тетрагидрофуран*  
мастики 2/1319  
смоли 5/429, 134, 430, 431, 434;  
3/1264, 1265; 4/1013  
2,5-Фурандион 2/1272–1274  
2-Фуранкарбальдегид 5/433–435  
2-Фуранкарбоновая кислота 5/428,  
429, 434  
Фуранозиды 1/1127, 1128; 2/732  
Фуранозы 3/746, 747; 5/37, 607, 957  
Фуранохинолины 5/527–529  
Фурантрил 5/433  
Фурацилин 4/623; 5/434  
Фурил 1/957; 5/431, 433  
2-(2-Фурил)ацриловая кислота 5/434  
Фурилдиоксим 5/431; 3/703  
N-(2-Фурилметил)-4-хлор-5-сульфоам-  
илантраниловая кислота 5/433  
Фурилловые соединения  
кислота 5/433, 434  
смоли 5/429  
спирт 2/1319

2(2-Фурил)-2-оксазолин 3/681  
1,2-(2-Фурил)этиандиондиоксим 3/703  
2H-Фуро[2,3-h]-1-бензопиран-2-ои  
1/298  
Фуруон 1/433  
Фуросан(ы) 5/431, 427, 432, 433;  
3/539  
Фурукмарини 5/66, 341, 342  
Фуросемид 5/433, 429; 1/1119; 2/180,  
181  
Фурустаны 4/577–580  
Фурухромон 4/774  
Фуруфураль 5/433–435  
Фуруфуриленациетон 5/430  
Фуруфуриловый спирт 3/282; 4/342,  
801, 802, 1140; 5/136, 429, 430, 434  
Фуруфурилфуруфураль 5/429  
Фуруфурол 5/433, 134, 136, 428–430,  
434, 435; 1/744, 1006, 1100–1103;  
2/616, 807, 1164, 1165; 3/268, 966,  
1060, 1264, 1265; 4/304, 448, 449,  
611, 920, 1096, 1098  
Фурье  
закон 3/947, 948; 4/1043, 1053,  
1067; 5/30  
интеграл 2/720  
коэффициенты 4/883  
преобразование 2/702; 5/435, 741,  
742  
ряды 1/759; 2/189, 847; 4/474, 477  
спектрометр(ия) 2/492, 493; 3/220;  
5/435, 436  
спектроскопия 5/435, 436, 741,  
1027–1030; 1/836; 3/798; 4/780,  
782, 785, 786, 795  
уравнения 2/196; 3/947, 948  
числа 2/1301, 1304; 3/1183, 1184  
Фусы 2/592  
Футеровочные материалы 2/255, 322  
Фьюмингование 3/1069; 4/593  
Фэбринк 5/144  
Фюзен 2/596

## X

Хаббарда приближенно 5/876  
Хатгинса–Флори теория 3/827  
Хайкар 1/629  
Хайлар 5/389  
Хайнса перегруппировка 1/222  
Хайпалон 4/82, 83  
Хайпрен 5/86  
Хайфехс 4/27  
Хакомори метод 4/37  
Халкограп 1/415  
Халкон-изомераза 5/202  
Халкон-сиятаза 5/202  
Халконы 1/556, 557; 2/972; 5/201–203  
Халцедон 2/1026, 1027; 3/838; 5/298  
Халькантиг 2/1334  
Халькогенгалогениды 3/308; 4/948,  
949  
Халькогеннды 1/935, 1164; 2/1234;  
3/165–167, 433, 435; 4/575; 5/437,  
438. См. также *Оксиды*, *Селениды*,  
*Сульфиды неорганические*, *Теллури-  
ды*, соединения химических элемен-  
тов  
полупроводники 4/107, 111, 112,  
118, 547  
стекла 3/774, 775; 4/105, 627, 835,  
836, 843, 951  
Халькогеноводороды 5/437. См. также  
*Вода*, *Селеноводород*, *Сероводород*,  
*Теллуриводород*  
Халькогенокислородные кислоты  
5/438  
Халькогены 5/437, 438, 494; 2/443,  
579, 783; 3/411; 4/433. См. также  
*Халькогениды*  
Халькозин 3/1, 2, 4, 630; 4/630  
Халькокианит 2/1334

Халькоменит 4/613, 616  
Халькопнит 2/334, 443, 551; 3/1, 2,  
4, 823; 4/109, 560, 562, 630, 911, 972,  
1018  
Халькосоли 3/166  
Халькофильные химические элементы  
1/1015; 3/99; 5/437, 438  
Халькоконы 3/435  
Хамазулен 1/104  
Хана правило 4/762  
Ханларит 3/838  
Ханоклавин-I 5/967, 968  
Халлофитин 2/458  
Характеристические группы 3/569,  
572–574; 5/425  
Характеристические функции 1/873;  
2/1265; 4/1072  
Хараша реакция 1/1203. См. также  
*Караша реакция*  
Харвейд 2/53  
Хартли–Робинсона модели 3/228  
Хартри–Фока метод 3/233–236, 391,  
893; 4/576, 691, 790  
Хасса реакция 2/900  
Хастеллон 2/949; 3/482  
Хастирен 4/40, 41  
Хасубанонин 3/274–276  
Хатмин 4/609  
Хаульмугровая кислота 1/143  
Хафнера реакция 1/312  
Хацопулоса–Кинана–Хейвуда закон  
3/936  
Хвойные масла 5/438; 2/598, 600, 1166  
еловое 5/438  
кедровое 3/302; 4/377–380  
кипарисовое 2/598  
пихтовое, см. *Пихтовые продукты*  
сосновое 2/1165; 3/1027; 4/715,  
771, 1091; 5/138, 208, 438  
Хвосты 2/348, 349; 3/629, 631, 632,  
636, 637; 4/556; 5/210, 211  
Хейвег 5/144  
Хей-жекс 4/80–82  
Хека реакция 5/438, 439, 440; 2/313  
Хелазоли 2/1097  
Хелантрены 2/1095  
Хелатные соединения, см. *Хелаты*  
Хелатный эффект 2/931, 932; 5/441  
Хелатогены, см. *Хелатообразующие*  
*соединения*  
Хелатометрия, см. *Комплексомет-  
рия*  
Хелатоны 5/987, 988  
Хелатообразующие соединения. См.  
также *Хелаты*  
ионообменные смолы 5/440; 1/289;  
2/521; 4/612  
реагенты 1/201, 269, 989, 990, 1098;  
2/212, 294, 579, 830, 926; 3/924,  
1238; 5/440, 825, 828. См. также  
*Комплексоны*  
Хелаты 5/440, 441, 442, 987, 988;  
1/170, 266, 991; 2/1172; 3/72, 350,  
688, 807; 4/122  
биомембран 3/48  
внутрикомплексные 1/557; 2/105,  
176; 3/62, 63, 713, 1056. См. так-  
же *Ацетилацетонаты*  
дыхательные белки, см. *Гемогло-  
бины*  
индикаторы 2/451, 452. См. также  
*Люминесцентные индикаторы*  
как катализаторы 4/54  
как сиккативы 4/669  
кобаламины, см. *Витамин B12*  
макропигменты, см. *Хлорофиллы*  
металлосодержащие 2/451, 452, 579,  
830, 870–873, 1083, 1203; 3/251,  
285, 875, 1104, 1194; 5/547. См.  
также *β-Дикетонаты металлов*  
полимерные, см. *Координационные*  
*полимеры*  
устойчивость 2/931; 5/441  
хитина 5/547

Хелвик 3/1232–1235  
Хелетрин 4/231  
Хелетропные реакци 5/442, 365, 443;  
4/344  
Хелидоновая кислота 3/1074  
Хеллэригт 3/480  
Хелля–Фольхарда–Зелннского реак-  
ция 1/1004, 1005  
Хемиллюминесцентный анализ 1/889,  
890, 916; 2/1216, 1218, 1219, 1224,  
1230; 4/397  
Хемиллюминесценция 5/445, 376, 796;  
2/45, 124, 135, 291, 1220, 1224, 1230,  
1239; 3/653; 4/1075  
анализ, см. *Хемиллюминесцентный*  
*анализ*  
и поверхностно-активные вещества  
2/1218  
и реакция Радзишевского 4/287  
и хемосорбция 5/446  
источники 5/444  
кинетический метод 5/445  
пероксидно-оксалатный 5/444  
Хемосмотическая теория 1/560, 561;  
3/669  
Хемлон 3/1201  
Хеммигум 1/629; 5/86  
Хемолазерная длина цепи 2/1123,  
1125–1127  
Хемоорганотрофы 3/624  
Хемоосаждение 1/775, 790; 2/1130  
Хемосорбирующие волокна 5/447  
Хемосорбция 5/448, 178, 447, 449;  
1/60; 2/323; 4/770  
волокнами, см. *Хемосорбирующие*  
*волокна*  
газов 1/4–14, 901, 904, 905  
диссоциативная 4/786; 5/683  
и катализ гетерогенной 1/1052,  
1053, 1056  
– – электрохимический 5/846, 847  
и модифицирование электролов  
5/842  
и спилловер 4/786  
и флотация 2/53  
и люминесценция 5/446  
как метод концентрирования 2/916  
каталитических ядов 5/1046  
квасимономерное приближение  
2/1258  
механическая 3/147  
Хемостерилизаторы 5/449, 305, 1014;  
3/994  
Хемостерилияты 5/449  
Хемотроны 5/913–915, 924, 925  
Хемотрофы 3/624  
Хемозлектреты 5/836  
Хенкеля реакция 2/396  
Хенодезоксисолевая кислота 2/278  
Хеноподиевое масло 3/975  
Херста–Энгеля реакция 3/937, 938  
Хеурса формулы, см. *Хеурса фор-  
мулы*  
Хейфнера эффект 5/897  
Хеша реакция 5/449, 172, 450; 1/201:  
2/419, 421; 3/513, 682  
Хизлевуат 3/486  
Хилберта–Джонсона реакция 5/450,  
451  
Хилберта–Джонсона–Риста реакция  
5/450, 451  
Хилла–Бура уравнение 1/57  
Хиломикроны 1/483; 2/1198, 1199  
Хильгардт 1/587  
Химерные токсны 4/1196  
Химеролы 2/281  
Химнатрия 3/412  
Химизация 5/469, 513  
Химико-термическая обработка 5/451,  
452, 913; 2/250, 251, 259, 478, 1154:  
3/94, 249, 1000, 1001; 4/808. См.  
также *Цементация*, *Цинцирование*

- Химико-технологические системы 5/452, 471, 472, 804–811; 1/24, 25, 1196, 1197; 2/747–750; 3/769–772
- Химико-фотографическая обработка фотоматериалов 5/452, 325, 327, 453–457
- проявление, см. *Проявительные методы в фотографии*
- фиксирование, см. *Фиксирование фотографического изображения*
- Химическая поляризация электронов 5/457, 458
- ядер 5/458, 358, 459, 460; 2/623, 811, 1238, 1239; 3/141; 4/304, 334
- Химическая связь 5/460, 461–464, 508; 1/407; 2/461, 462, 644, 833, 834, 904, 905, 984; 3/204, 205, 235, 392, 786, 787, 797; 4/674. См. также отдельные типы связей «банановая» 5/738, 739
- в расплавах 4/345
- датная 1/432; 2/919, 927; 3/82, 83, 735
- длины 1/378, 411, 412; 2/859, 984; 3/29, 30, 208, 210, 219, 330–334, 390, 797; 5/461, 463, 897
- и валентность, см. *Валентность, Валентных связей метод*
- и волновые функции, см. *Орбитали и спин* 4/790
- конъюгация, см. *Сопряжение связей механическая* 4/1214. См. также *Катенаны*
- мостиковая, см. *Мостиковые соединения*
- поляризация, см. *Поляризуемость растяжения, см. Колебательные спектры*
- рефракция 4/516
- топологическая 2/694; 4/1214, 1215; 5/538
- Химическая термодинамика 5/464, 177, 178, 465, 466, 509, 956; 4/1074
- компенсационный эффект 2/868
- отсчет параметров, см. *Стандартное состояние*
- равновесие, см. *Химическое равновесие*
- термохимия, см. *Тепловые эффекты реакций, Термохимия*
- Химическая технология 5/467, 468–474, 482, 483, 495, 510; 1/191
- звуковая, см. *Инфразвуковые аппараты, Ультразвук в химии*
- и энергетика, см. *Энергохимическая технология*
- кибернетика 2/747, 748–750; 3/193
- мннерального сырья, см. *Галургия, Обогащение полезных ископаемых моделирование, см. Математическое моделирование, Модели, Моделирование*
- молекулярная, см. *Нанотехнология нефти и природного газа, см. Нефтепереработка, Нефтепродукты, Нефтехимия*
- оборудование, см. *Реакторы химические, Реакторы ядерные, различные типы устройств*
- органических веществ, см. *Органический синтез*
- оптимизация 3/769, 197, 770–772; 1/25, 1201, 1202; 2/747; 5/194, 467, 472, 473, 717, 810, 811, 830
- плазменная, см. *Плазмохимическая технология*
- полупроводниковая, см. *Планарная технология*
- радиационная, см. *Радиационно-химическая технология*
- производства автоматизированные, см. *Автоматизированные методы*
- безопасность 5/470, 471. См. также *Окружающая среда, Охрана природы, Охрана труда*
- безотвальные 1/466
- безотходные 1/466; 2/1018, 1039; 3/94, 95, 416, 638, 848, 852; 5/470
- безсточные 1/466
- большой единичной мощности 1/467, 468
- гибкие 1/1065, 1202; 2/678, 981; 5/472
- малоотходные 1/467, 468. См. также *Комплексные методы переработки сырья*
- надежные 3/320, 321–323; 1/1201
- проектирование, см. *Проектирование химических производств*
- схемы, см. *Химико-технологические системы*
- процессы
- биологические, см. *Биотехнология*
- гидромеханические 1/1105, 1106
- горения 1/1164, 1169–1171
- масштабирование, см. *Масштабный переход*
- механические 3/144
- непрерывные, см. *Непрерывные и периодические процессы*
- подобие 3/1181–1185
- циклические режимы 5/715, 716–719
- теория графов 1/1196, 1197–1202; 2/539; 3/322; 4/1214
- эксергетический анализ 5/804–811
- Химическая физика 5/474, 475, 476
- Химически связанная влага 4/954
- Химически стойкие материалы 5/476, 477; 1/630; 2/706, 708, 1129, 1132, 1319, 1320; 3/992, 1221, 1237, 1244, 1265; 4/442–444, 706, 707, 837, 838
- к кислотам, см. *Кислотоупорные материалы*
- к коррозии, см. *Коррозионностойкие материалы*
- композиты, см. *Композиционные материалы*
- пластичные смазки 3/1123, 1125, 1126
- фторполимеры, см. *Фторкаучуки, Фторопласты*
- Химические журналы 5/477, 478–483, 511; 1/838
- Химические институты 5/483, 484–487; 5/512
- Химические источники тока 5/487, 488, 489, 750, 842, 861, 863, 918–921, 924; 1/1194; 2/4, 435, 436, 562, 1209; 3/76, 101, 356, 414; 4/123, 372, 1175, 1211
- аккумуляторные, см. *Аккумуляторы*
- элементы гальванические, см. *Гальванические элементы*
- топливные, см. *Топливные элементы*
- Химические методы анализа 5/489, 172, 180, 490; 1/109, 292–296; 2/221, 709–712, 1310, 1311, 1315, 1317. См. также *Химический анализ*
- дозиметрия 2/221
- завивка волос 4/1127
- модифицирование древесины 3/201
- накачка лазеров 2/1116, 1125–1127
- обработка материалов, гальванотехника 1/973, 974–977; 2/321, 872, 950; 3/71, 94; 5/703, 853, 854, 895, 922. См. также отдельные методы
- локальная, см. *Травление*
- сварка 3/1121
- термическая, см. *Химико-термическая обработка*
- фотографическая, см. *Химико-фотографическая обработка фотоматериалов*
- чистовая, см. *Полирование*
- пенное огнетушение 3/1191
- Химические параметры (функции) переменная 5/505
- потенциалы, см. *Химические потенциалы*
- средства, см. *Химическое средство эквивалент, см. Эквивалент химический*
- энергия 5/806
- энергия, см. *Обмен вещества*
- Химические потенциалы 5/498, 99, 499, 500, 505; 1/126, 127, 1064, 1065; 2/23; 3/883; 4/361–366, 817, 823
- и активность компонентов раствора 1/126, 127; 4/365
- и диффузия 2/1299; 3/947
- и зарождение новой фазы 2/316, 317
- и константы равновесия 2/23
- и летучесть 2/1166–1168
- и скорость реакции 5/505
- и энергия массы 3/935
- как парциальные молярные величины 3/882, 885–887
- как эволюционные параметры 4/1064
- кинетические коэффициенты 4/1067
- стандартные 1/126, 127; 4/817
- Химические процессы (явления)
- абсорбция и десорбция, см. *Хемосорбция*
- возгонка 4/893
- газофазное осаждение, см. *Химическое осаждение из газовой фазы*
- гетерогенность 5/105
- дерииватизация 4/424
- десублимация 4/893
- индукция 4/768
- ионизация 2/1311, 1312
- люминесценция, см. *Хемилюминесценция*
- параметры, см. *Химические параметры*
- поляризация, см. *Химическая поляризация*
- проводимость 5/506
- реакционные, см. *Реакции химические*
- самовозгорание 4/572, 573
- сдвиг, см. *Химический сдвиг*
- Химические справочники и энциклопедии 5/490, 491–496, 511
- Химические удобрения 5/54
- Химические элементы, см. *Элементы химические*
- Химический анализ 5/497, 498; 2/291. См. также *Химические методы анализа, отдельные методы*
- автоматизированный 1/30, 31, 292, 294–296; 5/151, 173
- быстрый массовый, см. *Экспресс-методы*
- изотопное разбавление 2/381, 382, 383, 1315, 1318; 1/94, 917; 4/327, 328, 557; 5/656
- метрология 3/136, 137–140; 1/292, 294, 295, 917, 918; 2/291, 856; 4/182; 5/877–879
- минерализация 3/168, 169, 170; 4/179
- состава метеоритов 2/961, 962
- спектральный 2/562, 1235; 4/550, 777, 779
- Химический сдвиг 2/942, 1019, 1170; 3/66, 67; 4/482; 5/308–310, 405, 406, 500, 1025–1028
- Химический транспорт, см. *Реакции химические транспортные*
- Химического строения теория 3/204, 205, 572, 786; 5/509, 510
- Химическое оружие 5/500, 470, 501, 502
- Химическое осаждение из газовой фазы 5/503, 497, 755, 762, 766; 1/790; 2/223, 950, 1009, 1027, 1154, 1168; 3/75, 225, 246, 305, 377, 415, 420, 421, 495, 777, 1105; 4/421, 495, 685, 867, 893
- Химическое равновесие 5/503, 98, 465, 466, 499, 504, 956; 2/56, 1168; 3/644; 4/415, 1073
- детальное, принцип 2/41, 42; 4/691, 832, 1068; 5/504
- для идеальных систем, см. *Закон действующих масс*
- и матричные эффекты 2/1326
- константы, см. *Аррениуса уравнение, Константы равновесия*
- отклонения, см. *Химическое состояние*
- потенциалы, см. *Химические потенциалы*
- таутомерное, см. *Таутомерия*
- Шленка 2/1236
- Химическое средство 5/504, 499, 505, 506; 2/1269, 1270; 4/1067, 1070
- Химия 5/506, 507–514
- автоматизация исследований, см. *Автоматизированные методы агрохимическая, см. Агрохимия*
- аналитическая, см. *Аналитическая химия*
- атомов горячих 1/1178
- «новых» 5/1016. См. также *Мюоний, Позитроний*
- биологическая, см. *Биохимия, Биохимическая*
- биоорганическая 1/550, 551
- биоинертная 1/551, 553, 559; 3/210
- бытовая 1/656, 449, 657; 2/237; 3/1167–1169; 4/195, 286; 5/777, 780
- высоких давлений, см. *Давления*
- температура 4/1031
- энергий 5/514, 515
- горных пород, см. *Петрохимия*
- горючезамасочных материалов, см. *Химотология*
- древесины 5/515, 664, 665, 668. См. также *Лесохимия*
- древности и средневековья, см. *Алхимия*
- звуковая, см. *Инфразвуковые аппараты, Ультразвук в химии*
- и защита окружающей среды 3/865
- и миграция элементов, см. *Геохимия*
- и тепловые эффекты реакций, см. *Термохимия*
- ионизирующих излучений, см. *Радиационная химия*
- искусственный интеллект 2/539, 490, 540; 3/220
- квантовая, см. *Квантовая химия*
- клеток, см. *Цитохимия*
- коллоидная 2/858, 859–861; 3/1172; 5/177, 178, 509, 898, 899, 924
- космических тел, см. *Космохимия*
- кристаллов, см. *Кристаллохимия*
- лазерная 2/1122, 389, 394, 623, 722, 756, 1123, 1127; 1/792; 5/177, 476, 503, 509
- мезонная 3/31, 32; 5/475, 931, 1016
- механическая, см. *Механохимия*
- минеральная 3/411
- неорганическая, см. *Неорганическая химия*
- нервного импульса 5/510
- нефти и газа, см. *Нефтехимия, Нефть*
- низких температур, см. *Криохимия*

- общая 3/645  
 организации 5/512, 513. См. также  
*Химические институты*  
 органическая 3/783, 29, 30, 784–788;  
 2/932–942; 5/42, 481, 492–495,  
 508, 903, 904  
 печатные издания, см. *Химические журналы*, *Химические справочники и энциклопедии*  
 плазмы, см. *Плазмохимия*  
 пневматическая 5/508  
 превращений под действием света, см. *Фотохимия*  
 прикладная и теоретическая 1/1021, 1022; 3/412, 415, 416; 5/495. См. также *Химическая технология*  
 — — — графы, см. *Графов теория*  
 — — — Международный союз 3/14, 15; 5/513  
 радиоактивных веществ, см. *Радиохимия*  
 радиоаналитическая 4/328  
 селективная 5/476  
 спиновая 5/476  
 структурная, см. *Структурная химия*  
 твердых тел 5/515, 516; 3/415; 4/414. См. также *Твердофазные процессы*, *Твердые тела*, отдельные типы состояний материалов — горючих ископаемых, см. *Коксохимия*, *Углехимия*  
 техническая 3/412  
 топологическая, см. *Топология*  
 фармакологическая, см. *Фармакокинетика*, *Фармацевтическая химия*, *Ятрохимия*  
 физическая, см. *Физическая химия*  
 экстремальных воздействий 5/509, 510  
 электродных процессов, см. *Электрохимия*  
 ядерная 5/1016, 931, 1017, 1033; 4/332, 336  
 Химмотология 5/516, 517  
 Химозия 5/517, 518; 2/559  
 Химотрипсин 5/518, 17, 158, 159; 1/472, 477, 481, 1098; 2/476, 875; 3/199, 622; 4/217, 642  
 Химотрипсиноген 3/199; 4/1270; 5/518  
 Хиназолин 5/518, 214, 519, 520  
 Хиназолилазо 2/1202  
 2,4-Хиназолиндион 5/520  
 Хиназолиновые алкалоиды 5/520, 521; 1/143  
 Хиназолиноны 4/743; 5/1042  
 Хиназолонаты 4/288  
 Хинакридины 1/113  
 Хинакридоны 2/994; 3/1016, 1017  
 пигменты 1/113; 2/979; 3/1016, 1017  
 Хинализарин 1/537, 575, 1039; 2/1235; 3/689, 690  
 Хинальдин(ы) 2/591, 1082; 4/341; 5/535  
 Хингамин 4/220, 232, 238  
 Хингидрон 1/336, 532, 1115, 1116; 2/142; 3/134; 4/624; 5/844  
 электроды 3/134; 4/155; 5/842, 844  
 Хинидин 1/319, 320; 5/522  
 Хинизарин 5/521, 378, 522; 1/352, 1115; 2/78, 135, 136, 138; 3/689, 690  
 Хинин 5/522, 523, 526, 528, 529; 1/144; 2/1217, 1321; 3/551, 704, 767; 4/238, 391  
 Хининовая кислота 5/522  
 Хинион 3/767  
 Хиниоля модификация 1/983  
 Хиннат 3/613  
 Хинная кислота 1/533; 3/613; 5/130  
 D-Хиновоза 4/578  
 Хинозол 3/714; 4/230, 232  
 Хиноидная теория 5/651  
 Хиноксаллин(ы) 5/523, 115, 123; 1/127; 2/85, 346; 4/232  
 Хиноксидин 2/137; 4/232, 233  
 Хинолизидин 5/523, 524; 1/145  
 алкалоиды 5/524, 525; 2/1321  
 Хинолин(ы) 5/526, 527  
 алкалоиды, см. *Хинолиновые алкалоиды*  
 кислоты, см. *Хинолиновые кислоты*  
 красители, см. *Хинофталоновые красители*  
 получение 2/111, 591–593, 1270; 3/527; 4/718–720; 5/369, 370, 783  
 Рейссерта 4/341, 342  
 свойства 1/76, 91, 237, 423, 654, 1087; 2/8, 9, 28, 593, 594, 750, 1029, 1092, 1217, 1272; 3/383, 385, 458, 487, 814, 894, 1164; 4/230, 232, 312, 341, 419, 625; 5/86, 383, 429, 527–529, 719, 777  
 соли, см. *Хинолиния соли*  
 Хинолиния соли 1/112; 2/1276; 3/63, 714; 4/266, 1147; 5/526  
 Хинолиновые алкалоиды 5/527, 528, 529, 537; 1/143  
 Хинолиновые кислоты 5/527, 271, 526; 1/112, 250; 3/487, 713; 4/231  
 Хинолоны 2/815; 4/231, 232; 5/527–529  
 Хинолы 1/334, 532  
 Хиноамиды 1/193  
 Хинондиазиды 1/91, 810; 2/72  
 Хинондиимины 4/253; 5/529, 531, 532  
 Хинонимины 5/531, 529, 532; 3/421  
 красители 5/529, 530–532; 2/437, 438, 454, 455, 460, 980, 995, 1156; 3/471, 472, 536, 675–677, 697; 4/1116, 1117  
 Хинонметид 2/1174  
 Хиноноксимины 1/532, 645, 1044; 3/1244; 4/42  
 Хиноны 5/532, 533–535. См. также *Антрахиноны*, *Бензохиноны*, *Нафтохиноны*  
 получение 2/1004; 3/1018, 1056; 5/8, 354, 942  
 свойства 1/201, 267, 271, 433, 531, 748, 749, 1115; 2/282, 432, 441, 744, 873, 972; 3/366, 48, 134, 408, 579, 652, 796, 891, 915; 4/254, 623, 624, 907, 1124, 1125, 1150; 5/116, 142, 181, 264, 427, 455, 529, 785, 1042  
 Хиносан 5/421  
 Хинотоксин 5/522  
 Хинофоп-этил 1/1028  
 Хинофталон 5/535  
 хинофталоновые красители 5/535, 536; 1/614; 2/149, 150  
 Хиноцианины 4/625  
 Хиноиды 4/238, 239  
 Хинсберга тест 4/897  
 Хинуклидид-3-бензилат 5/536; 2/467; 3/843–846; 4/269  
 (3-Хинуклидид)фенилметанол гидрохлорид 5/131  
 Хинуклидин 5/536, 527, 537; 1/269; 2/371; 3/1246  
 3-Хинуклидиол 5/536, 591  
 Хиолит 5/386  
 Хиральность 5/537, 39, 198, 538, 545, 731, 732, 957; 1/388, 601; 2/288, 363, 366, 367, 674, 906, 925, 1172; 3/84, 210, 271, 378, 380, 569, 656, 683, 735, 760, 772, 773, 786; 4/389–392, 605, 854–859, 1027, 1212, 1213, 1215  
 Хироптические методы 5/538, 539–546; 1/393; 2/292; 4/857  
 Хиспигенин 4/578  
 Хитин 5/546, 38, 422, 547; 2/474, 1177; 3/596, 614–616, 1167; 4/35, 36, 39  
 Хитинсинтетазы 5/546  
 Хитозаны 4/39, 204; 5/546, 547  
 Хитоолигосахариды 5/547  
 Хладагенты 1/277, 928, 948, 1004; 2/118, 302, 585, 768, 1246; 3/114, 357, 411, 807, 857, 985; 4/69, 194, 300, 657, 1050; 5/44, 580, 593–605  
 Хладоны 5/547, 391–393, 396, 406, 410, 548–551, 580, 684, 777, 833; 1/704, 705, 715, 895, 948, 993, 998; 2/891; 3/101, 113, 125, 648, 649, 657, 661, 902, 906–909, 1059, 1191; 4/67, 195, 196, 261, 286, 359, 947, 1079, 1106  
 Хловинит МА-20 1/725  
 Хлодитан 4/235  
 Хлозепид 4/1224, 1225  
 Хлоксил 1/996; 4/225  
 Хлометоксинил 1/1027  
 Хлопина закон 2/1254; 4/762; 5/102  
 Хлопок 1/732, 733, 800–802, 807, 1078; 2/634; 4/1013; 5/661, 662  
 дезактивация 2/16  
 жир 2/303  
 коллондиновый 2/126  
 крашение 1/139; 2/81, 151, 152, 974, 977, 992, 1093; 3/690, 707; 4/649, 919, 1130; 5/382, 383  
 масло 5/551; 1/749, 866, 1085; 3/302, 304, 395; 4/377–381, 383, 573, 713, 743  
 набивка 3/998  
 самовозгорание 4/572  
 Хлор 5/551, 54, 937, 938; 1/768, 769, 1109; 3/854  
 «активный» 1/193; 5/568  
 гидраты 1/911, 912  
 жидкий 1/770; 2/300; 3/913; 4/342; 5/552, 605  
 карбид 4/586  
 метаболизм 3/623, 624  
 оксиды 5/554, 553, 555, 556, 560; 1/299, 300, 452, 770, 889, 970, 1121, 1122; 3/369, 576, 657, 698, 860, 986, 990, 1089  
 определение 1/468, 887–889, 892, 893–895, 915–917; 2/292, 446, 449, 507, 522, 710–712, 770, 896, 1083, 1224; 3/64, 561, 1056; 4/159, 397, 549, 1198; 5/19, 124, 554, 819, 916  
 получение 1/778, 1019, 1022; 2/1235; 3/55, 349, 355, 369, 412, 863, 981; 4/202, 757; 5/553, 554, 568, 776, 842, 954  
 применение 1/452, 549; 2/440, 441, 1226, 1227; 3/545, 835, 846, 1089; 4/223, 224; 5/554  
 свойства 1/6, 412, 429, 911, 912, 944, 961, 962, 969, 1015, 1050, 1122, 1194; 2/119, 124, 170, 171, 282, 368, 388, 393, 394, 505, 769, 779, 793, 883, 1172, 1183; 3/39, 88, 237, 280, 346, 569, 602, 604, 662, 753, 955, 957, 958; 4/106, 339, 515, 755, 813, 837, 938, 939, 985, 1122, 1149, 1152, 1161–1163, 1166, 1206; 5/16, 139, 195, 256, 408, 463, 551, 552, 608, 936, 982  
 соединения 2/792, 793, 1037; 5/552. См. также *Гипохлориты*, *Перхлораты*, *Хлораты*, *Хлориды*, *Хлориты*  
 — межгалогенные 1/950, 954, 967, 1122; 2/769, 823; 3/514, 981; 4/342, 343, 912; 5/553, 554. См. также *Галогенфториды*  
 — номенклатура 3/573, 574  
 — органические 1/903; 2/409, 469, 470, 475; 3/765; 4/233. См. также *Галогенирование*, *индивидуальные представители и их группы*  
 «сплавы» 5/503  
 фосфаты 5/252  
 хлорат 5/556  
 цианид 2/174; 5/701, 706  
 1-Хлорадамтан 1/34  
 Хлоразид 1/93  
 Хлоракон 4/240  
 Хлоракрил 1/725  
 цис-3-Хлоракриловая кислота 1/956  
 Хлоралин 5/556  
 Хлоралканы 1/254, 715; 4/198  
 5-Хлор-3-алкил-1,2,4-оксадиазолы 3/673  
 α-Хлоралкилсульфаты 3/1024  
 β-Хлоралкилсульфиды 4/914  
 Хлоралкилфенолы 4/726  
 β-Хлоралкилфосфаты 5/254, 266  
 β-Хлоралкилфосфиты 1/966  
 Хлоралоза 2/342, 343  
 Хлораль 5/556, 557, 580, 585, 994, 995; 1/2, 3, 424, 520, 633, 1077; 2/67, 121, 706; 3/533, 1206; 4/170, 623, 755  
 Хлоралькаголяты 5/556, 557  
 Хлоральаммиак 5/556  
 Хлоральцестали 1/423  
 Хлоральгидрат 4/743; 5/556, 557, 585  
 Хлоралюминаты 5/926  
 Хлорамбутил 5/449  
 N-Хлорамиды 1/230  
 1-Хлор-2-аминоантрахинон 2/78  
 N-Хлор-L-α-аминокислоты 1/1181  
 4-Хлор-2-аминотолуол 1/78, 80  
 Хлораминны 5/557, 266, 558, 586, 784; 1/338, 452, 515, 517, 595, 770, 963, 1071, 1074, 1075, 1181; 2/9, 18, 74, 173, 213, 323, 533, 641; 3/62, 310, 530, 576, 580; 4/392, 581, 898, 899, 915, 1142, 1203  
 Хлорамфеникол 1/320; 2/1152; 3/683  
 Хлорагидриды, см. *Галогенгидриды кислот*  
 4-Хлоранизол 1/304  
 Хлоранил 1/719; 3/91, 952; 5/124, 418, 588  
 Хлоранилины 5/558, 557, 559, 587; 1/443; 2/82, 202, 204; 3/565; 4/719  
 Хлорантимонаты 4/948  
 Хлорантрахиноны, см. *Галогенантрахиноны*  
 Хлорантроны 1/358, 944; 4/75  
 Хлоратанид 1/358, 359  
 Хлораргирит 4/635  
 Хлорарены 4/1160  
 1-Хлор-4-арил-2-бутены 3/110  
 5-Хлор-3-арил-1,2,4-оксадиазолы 3/673  
 Хлораты 5/559, 551, 553, 560, 564, 922; 1/608, 1071; 2/466; 3/1075, 1076; 4/396, 482, 900. См. также соединения химических элементов  
 Хлорцетальдегид 1/723; 4/277; 5/12  
 Хлорцетамид 1/337, 425  
 Хлорцетанилиды 1/330, 1064  
 Хлорцетаты 5/585  
 Хлорцетиллен 1/715; 3/831; 5/12  
 Хлорцетилхлорид 3/579; 5/561, 585  
 1-Хлор-5-ацетоксид-2-пентанол 4/1120  
 Хлорцетофенон 5/560, 561; 1/441; 2/538; 3/843, 844, 846; 4/1129  
 Хлорцетофосф 4/230  
 Хлорбензальдегиды 5/561, 583; 1/983  
 1-Хлорбензальдоксим 1/337  
 Хлорбензальмагонионитрил 5/561, 562; 2/538, 1276; 3/843, 844, 846  
 Хлорбензальхлориды 1/488; 5/583, 584  
 N-Хлорбензанлилд 1/488  
 Хлорбензилдентрихлориды 5/583, 584  
 Хлорбензилхлориды 3/560, 583, 584  
 1-Хлор-1-бензонлацетат 1/505  
 4-Хлорбензоилбензойная кислота 1/945  
 2-Хлорбензойная кислота 5/115  
 Хлорбензол 5/562, 7, 11, 133, 568, 903; 1/373, 945, 946, 949, 1175; 2/133, 184, 449, 633, 638, 1104; 3/118, 148, 523, 524, 565, 604, 816, 1059; 4/28, 61, 202, 393, 419, 755, 759, 1200

- Хлорбензолсульфокислоты 5/139, 557, 558, 562  
*n*-Хлорбензолсульфонилазид 1/71  
*m*-Хлорбензолсульфохлорид 5/569  
 Хлорбензотрихлориды 1/530; 5/583, 584  
 (Хлорметил)хлорбензолы 5/583, 584  
 3-Хлор-3*H*-диазирин 2/69  
 α-Хлорпропионовая кислота 1/138  
 Хлорбромэтан 5/998  
 2-Хлор-1,3-бутадиен 5/569–571  
 1-Хлорбутан 3/728  
 Хлорбутанолгидрат 4/743  
 3-Хлор-2-бутанон 3/110  
 (Z)-2-Хлор-2-бутеновая кислота 3/571  
 Хлорбутилкаучук 1/646, 847  
 Хлорбутин 2/605; 4/220, 234  
 Хлорвиниларсинны 1/4; 2/1215, 1216; 3/315; 4/1270  
 2-Хлорвинилдихлорфосфонат 3/672  
 Хлорвинилкетоны 1/718, 980; 5/1000  
 β-Хлорвинилмышьяковая кислота 2/1216  
 Хлорвиниловый лак 2/1320  
 N-Хлоргексаметиладисилазан 3/805  
 5-Хлор-3-гексеновая кислота 4/768  
 Хлорексидин 1/338  
 Хлоргидратитоны 1/1067  
 Хлоргидрины 1/254, 644, 1144, 1146; 3/732, 796; 4/169; 5/959, 962, 963  
 Хлоргидроксibenзойные кислоты 2/864; 3/692, 693  
 3-Хлор-2-гидроксипропилметакрилат 1/1148  
 Хлорглицин 3/254  
 N-Хлоргуанидин 2/68  
 2-Хлордекалин 2/26  
 7-Хлор-2-декарбамоил-2-ацетилтетрациклин 4/1110  
 Хлордиазепоксид 1/229, 504; 4/1193, 1224  
 N-Хлор-N,N-ди-*трет*-алкилмочевинны 2/68  
 α-Хлордиалкилсульфиды 4/913  
 10-Хлор-5,10-дигидрофениарсазин, см. *Адмист*  
 1-Хлор-3-диметиламинопропан 1/234  
 2-Хлор-10-(3-диметиламинопропил)-фенотазин 1/234  
 3-Хлор-2,2-диметилпропионовая кислота 1/668  
 7-Хлор-6-диметилтетрациклин 4/1110  
 4-Хлор-2,5-диметоксианилин 1/78  
 2-Хлор-4,6-динитроанилин 3/523  
 2-Хлор-1,3-динитробензол 3/521  
 Хлордиоксаны 2/140  
 Хлордигиоугольная кислота, S-эфиры 4/1154  
 Хлордифениларсин 3/315  
 4-Хлордифенилсульфон 2/186  
 Хлордифенилы 1/566  
 Хлордифторамин 1/96, 98  
 Хлордиформетан 3/909  
 7-Хлор-4-(4-диэтиламино-1-метилбутил)цинолин 5/758  
 Хлорекс 1/960, 1140; 2/202  
 Хлоридазон 1/1032  
 Хлоридии 4/231, 239  
 Хлоридная эпитакия 4/113  
 Хлоридные воды 3/170  
 Хлориды 5/562, 195, 238, 551–554, 563, 580; 1/951, 974, 977, 1093, 1193, 1194; 2/267, 510, 709, 710, 947–949, 1103, 1107, 1209; 3/2, 3, 88–91, 165, 166, 273, 458, 608, 609, 631, 774–776, 801, 950; 4/482, 596, 821. См. также *Галогены*, *Межгалогенные соединения*, *индивидуальные представители*  
 Хлоризоцианураты 4/700  
 Хлорил 3/577; 5/555  
 N-Хлоримиды 5/557  
 Хлориминиевые соли 2/418, 419  
 N-Хлоримины 5/557  
 α-Хлориммониевые соли 1/230  
 Хлоримуронэтил 4/932  
 ω-Хлоркарбоновые кислоты 2/863  
 Хлоринация 2/336  
 Хлориндан 1/998  
 (4-Хлор-3-индоллил)уксусная кислота 1/416  
 Хлорины 3/437, 1236; 4/146, 573, 576, 579, 772  
*n*-Хлоридбензол 2/497  
 5-Хлор-7-нод-8-гидроксихинолин 3/714  
 Хлорирование 1/1050; 2/9, 210, 456, 755; 3/346, 355, 512, 525, 526, 528, 547, 565, 580, 860, 1029; 4/81, 202, 655, 940, 947, 1105, 1106, 1142, 1174, 1205; 5/12, 238, 553, 557, 558, 564, 565, 568, 722, 906, 995. См. также *Галогенирование*  
 воды 1/769–771; 3/658  
 гомолитическое 2/313  
 жидкофазное 5/12, 13, 568, 580  
 заместительное 5/906  
 и масштабирование 2/1321  
 каталитическое 3/479; 4/393, 1111; 5/13, 580  
 металесия 2/313  
 изотемпературное 2/1034  
 окислительное 3/449; 4/265, 393, 908, 938, 1206; 5/13, 502, 580  
 парофазное 4/393; 5/11, 570, 580  
 поливинилхлорида 3/1235, 1236  
 радиационное 4/293  
 радикальное 2/464, 646; 4/310; 5/739  
 фотохимическое 2/187; 3/557; 5/12, 13, 548, 552, 566  
 цепное 2/464; 4/310; 5/683, 689, 690  
 эффект надмолекулярный 3/1264  
 – соседних звеньев 3/1263  
 Хлорированные соединения  
 каучуки, см. *Хлоркаучуки*  
 лаки полиэтиленовые 5/563, 564, 565; 3/1140; 4/29  
 – хлоркаучуковые 5/565; 3/1140  
 латексы 5/565  
 парафины, см. *Хлорпарафины*  
 полиолефины 4/28, 29, 30; 1/646, 647; 3/1264; 5/563, 565  
 – для нефтесмола 3/445  
 – полипропилен 4/28, 29  
 – полиэтилен 1/14; 3/907, 1140, 1263, 1264; 4/28, 29, 81; 5/563–565  
 – сульфированный 4/82, 29, 81, 83, 442–444; 1/645, 719, 847; 2/707, 708, 1149; 3/661  
 триполифосфат натрия 4/699, 700  
 Хлорировший обжиг 3/1001; 4/639, 974  
 Хлористоводородная кислота 3/576; 4/753–757. См. также *Соляная кислота*  
 Хлористые соединения. См. также соответствующие хлориды  
 аллил 1/180  
 бензилден 1/488  
 бензоил 3/572  
 винил 1/722–724  
 винилден 1/715  
 водород, см. *Хлористый водород*  
 изопропил 1/946  
 кислота 3/576; 5/564. См. также *Хлориты*  
 метил 3/125  
 метилен 3/113, 114  
 сульфурил 1/435  
 тионил 1/493, 494; 2/88  
 формил 1/943  
 фосфорил 1/421  
 этил 5/997  
 Хлористый водород 1/6, 9, 429, 778, 783, 834, 835, 894, 916, 943, 948, 955, 982, 983, 990, 1084; 2/154, 312, 397, 620, 853, 1043; 3/125, 513, 576, 722, 785, 796, 1055, 1056; 4/33, 753–757, 819, 865–867, 1099, 1118; 5/16, 224, 255, 463, 551, 553, 733, 786, 986. См. также *Соляная кислота*  
 Хлориты 5/564, 551, 553; 2/851; 3/576; 4/978  
 Хлор-ИФК 1/1030; 4/429, 695  
 3-Хлоркамфора 2/600  
 Хлоркарбонилсульфенилхлорид 4/1131  
 Хлоркаучуки 5/564, 565; 4/29, 444, 445  
 лаки 5/565; 3/1140  
 Хлоркетоны 3/376, 377, 887; 4/194  
 β-Хлоркоричная кислота, этиловый эфир 4/853  
 β-Хлоркотоновый эфир 1/440  
 Хлоркрупорин 1/1006; 2/974  
 Хлоркислоты 5/565, 566  
 «Хлормагниевое» шелока 2/1246  
 Хлормадинацетат 1/1048  
 α-Хлормалеиновая кислота 1/432  
 Хлормекват(ы) 4/428, 429  
 Хлормеламины 3/34  
*n*-Хлормеркурбензоат 1/480, 603  
*n*-Хлормеркурбензойная кислота 1/394, 1152; 5/273  
 Хлорметаллаты, см. *Хлорометаллаты*  
 Хлорметан(ы) 2/10; 3/125, 760, 801, 993; 4/755  
 Хлорметилалкиловые эфиры 4/170; 5/567  
 4-Хлор-N-метилаанилин 4/1225  
 1-Хлор-2-метилантрахинон 1/155  
 Хлорметилацетат 1/435; 5/415  
 Хлорметил(бензил)сульфид 5/768  
 Хлорметилбензолы 1/496; 4/759; 5/566  
 Хлорметилдиаллилфосфонат 3/1227, 1228  
 Хлорметиленициандол 1/654  
 5-Хлорметиленициандол 1/1124  
 2-Хлорметил-Δ<sup>2</sup>-индазолин 5/146  
 Хлорметилрование 5/566, 222, 567, 700, 721; 1/948; 2/90, 693; 3/372; 4/613, 1258  
 Хлорметилкетоны 3/498  
 (S)-2-Хлорметилмасляная кислота 3/569  
 (Хлорметил)метилбензолы 5/566  
 Хлорметилфталлины 3/117, 372, 373  
 2-Хлорметил-1,4-нафтохинон 3/390  
 3,3-*бис*-(Хлорметил)оксациклубутан 1/960  
 3,3-*бис*-(Хлорметил)оксетан 3/913  
 Хлорметилосиран 5/959  
*бис*-(Хлорметил)сульфид 4/911  
 Хлорметилтолуолы 4/1200  
 Хлорметилтрихлорсилан 3/799  
 2-Хлорметилхиназолин-N-оксиды 1/504  
 2-Хлорметил-6-хлор-4-фенилхинолин-3-оксид 5/520  
 (2*R*, 5*R*)-2-Хлор-5-метилциклогексанон 5/544  
 5-Хлор-2-метоксианилин 1/80  
 3-Хлор-3-метокси-3*H*-диазирин 2/69  
*n*-Хлормидальная кислота 2/1271  
 N-Хлормочевина 3/280  
 Хлормуравьяная кислота, эфиры 2/639; 3/932; 5/88  
*m*-Хлорнадбензойная кислота 4/926, 934, 1128; 5/115  
 Хлорнариит 5/565  
 Хлорнафталинсульфокислоты 2/315; 3/380, 386  
 Хлорнафталины 5/567, 125, 383, 384, 568, 994; 2/371, 388, 421  
 Хлорная вода 4/469; 5/522  
 Хлорная взвесь 5/568, 554; 1/193, 306, 452, 647, 952, 1071; 2/9, 10, 17, 18, 350, 587; 3/690, 860; 4/600  
 Хлорная кислота 1/518, 604, 782, 1078, 1096; 2/75, 182, 567, 697, 773, 782, 1146, 1216; 3/133, 603, 662, 682, 797, 986–991, 1074, 1132; 4/53, 372, 600, 931, 1090, 1124; 5/131, 556, 608, 827, 901, 902, 961. См. также *Перхлориты*  
 8-Хлор-1-нафтольная кислота, этиловый эфир 2/132  
 Хлорнафталы 2/18; 3/387  
 Хлорнитроанилины 2/133; 3/523  
 Хлорнитробензолсульфокислоты 5/568, 569; 1/242; 3/565  
 Хлорнитробензолы 1/242, 267; 2/132, 202, 203; 3/62; 5/119, 559, 562, 569  
 α-Хлорнитрозосоединения 3/541  
 Хлорнитротолуолы 3/561  
 Хлорноватая кислота 3/576; 4/1019; 5/559. См. также *Хлориты*  
 Хлорноватистая кислота 1/723, 770, 1121–1123, 1146; 2/498, 598, 782, 784, 936; 3/26, 72, 502, 576, 707, 738; 4/661, 900; 5/993. См. также *Гипохлориты*  
 2-эко-Хлорнорбориан 3/580  
 Хлорные электроды 4/821; 5/841  
 Хлорный ангидрид 5/555, 556  
 Хлоробимухинин 1/749  
 Хлоробимух-хлорофиллы 5/574  
 Хлороводород, см. *Хлористый водород*  
 Хлороводородная кислота 4/753. См. также *Соляная кислота*  
 Хлорогерманаты 1/1040  
 Хлороз 2/1288, 1293  
 Хлорозил 3/577  
 Хлорокарбораны 2/651  
 Хлорокрупорфин 2/974  
 Хлорокрупорин 1/1006; 2/974  
 Хлорокисиланы 1/172  
 Хлорокурорин 1/1030, 1031  
 2-Хлорокстан 1/869  
 Хлоролефины 1/948; 5/10, 581. См. также *Полиолефины хлорированные*  
 Хлорометалаты 2/1246  
 Хлорометаллы 1/720, 950; 2/535, 536, 1088; 3/246, 307, 424, 489, 493–495, 872, 1128, 1129, 1131; 4/563, 983, 985, 1020, 1174, 1183; 5/523, 526, 613, 765. См. также *соединения химических элементов*  
 Хлоромицетин 2/1152  
 Хлороней 5/418  
 Хлорониевые соединения 1/959  
 Хлоронитратоацетаты 5/696  
 Хлороолевные кислоты 3/757  
 Хлороорганиосиланы 3/807  
 Хлоропласты 1/1130  
 Хлоропрен 5/569, 570, 571; 1/430, 628, 714, 724, 946, 948; 2/14, 213, 246, 707; 3/10, 1029  
 каучуки, см. *Каучуки синтетические*  
 латексы 2/99, 806, 837, 1150  
 β-Хлорспирты 1/960  
 Хлоросульфатоацетаты 5/695  
 Хлоротеллуровая кислота 4/1020, 1022  
 Хлорофиллиды 5/575, 576  
 Хлорофиллины 5/575  
 Хлорофиллит 4/231  
 Хлорофиллокаротиновая паста 2/1166  
 Хлорофиллы 5/572, 342–349, 441, 573–580, 756; 1/552, 558; 2/22, 269, 974, 1219, 1233, 1234, 1288; 3/250, 430, 622, 624, 653, 786, 788, 790, 794, 1079, 1089, 1247; 4/108, 144, 146, 231, 381, 744, 1240  
 Хлорофосфаты 5/579  
 получение 1/140, 930, 970, 971, 1158; 2/10; 3/101; 4/803; 5/556, 568, 585, 776, 995, 997  
 свойства 1/69, 273, 436, 911, 946, 948, 1123, 1157; 2/177, 297, 449, 461, 493, 496, 498, 550, 732, 838,

- 1088; 3/106, 113, 125, 347, 373, 656, 661, 691, 703, 986, 1078, 1079; 4/169, 340, 359, 366, 388, 396, 445, 570, 713, 759, 939, 940, 1027, 1141, 1162, 1253; 5/6, 128, 141, 221, 224, 269, 449, 580, 589, 784, 817, 824, 978
- Хлорфос 1/3, 346; 2/122, 473; 4/225, 226; 5/276
- Хлорохины 4/238, 239
- Хлорошинель 5/788
- Хлорпалладозамин 3/872, 873
- Хлорпарафины 5/581; 3/884, 908
- ω-Хлорпеларгоиновая кислота 1/956
- Хлорпентаны 1/233
- 2-Хлорперимидины 3/952
- Хлорпероксиформетан 3/971
- 4-Хлорпиколиновая кислота 3/1018
- Хлорпикриин 5/581, 416, 582; 1/1123; 2/242; 3/405, 817, 843, 844; 4/1267, 1268
- 2-Хлорпиридин 3/1027
- Хлорпиридины 3/1033, 1043
- Хлорпиридины 1/261; 2/636; 3/1078, 1079
- 5-Хлор-2-пиридон 1/952
- Хлорпирифос 2/470, 471
- Хлорполисиланы 2/1032
- Хлорполиэтиленовые лаки 5/563–565
- Хлорпромазин 1/234
- Хлорпропамид 1/327
- Хлорпропаны 1/945; 4/204, 1213
- Хлорпропены 1/180; 4/194
- Хлорпропилен 1/108
- 2-Хлорпропилбензол 3/573
- 1-Хлорпропиленоксид 3/1026
- 3-Хлорпропилсульфенилхлорид 4/1122
- β-Хлорпропионат 3/105
- 2-Хлорпропионилхлорид 3/253
- Хлорпропионовые кислоты 5/582, 583; 1/956; 3/253; 4/240
- Хлорпротиксен 3/398
- 6-Хлорпурин 4/274
- N-Хлорсахарин 4/581
- Хлорсеребряные электроды 3/134, 135; 4/819; 5/841, 844
- Хлорсиланы 2/1006, 1022, 1023, 1031, 1032; 4/265; 5/47
- Хлорсилоксаны 2/1032
- N-Хлорсукцинимид 1/187, 452, 646, 951, 952, 962; 2/118, 119; 4/581, 895
- Хлорсульфаты 4/921
- Хлорсульфокислоты 3/280
- 3-Хлорсульфолан 4/926
- 4-Хлорсульфонилбензойная кислота 4/1205
- 4-Хлорсульфонилксантоксин 2/1087
- 3-Хлорсульфонилоксипропионовая кислота 4/905
- Хлорсульфоновая кислота 1/239, 489, 517, 840, 943; 2/204, 239, 346, 438, 497, 1087, 1096; 3/109, 121, 269, 374, 375, 521, 524, 528, 576, 662, 913, 916, 1216; 4/73, 525, 659, 919, 923, 938, 939, 1129, 1150, 1151, 1205; 5/139, 382, 384, 569, 608, 700, 974
- Хлорсульфоны 4/937, 1250
- Хлорсульфополитилен 1/646
- Хлорсульфурон 1/1031; 4/932
- Хлортал-диметил 1/1028, 1029
- Хлорталдон 2/180, 181
- Хлорталонил 5/418
- 4-Хлор-1,2,3,6-тетрагидрофталевая кислота 5/570
- Хлортетрациклин 4/1109, 1110
- Хлортиамид 1/1028
- Хлортион 2/470
- Хлортиоугольная кислота, эфиры 4/1154
- 3-Хлортиофен 5/570
- 4-Хлортиофенол 4/1159
- Хлортиоформаты 4/1156
- Хлортолуолы 5/583, 584; 1/496, 909, 1030, 1031; 2/315, 343; 3/560; 4/1198
- Хлортриазиниовые красители 1/127–129; 3/998
- 7-Хлор-2',4,6-триметокси-6'-метил-2'-гризен-3,4'-диоин 1/1202
- Хлортрифторметан 3/656, 909
- 2-Хлор-5-трифторметиланилин 1/78
- 2-Хлор-4-трифторметил-5-тиазолкарбонная кислота 1/329, 330
- Хлортрифторэтилен 5/403
- Хлортриэтоксисилан 1/171
- Хлоруглеродороды 1/948; 2/14; 4/28, 1106
- Хлоруглероды 4/1114
- Хлоругольная кислота 1/441; 3/114, 932; 4/200; 5/990
- Хлорциклодиены 2/469
- Хлоруксусные кислоты 5/584, 410, 585, 708, 986, 987; 1/196, 394, 531, 955, 1132, 1149; 3/118, 881, 969, 1039, 1057, 1060; 4/649, 1127, 1224, 1263. См. также *Моносоединения*
- Хлоруксусный альдегид 1/42
- Хлорфацион 2/342
- 1-Хлорфеназин 5/115
- 4-Хлорфенетол 5/120, 121
- D-N-(n-Хлорфенил)анилин 1/1164
- 3-Хлорфениламин 1/234
- 7-Хлор-5-фенил-1,4-бензодиазепин-4-оксид 4/1225
- O-Хлорфенилгликолевые кислоты 5/585, 586
- 1-(2-Хлорфенил)дифенилметил]имидазол 4/228, 229
- Хлор-л-фенилендиамин 4/60
- Хлорфенилди 2/474
- 4-Хлорфенилизонант 2/401; 5/559
- 4'-Хлор-2-фенил-1,3-индандион 2/439
- 2-Хлор-2-фенилпропан 2/1102
- 5-(4-Хлорфенил)силатран 2/342
- 4-(2-Хлорфенил)-7-хлор-2-хорметилхиазолин-3-оксид 4/1225
- 1-Хлор-9,10-бис-(фенилэтинил)антрацен 5/444
- 2-(n-Хлорфенокси)изомасляная кислота 2/812, 813
- Хлорфеноксиуксусные кислоты 5/585, 586, 587; 1/441; 4/429
- Хлорфеноловый красный 4/936
- Хлорфенолы 5/587, 141, 378, 521, 586, 588, 709; 1/452; 2/1, 201, 634; 3/1057, 1212; 4/86
- Хлорфеноляты 5/586
- 2-Хлорфенотиазин 1/234
- Хлорфенпроп-метил 1/1028
- 1-(2-Хлорфенноцил)серебро 1/597
- 2-Хлорфлуорен 5/213
- Хлорформаты 5/239
- Хлорфосфазены 4/65, 66
- Хлорфосфаты 5/255, 256
- Хлорфосфины 5/312, 791
- Хлорфосфиты 5/267
- Хлорфосфозао III 5/274
- Хлорфосфонирование, см. *Окислительное хлорфосфонирование*
- Хлорфосфораны 5/294
- 1-Хлорфталазин 5/376
- Хлорфталевые кислоты 1/945; 5/377, 382, 567
- α-Хлорфталексон 5/379
- N-Хлорфталамид 1/951, 952
- Хлорфторалканы 4/67; 5/410
- Хлорфумаровая кислота 1/432
- Хлорхинолы 4/232
- 2-Хлорхиноксалин 5/523
- Хлорхинолины 3/63; 4/719; 5/559
- Хлорхлоридхлорид 1/1064; 4/247, 428
- 6-Хлорхризиди 5/607
- Хлорхинан 5/588, 137, 701, 706; 1/968, 969; 2/174, 176, 183, 1276; 3/516, 843, 844, 846, 914; 4/696
- Хлорхлорексан 2/368; 5/722
- 1-Хлор-1-циклогексен 5/570
- Хлорциклопентан 5/735
- 1-Хлор-2,3-эпоксипропан 5/959
- ω-Хлорзантовая кислота 1/956
- Хлорэридиквой ангидрид 1/998; 3/1201
- Хлорэтан 5/997
- 2-Хлорэтанол 1/959; 5/993, 994
- 2-Хлорэтансульфохлаорид 4/937
- Хлорэтан 1/722–724
- 2-Хлорэтиламин 3/63, 293; 4/234; 5/449
- 2-Хлор-4-этиламино-6-изопропиламино-сим-триазин 4/196
- 5-бис-(2-Хлорэтиламино)-6-метилурацил 2/221
- β-Хлорэтилацетат 5/991
- Хлорэтилвиниловый эфир 1/115; 5/977
- бис-(β-Хлорэтил)винилфосфонат 5/306
- Хлорэтилдихлорфосфат 1/962
- Хлорэтилдихлорфосфит 1/961
- 2-Хлорэтилдихлорфосфонат 3/672
- β-Хлорэтилмеркаптан 2/533
- N,N-бис-(2-Хлорэтил)-2-нафтиламин 2/606
- Хлорэтиловые эфиры 2/130, 202
- β-Хлорэтиловый спирт 5/993, 994
- β-Хлорэтилсульфиды 2/129; 4/915
- Хлорэтилфосфонат 3/672; 5/13
- 2-Хлорэтилфосфоновая кислота 2/53
- 2-Хлорэтилфосфорилдихлорид 4/968
- N-(2-Хлорэтил)этилендиамин 1/269
- Хлорэтон 1/436, 960; 4/743
- Хлоряблочная кислота 2/1272; 3/570
- Хлорянтарная кислота 2/128; 4/389
- Хна 3/707
- Хосенберга–Кона теорема 5/875
- Хозяйственные мыла 3/302–304
- «Хоккейных клюшек» эффект 2/911, 912
- Холамид 3/487
- Холян 4/865
- Холаиновая кислота 2/278
- Холактрен 5/943
- Холаты 2/277, 278
- Холевид 4/478, 479
- Холевые кислоты 2/278; 3/347, 622; 4/865
- Холиновые кислоты 2/278
- Холекациферол 1/745–747, 751, 752
- Холекинетические желчегонные средства 2/277
- Холексамин 1/1118
- Холезим 2/277
- Холеретические желчегонные средства 2/277
- 4,6-Холестадиен-3-он 5/589
- Холестан 2/280, 281; 4/862, 865; 5/589
- 5β-Холестанпентол 2/281
- 5β-Холестатитетрол 2/281
- Δ<sup>5</sup>-Холестен 5/589
- 5-Холестен-3β-ол 4/865; 5/588
- 4-Холестен-3-он 5/589
- Холестерики 2/287–289
- Холестерилмиристан 2/287
- Холестерилхлорид 5/589
- Холестерин 5/588, 151, 589, 590, 731, 819, 916, 971; 1/50, 483, 553, 743, 745, 747, 826, 1046, 1117–1119; 2/278, 281, 288, 812, 819, 958, 1177, 1184, 1198, 1199; 3/48, 49, 290, 621, 767, 786; 4/228, 381, 578, 579, 713, 859–865, 1119
- Холестеринэстераза 5/589
- Холестерические жидкие кристаллы 5/104
- Холестеролэстераза 2/1184
- Холестирамины 1/1118, 1119
- Холецистоксинин 5/590; 3/199
- Холин 5/590, 272, 273, 591; 1/39, 280, 435, 750; 2/123, 1189, 1190; 3/106, 107, 619, 620, 765; 4/642, 968. См. также *Тиохолин*
- Холинацетилтрансфераза 1/435; 5/591
- Холинергические средства 5/592, 593
- Холинкиназа 5/591
- Холиноблокирующие средства 5/591, 592
- Холинолитики 1/329; 5/591, 592
- Холинолитические средства 5/591, 592; 1/328; 2/112, 113, 1322; 4/237, 238, 393, 773, 1193
- Холиномиметические средства 5/592, 537, 591, 593; 1/435
- Холиннопозитивные средства 5/592, 593
- Холинтиосульфат 4/1163
- Холинтозилат 5/245
- Холинхлорид 3/107; 5/590, 591
- Холинэстеразы 1/328, 345, 346; 2/1296; 4/642, 1164; 5/149, 151, 296, 521, 1041, 1052. См. также *Антихолинэстеразные средства*
- Холла
- датчики 1/940, 1039; 3/501
- эффект 2/452, 453; 4/619
- Холингуорит 3/1132
- Холодные процессы 5/593, 594–605, 715; 2/886; 3/1143. См. также *Вьмораживание, Градирни, Охлаждение*
- Холодные процессы (явления) крашение 1/77, 80
- предбиологическая эволюция 2/1034
- свечение 2/135
- алерный синтез 3/32, 872; 5/1020
- Холодопроизводительность 5/594–605
- Холодинэстераза 2/104
- Холоформенты 4/430; 5/159, 270
- Холоцеллюлоза 1/1006
- Хомотрепиды 1/470
- Хондритин 3/286
- Хондритинсульфаты 3/286, 624; 4/214
- Хонингование 4/725
- Хордовая насадка 3/338
- Хоризмат 3/613, 615–620
- Хоризмовая кислота 3/613
- Хоригонадотропин 5/605
- Хорионические гормоны гонадотропин 5/605, 218, 606; 1/1172; 4/1169
- соматомаммотропин 3/1134, 1135
- Хорисоматомаммотропин 3/1134, 1135
- Хорнера реакция 5/606, 260, 276, 311, 607; 3/1243
- Хорнера–Эммонса реакция 5/606, 607
- Хоробетсунт 4/951
- Хостаин желтый АШР 2/1003
- Хосталены 3/1139; 4/30, 31, 80–82
- Хосталит 1/725; 3/1232–1235
- Хосталюксы 3/837
- Хостапрен 4/28
- Хостаприты 2/997
- Хостафан 3/1139
- Хостафлюны 3/1139; 5/403
- Хостаформс 4/63, 64
- Хоурса (Хеурса) формулы 5/607; 3/265
- ХПВХ, см. *Поливинилхлорид хлорированный*
- Хризаин 2/135, 136; 3/689
- Хризантин 1/248
- Хризантемовая кислота, см. *Пиретрины, Пиретроиды*
- Хризаробин 2/972
- Хризиди 5/607, 446, 608; 1/372, 523, 524; 2/591, 595; 3/894; 4/419
- Хризен-6-хинон 5/607
- Хризен-6-сульфокислота 5/608
- Хризоберилл 1/206; 2/222
- Хризоин 5/19

- Хризосола 3/4  
Хризолит 2/1144  
Хризолит 2/222; 4/681  
Хризомалин 1/135  
Хризопраз 1/189  
Хризопраз 2/1027  
Хризоптерин 2/975  
Хризотил-асбест 1/385, 386, 802;  
2/112; 3/805; 4/131, 1104  
Хризфановая кислота 4/720  
Хризотин 2/81  
Христиансен условие 2/715  
Хром 5/608, 938; 1/550, 675  
бориды 1/583, 584; 2/481; 5/609  
галогениды 5/612, 610, 611, 613,  
976; 1/1193; 2/142, 567; 3/89, 90,  
439, 553; 4/814  
гидриды 5/609  
гидроксиды 1/1092; 3/79; 5/610,  
613–616, 619, 633  
интерметаллиды 1/331, 332, 383;  
2/479, 481, 485, 1240  
карбиды 2/260, 624, 625, 736; 3/15;  
4/1009; 5/609, 615  
карбонилы 5/613, 310, 332, 614, 633,  
634; 2/69, 641  
кластеры 2/796  
металлаты 1/671, 672; 2/567, 672;  
3/1012; 4/618  
минералы, см. *Хромит*, *Хромошип-  
пиды*  
нитрат 3/504; 5/610  
нитриды 2/962; 3/165, 509; 4/1009;  
5/609  
оксиды 5/614, 6, 117, 199, 563, 589,  
608, 610, 611, 613, 615–618, 630–  
633; 1/300, 457, 595, 974, 1055,  
1089; 2/12, 200, 439, 567, 663, 666,  
671, 672, 674, 677, 801, 806, 929,  
1003, 1087, 1147, 1280; 3/117,  
122, 325, 369, 370, 372, 390, 524,  
575, 664, 665, 695, 696, 698, 805,  
913, 949, 972, 986, 991, 1011,  
1012; 4/33, 51, 147, 193, 559, 567,  
588, 627, 673, 707–709, 837–839,  
869, 1055, 1097, 1101, 1122, 1173,  
1201, 1202. См. также *Хромовый  
ангидрид*  
определение 1/120, 990; 2/183, 204,  
205, 710, 711, 1090, 1217, 1224,  
1230; 3/124, 169, 272, 561, 969,  
1058; 4/397, 1250; 5/8, 431, 610,  
636  
перхлорат 3/990  
полимеры 5/617  
получение 2/734; 3/88–90, 1193;  
4/561, 613, 1057; 5/608, 611, 612,  
615, 632, 789, 854, 923  
применение 1/214–217, 769; 2/1116,  
1117, 1123; 3/71, 87, 161, 334, 889,  
890; 4/114, 115; 5/73, 451, 611,  
734, 920. См. также *Хромирование*,  
*Хромовое дубление*, *Хромо-  
вые материалы*  
свойства 1/315, 341, 1015, 1082;  
2/282, 670–672, 677, 920, 1099,  
1153; 3/74, 97, 98, 949, 955, 958;  
4/584, 803, 813, 820, 1009, 1097,  
1098; 5/20, 49, 127, 133, 142, 608–  
610, 651, 724, 928, 929  
силикаты 4/675  
силаниды 2/479; 3/369; 4/107, 563,  
684, 685; 5/609  
соединения комплексные 2/929,  
930, 933, 984; 3/975  
– полиадерные 4/97  
– органические 5/633, 634–637,  
703, 712, 725; 1/169, 364, 365;  
2/137, 203, 233–235, 374, 669,  
872, 923, 924, 929, 944, 1035; 3/83,  
91, 537, 539, 665, 773; 4/18, 1140  
сплавы 5/618, 61, 80, 164, 609–611,  
766; 2/249, 250, 257, 260–263,  
320, 321, 625, 734, 737, 801, 827,  
828, 878, 879, 947–950, 1153,  
1154, 1241–1243, 1331–1333;  
3/15, 88, 334, 482–484, 546, 873,  
889, 890, 1087, 1088; 4/467, 712,  
809, 1174, 1180, 1182  
сульфаты 5/618, 453, 610, 619, 631;  
1/976  
твердый, см. *Гальванотехника*  
тетрафторборат 5/400  
токсичность 2/606; 3/854, 1194  
феррит 5/163  
фосфаты 1/1208; 2/801; 3/1012;  
5/249, 250, 253  
фосфиды 5/256, 257  
галогениды 2/481, 962; 4/1023;  
5/609  
цианиды 5/703  
«черный» 1/976  
Хромацидстиляция 5/625, 627, 628  
Хромазуол 5/619; 1/209; 2/451  
Хромали 3/482; 4/809; 5/285  
Хроманаты 5/633  
4-Хроманон 5/586  
Хроманы 1/518, 519  
Хромареография 5/625, 627, 628  
Хроматермография 5/626–628  
Хроматин 5/619, 620, 636; 1/472,  
1172; 2/1176; 3/587, 599; 4/427  
Хроматит 5/632  
Хроматография 5/620, 497, 621–625;  
1/559, 625, 626, 909, 917  
абсорбционная 1/884; 5/426, 621,  
625–628  
адсорбционная, см. *Адсорбционные  
методы*  
аффинная 1/416, 32, 42, 417, 418,  
475; 2/295, 463, 1163, 1164;  
3/599; 4/1011; 5/160, 621  
без газа-носителя 5/625–627  
без подавления 2/507  
биоспецифическая 1/416–418;  
5/621  
бумажная 1/625, 626; 2/294; 3/433,  
769, 796, 818; 4/555, 568; 5/284,  
366, 621  
внешнесферная 2/1171  
высокого давления 2/294  
высокоэффективная 2/294, 295,  
298; 3/1096; 5/23, 35, 245, 246,  
270, 425, 628, 630  
выселятельная 2/295, 296; 5/621,  
625–627  
газовая, см. *Газовая хроматография*  
газо-жидкофазная 1/918, 884, 908,  
919, 920; 2/347; 3/231, 749, 795,  
797, 798; 5/133, 620–623, 626,  
628–630  
газо-жидко-твердофазная 5/620, 621  
газо-твердофазная 5/620  
гель-методы, см. *Гель-хроматогра-  
фия*  
гидродинамическая 2/294  
градиентная 5/426, 625–628  
детектирование, см. *Детекторы  
хроматографические*  
диффузионная 3/818  
жидко-жидко-твердофазная 5/621  
жидко-жидкофазная 5/621  
жидкофазная, см. *Жидкофазная хрома-  
тография*  
и масс-спектрометрия, см. *Хрома-  
то-масс-спектрометрия*  
ионная, см. *Ионная хроматография*  
ионообменная, см. *Ионообменная  
хроматография*  
ион-парная 2/295, 297, 519  
капиллярная 2/608, 294, 609–611,  
1172; 3/817, 818, 1067; 5/620,  
621, 628  
коаалентная 1/417, 418, 478  
колоночная 2/292, 293, 298; 3/817,  
818; 5/425, 620–624, 628–630,  
816, 817  
лигандообменная 2/1171, 295, 297,  
1172; 1/418, 625; 3/460; 4/392,  
424  
на бумаге, см. *Бумажная хромато-  
графия*  
– фазы нормальных 2/297  
– – обращенных 2/297  
– – хиральных неподвижных 4/392  
осадочная 3/817, 818; 1/625; 2/294  
пиковая 3/818  
пиrolитическая 1/883  
плоскостная (плоскофазная) 3/817,  
818; 5/621, 622  
по сроку 1/416–418  
препаративная, см. *Препаративная  
хроматография*  
проявительная 1/304; 2/295, 296;  
4/555; 5/621  
разрешение 2/296  
распределительная 1/559, 625;  
2/294; 4/833; 5/366, 621  
реакционная 4/424, 425; 1/883  
с программированием температуры  
5/625, 626–628  
сверхкритическая 5/620  
селективность 5/624, 626  
ситовая 2/295; 5/812–817  
тонкослойная 4/1208, 1209; 1/478;  
2/188, 293, 294, 1171; 3/433, 769,  
796, 798, 818; 5/23, 35, 112, 172,  
270, 425, 621  
флюидная 2/610, 611, 620, 621  
фронтальная 2/295, 296; 3/566; 5/621  
хемоспецифическая 1/478  
эксклюзионная 5/812, 426, 621, 813–  
817; 2/45, 294–296  
экстракционная 2/87, 294; 3/57;  
5/160  
Хромато-дихроматы 5/631  
Хромато-масс-спектрометрия 5/628,  
629, 630; 1/909, 1067; 2/44, 45, 291,  
712, 916, 1315, 1317; 3/217, 231, 460,  
795, 798; 4/37, 861  
Хроматометрия 2/204, 205; 5/631  
Хроматоструктурный метод 1/884  
Хроматофоры 5/344  
Хроматы 5/630, 253, 610, 612, 615–  
617, 631–633, 902; 1/769; 2/205;  
3/166, 1224. См. также *Хромовая  
кислота*  
бипроизводные, см. *Дихроматы*  
*Дихромовая кислота*, *Хромлик*  
ингибиторы 2/43  
определение 2/710  
пигменты, см. *Кроны*  
Хромель 3/484; 4/809, 1081  
Хромель-алюмель 4/1081  
Хромель-копел 4/1081  
2-Хроменон 2/1100, 1101  
Хромины 1/514–519; 5/360  
Хромилгалогениды 5/612, 613, 976  
Хромилы соли 1/522  
«Хромии» 4/69, 929; 5/395  
Хромирование 1/196, 974–976; 2/259,  
320, 321, 1153; 3/981; 4/248, 893;  
5/395, 451  
Хромистые стали 2/249, 250, 261, 262,  
485, 548, 946, 947  
Хромит 2/263, 734; 3/633; 4/561;  
5/608, 610, 611, 613, 633, 788  
Хромито-хроматы 5/633, 902  
Хромины 5/615, 633, 902  
Хромыхромат 5/615, 617  
Хромовая кислота 1/431, 489, 519,  
566, 976, 1115; 2/88, 183, 598, 801;  
3/114, 373, 390, 524, 526, 547, 580,  
699, 950, 1079, 1080; 4/875, 1101,  
1205; 5/212, 522, 535, 607, 613, 616,  
617, 619, 699, 961. См. также *Хро-  
маты*  
Хромовая смесь 2/567; 3/1039  
Хромовое дубление 2/995, 996, 998  
Хромовые материалы  
квасцы 2/729–731; 5/611, 619  
керамика 2/734  
клеи 2/801  
красители 1/83, 438; 2/151, 774,  
775, 977, 999, 1000; 4/248. См.  
также *Протравные красители*  
кроны 2/997, 1015  
стали, см. *Хромистые стали*  
стекла 4/835  
Хромовый ангидрид 2/182, 1079;  
4/714; 5/617, 729. См. также *Хром,  
оксиды*  
Хромогеновые черные 2/282, 451  
Хромогены 1/264; 4/398; 5/651  
«Хромосан» 3/980, 981; 4/929; 5/395  
Хромомиион 2/972  
Хромоны 1/517–519  
Хромопептиды 1/134, 135; 3/924  
Хромопролеиды 2/280  
Хромосомы 5/636, 619, 770; 3/150,  
151, 211, 299, 587; 4/495, 496, 1243  
Хромосорбы 1/918  
Хромотроповая кислота 5/636, 274,  
610, 720; 2/1217; 3/127, 386; 4/397  
Хромозофоры 2/5, 446, 975, 978–981;  
3/167, 773; 4/536–538, 783, 784;  
5/65, 540–542, 545, 651, 788, 885,  
886  
Хромоцен 3/91; 5/635, 712  
Хромошипиды 5/608, 788, 789  
Хромпик 1/419, 459, 489, 541, 668;  
2/567; 3/1012, 1039; 4/726. См. также  
*Калий, дихромат*  
Хромпикотит 5/788  
Хромпиразолы 5/636, 637; 1/336;  
3/1036  
Хромсерные кислоты 5/619  
Хронометрия 5/637, 638  
Хронокодуктометрическое титрова-  
ние 2/896  
Хронопотенциометрия 5/638, 639;  
2/194  
Хрупокость 2/286; 3/144, 145; 4/994  
водородная, см. *Водородное охруп-  
чивание*  
минералов 3/166, 167  
полимеров, температура 5/639, 640;  
3/1116, 1118, 1119  
Хрусталль 4/837, 838  
горный, см. *Горный хрусталль*  
ХСПЭ, полиэтилен 2/707, 708  
ХТС, см. *Химико-технологические си-  
стемы*  
Хуанг–Мишона модификация 2/751  
Хуэра–Ранга метод 5/133  
Художественные краски 2/799, 821,  
1278, 1296; 3/313, 1009, 1011, 1012;  
5/62, 67  
Хунда  
правила 5/640, 819; 2/905, 1058;  
3/288  
случай связи 5/641; 4/797  
Хундикера реакции 5/641, 642  
4-ХФУК, кислота 5/585–587  
Хэта правило и фазы 3/75, 76  
Хэммонда постулат 5/642; 4/422  
Хэсса метод 3/531, 557  
Хюккеля  
метод 5/642, 643, 644, 876, 877;  
2/794; 3/223, 235, 787; 4/419, 420  
правило 1/312, 376, 1062; 5/643  
системы 1/376, 378, 379  
тип переходного состояния 3/964  
Хюккеля–Мёбиуса теория 4/858  
Хюнига  
основания 3/832  
реакция 1/1162



- 537; 3/91, 99, 243, 1128, 1129, 1132, 1133; 4/910, 943; 5/760, 766
- Цвет(а)**  
 бато- и гипсохромный сдвиги 2/99, 174, 1082; 4/751, 767; 5/360, 384, 646, 649  
 воспроизведение и деление 5/323–326  
 измерение, см. *Колориметрический анализ, Цветометрия*  
 индикаторы 2/221  
 кварков 5/931  
 массовые 2/993  
 побояности 3/243  
 температура 5/315, 316
- Цветность**. См. также *Цвет, Цветные материалы, Цветные методы, Цветные реакции, Цветометрия*  
 кристаллов 3/434  
 нагретых тел, см. *Пирометры*  
 соединений органических 5/645, 52, 441, 646–651; 1/88, 366, 918, 943; 2/150, 975, 976, 981; 3/447, 675; 4/751, 783, 1116  
 – переходных элементов 3/949
- Цветная фотография**, см. *Фотография цветная*
- Цветные материалы**  
 для фотографии, см. *Фотографические материалы, Фотография цветная*  
 дымы 2/240. См. также *Сигнальные составы*  
 индикаторы 1/1099; 2/1083  
 красящие, см. *Красители, Краски, Крашители, Пигменты*  
 стеклянные, см. *Стекла*  
 цементы 2/255
- Цветная металлургия**, см. *Металлургия, Цветные металлы*
- Цветные металлы** 5/651, 652; 3/96, 144, 145, 695, 1000, 1001; 4/436, 560, 594, 806
- Цветные методы (процессы)**  
 анализа, см. *Колориметрический анализ, Цветные реакции*  
 анодирование 2/1000
- Цветные реакции**. См. также *Индикаторы*, методы определения отдельных химических элементов и их соединений  
 Адамкевича 1/35, 475; 5/1  
 биуретовая 1/566, 393, 475, 989, 1123; 2/476; 3/930  
 в органическом анализе 3/795. См. также *Реагенты органические*  
 для экспресс-тестов 5/818, 819  
 и интенсивности окраски, см. *Колориметрический анализ*  
 индофениновая 4/621, 1120  
 ксаитопропеновая 2/1086, 476; 1/475; 4/1170; 5/121  
 Либермана 3/539, 542  
 Пауля 3/893; 1/475, 1123; 4/1170  
 проба Бейльштейна 1/468, 469, 949 – Лассея 2/1148  
 Сакагучи 4/568; 1/362, 363  
 «талейхиная» 5/522  
 Эрлика 5/970
- Цветометрия** 5/652, 646, 653. См. также *Колориметрический анализ*
- Цветохромы** 1/918
- Цвиттер-ионы** 5/653, 654, 736, 987; 2/871, 1190; 3/48, 63, 930, 1018, 1166, 1167; 4/900, 1146. См. также *Бетаины, Илиды*
- Цедрилацетат** 5/654
- Цедрол** 5/654
- Цезиант** 1/603
- Цезий** 5/654, 657, 890, 937, 938; 2/504; 3/165  
 азид 1/72  
 амаыгама 5/659  
 амид 1/231; 5/655
- галогениды 5/657, 162, 655, 656, 658, 754; 1/978, 1114; 2/445, 481, 492, 506, 510, 641, 716, 1209, 1237; 3/57, 599, 774, 776, 914, 1238; 4/329, 558, 563, 627, 782  
 гидриды 1/220, 591; 5/655  
 гидроксид 1/460, 655, 657–659  
 интерметаллиды 1/331, 332; 3/348, 409, 655, 684  
 карбиды 4/586; 5/655  
 карбонат 2/864; 5/657, 658  
 металлаты 1/569; 2/1088, 1090, 1329, 1331; 3/307, 424; 4/99, 437, 466, 533, 557, 1112; 5/609, 659, 695, 696, 862  
 нитрид 5/655, 656  
 нитриты 3/517  
 озонид 3/658, 971; 5/655  
 оксид(ы) 5/658, 654–656, 659, 971–974  
 определение 1/737, 1061; 2/710; 5/335, 656, 695  
 перманганат 2/1277  
 пероксодат 3/979  
 перхлораты 3/986–990  
 получение 1/1019; 2/565, 580; 3/413, 751, 1069, 1238; 4/556, 557; 5/366, 655–657, 923, 926  
 применение 5/656  
 свойства 1/411; 2/383, 504, 505, 560, 767, 1181; 3/142, 955, 957, 958, 1092, 1093; 4/152, 319, 321, 325, 337, 431, 555, 556, 814, 848, 1022; 5/654–656, 658, 797, 798  
 соединения межгалогенные 3/1237, 1238  
 – органические 1/1194; 2/986; 4/804; 5/655  
 сульфаты 3/599; 4/627, 920; 5/657, 862  
 сульфит 4/921  
 фосфаты 5/247, 252  
 фосфид 5/655  
 халькогениды 4/1022; 5/655  
 хлорат 5/560  
 хлорит 5/564
- Цейзе соль** 2/930; 3/80, 1130  
**Цейзея метод** 5/659, 1007; 2/6; 3/127, 796
- Цейлоинт** 5/788
- Цейлонский графит** 1/1190
- Целестин** 4/874, 875
- Целестит** 4/874
- Целестолит** 3/292, 293
- Целион** 5/49
- Целкон** 4/63, 64
- Целлидор** 5/1001
- Целлобиогидролазы** 5/661
- Целлобиоза** 5/661–663
- Целлобоза** 3/718
- Целлогены** 4/134
- Целлозайс** 3/718
- Целлозойлы** 5/659, 660, 981, 991, 1007; 2/627, 994; 3/994
- Целлолигнин** 1/1103
- Целлофан** 5/660, 661; 1/644; 2/221, 1086, 1092; 3/1135, 1137–1139; 4/199
- Целлофлекс** 3/1139
- Целлюлоид** 1/1175; 2/359, 601; 3/1117; 5/667, 1001
- Целлюлозы** 5/661, 662; 3/156
- Целлюлоза** 5/662, 38, 515, 661, 663–665; 1/262, 859, 1005; 2/1164  
 ацетаты 5/665, 7, 235, 313, 660, 664, 666, 667, 724, 865, 979, 1001, 1007; 1/402, 424–427, 437; 2/221, 741, 978, 993, 1103; 3/114, 290; 4/38, 195, 200, 291, 507, 589. См. также *Ацетицеллюлоза*  
 ацетобутираты 2/1296; 4/51, 326, 589; 5/667, 1007  
 беленая 2/989, 1164, 1174; 5/568
- варка 1/903, 1062, 1078, 1132; 2/225, 1164; 3/362–364; 4/165, 714, 903, 920, 921; 5/664, 665, 995  
 волокна, см. *Волокна природные*  
 высших растений и водорослей 1/800–802, 1078; 2/634; 4/35  
 древесная 1/620, 680, 730, 731, 1078; 2/634; 3/64. См. также *Полуцеллюлоза*  
 и хитин 5/546, 547  
 ксантогениаты 1/730, 731; 2/1086; 4/654. См. также *Высокая мерсеризация* 1/730  
 метаболитизм 3/614–616  
 модификации 1/1006; 5/663. См. также *Гидратцеллюлоза*  
 монокристаллы 4/392  
 небеленая 1/386; 2/989  
 нитраты 5/666, 660, 664, 667, 724, 961, 1001, 1006, 1007; 1/151–153, 425, 437, 453, 607, 705, 706, 717, 788; 2/126, 808, 996; 3/114, 290, 445, 1139, 1140; 4/135, 200, 291. См. также *Нитроцеллюлоза*  
 предсозревание и созревание 1/730, 731  
 применение 2/422, 504; 3/1268; 4/398, 1013; 5/39, 665  
 свойства 1/610, 757, 859, 1100, 1102, 1103, 1154; 2/40, 223, 464, 994, 1278; 3/3, 34, 101, 712, 719, 730; 4/34, 36, 196, 392, 849; 5/57, 306, 662–664, 710  
 смазки 3/1125  
 сульфатная, см. *Сульфатный целлоксудфитный*, см. *Сульфитный целлоксудфитный* 2/634; 3/64, 127; 5/584, 999  
 эфиры 5/667, 664–666, 668, 669, 981, 1006, 1007; 1/48, 65, 334, 652, 789, 1001, 1002, 1207; 2/40, 92, 629, 633, 634, 639, 1014, 1080, 1296; 3/253, 527, 902, 1088, 1116, 1135, 1136, 1139, 1140, 1168, 1264; 4/91, 840, 1013, 1204  
 – метиловые, см. *Карбоксиметилцеллюлоза, Метилцеллюлоза*  
 – оксимационные, см. *Оксипропилцеллюлоза, Оксипропилцеллюлоза*  
 – этиловый, см. *Этилцеллюлоза*
- Целлюлозоэпиглюколевая кислота** 2/633, 634
- Целлюлолитические ферменты** 5/661, 662
- Целлюлосомы** 5/662
- Цельзиан** 2/733; 3/1192
- Цельсия шкала** 4/1076, 1077
- Цембрэн** 2/284
- Цементация** 5/669, 451, 452, 750; 1/833; 2/201, 232, 259, 260, 273, 445, 553, 1154; 3/7, 93, 475, 819; 4/321, 550, 808, 975
- Цементит** 2/255–257, 259, 271, 272
- Цементы** 5/669, 164, 172, 670–673; 1/454, 468, 544, 545, 716, 788, 870, 871, 975; 2/227–229, 255, 322, 348–350, 356, 582, 588, 606, 776, 800, 805, 806, 1246, 1248, 1319, 1320; 3/368, 439, 863, 1117, 1118, 1265; 4/138, 289, 333, 414, 679, 681, 752, 833, 834, 920, 1041. См. также *Портландцемент*
- Цена деления шкалы прибора** 1/686; 3/639
- Централиты** 1/453; 2/934
- Центрифугирование** 5/673, 62, 674–677; 1/475, 708, 1105, 1106; 2/148, 392, 393, 791, 858, 859; 4/637, 819, 952
- Центробежные методы**  
 осаждение 4/282, 285, 286  
 формирование полимеров 4/7, 11, 15; 5/233, 235
- Центробежные устройства**  
 вентиляторы 2/881  
 дистилляционные 2/165  
 каплеуловители 2/614  
 компрессоры 2/884–886  
 мельницы 2/353–356; 4/139  
 насосы 3/340–342  
 сепараторы 1/931; 2/614  
 смесители 4/737  
 форсушки 4/346, 347  
 центрифуги 5/673–677  
 циклоны 2/614; 4/629  
 экстракторы 4/611; 5/832, 833
- Центры**  
 адсорбционные 2/230, 231, 688  
 активные каталитические, см. *Катализаторы*  
 – полимеризации 3/1266  
 Брэнстеда 1/1056, 1057; 2/664; 5/679, 680  
 донорные в лигандах 2/1172  
 карбанионные 2/620  
 карбатионные 2/627, 628  
 Льюиса 1/1056; 5/679, 680  
 окраски 5/678; 2/1123  
 хиральные 2/363; 5/538
- Цеолиты** 5/681, 368, 682, 982; 1/52, 59, 62, 221, 754, 797, 897, 901–903, 1034, 1036, 1054, 1078, 1090, 1091, 1107; 2/13, 118, 210, 326, 327, 665, 667, 677, 797, 1093; 3/119, 122, 344, 361, 838, 967, 1065; 4/674, 679, 681, 699, 834, 967, 1005  
 катализаторы 5/679, 680–682; 2/674–676, 680
- Цепи(ь)**  
 дыхательная 3/668–671  
 как структурные фрагменты 2/1055, 1263–1266, 1322–1325; 5/246–248, 287. См. также *Силикаты, Фосфаты*, отдельные соединения и их группы  
 превращения, см. *Цепные реакции* и их стадии, *Ядерные реакции*  
 хемолазерные 2/1123, 1125–1127  
 эластические активные 4/662  
 электрохимические 5/917, 918; 2/429; 3/23; 4/154, 819–821, 1030
- Цепные реакции** 5/682, 683–685; 1/1158; 3/346; 4/309, 721  
 в атмосфере и стратосфере 5/684  
 в звуковых полях 5/60, 62  
 в полимерах 2/38; 4/252, 814, 815, 821  
 взрывные, см. *Взрывные реакции*  
 виды и стадии 2/466, 755; 3/1256, 1257, 1266; 4/305–308, 311, 1026, 1027; 5/682–687. См. также *Инициаторы радикальные*  
 внедрения, см. *Теломеризация*  
 воспаменение 1/688, 689, 828, 829  
 галогенирование 2/755; 5/682–684  
 гетерогенно-каталитические 2/663, 755  
 горение 1/1164; 2/432, 433, 755; 4/755  
 деления апер 5/1022  
 и озонирование 3/660  
 и хемилуминесценция 5/446  
 ингибиторы 2/432, 433, 756; 3/545.  
 См. также *Яды каталитические*  
 квазиэстацонарные 2/715  
 квантовый выход 5/350, 357  
 колебательные 2/850  
 механизмы 3/140  
 неравновесная кинетика 3/429  
 неразветвленные 2/755, 756; 3/140; 5/685, 686, 689, 692  
 низкотемпературные 2/1034  
 окислительные 2/313, 433, 755; 3/79, 146, 666; 4/165; 5/548, 682–688, 690, 692  
 период индукции 2/753, 754; 3/954  
 пиролитические, см. *Пиролит*

- полимеризация 2/698, 755; 3/516, 1266; 4/70  
 – радикальная, см. *Радикальные реакции*  
 порядок 4/149  
 прямой синтез соляной кислоты 4/755  
 радиационно-химические 4/293  
 радикальные неполимеризационные 2/313; 3/79, 146, 545, 666, 1062; 4/164, 165, 413, 415, 814, 815, 1123  
 разветвленные 1/18; 2/755, 756; 3/429; 5/686–692  
 самоускоряющиеся 1/18; 2/231; 5/689–692. См. также *Автоокисление*  
 твердофазные 4/413  
 тугоплавные 2/1034  
 фотохимические 3/181; 5/339, 340, 355, 682  
 хемолазерные 2/1123, 1125–1127  
 ядерные 5/1018, 1022
- Цепорекс** 5/697  
**Цепорин** 5/697  
**Церазин** 5/693  
**Церамидаминоэтилфосфонаты** 5/314  
**Церамидпирофосфат** 5/315  
**Церамидфосфаты** 5/271, 314, 315  
**Церамидфосфоаминопропандиолы** 5/314  
**Церамидфосфоглицерины** 5/314  
**Церамидфосфоглицерофосфаты** 5/314  
**Церамидфосфоинозитид** 5/314  
**Церамидфосфозаноламины** 5/314  
**Церамиды** 5/692, 315, 693; 1/979, 980, 1137, 1140; 2/1190, 1191; 4/968  
**Цераминиды** 4/968  
**Цереброзиды** 5/693, 692; 1/1137; 2/1189–1191; 3/49  
**Церевитинова метод** 5/693; 1/1205; 2/648, 1236; 3/795; 4/803  
**Церезин** 5/693, 694; 1/825–827; 2/34, 208, 312, 601, 901, 1318; 3/347, 446, 995, 996, 1125; 4/34, 725, 1163  
**Черный** 5/694, 938; 4/192, 584  
 галогениды 4/436, 437; 5/695, 696  
 интерметаллиды 1/1081, 1082; 2/486; 4/684  
 карбид 2/624  
 карбонат 5/695  
 металлаты 2/1226; 3/516, 969; 5/631, 632  
 нитрат 2/1024; 5/695, 696  
 оксиды 3/409; 4/156, 157, 435, 436, 438, 586; 5/695, 696, 861  
 определенные 1/242, 670, 1116; 2/1104, 1224; 3/703; 4/396, 397, 972; 5/694, 695, 867  
 органические соединения 1/169; 2/110, 203, 1147, 1148; 3/713, 767; 5/383, 695, 721  
 получение 2/1146; 4/435, 1257; 5/298, 651, 695, 696  
 применение 1/1063; 2/257, 1226; 4/669, 670; 5/197, 696, 920  
 свойства 1/341, 486, 1060, 1159; 2/383; 3/409, 955, 957, 958, 961; 4/318, 321, 331, 337, 431–434, 570; 5/118, 121, 163, 384, 694, 695, 865  
 сплавы 1/214, 216; 2/250, 537, 1249; 3/482, 484, 497; 5/696  
 сульфат 5/695  
 халькогениды 4/585, 618, 619, 910  
 цианид 5/703
- Чернопирохлоры** 3/1077  
**Чернуин** 1/146  
**Черулоплазин** 1/484  
**Черуссит** 2/639; 4/591  
**Цеталит** 4/555  
**Цетан** 3/345; 5/696
- Цетановое число** 5/696; 1/234, 643; 2/102, 103, 679, 1102; 3/117, 278, 448, 462, 464, 507; 4/174  
**Цетилацетоуксусный эфир** 4/833  
**Цетиловый эфир** 3/876  
**Цетилпиридиний** 1/339; 3/287, 1047, 1058  
**Цетилтриметиламмоний** 2/1090, 1145; 3/185, 186, 287, 1058  
**Цетин** 1/826  
**Цетопрокол** 5/697  
**Цефазолин** 5/697  
**Цефаклон** 5/697  
**Цефалексин** 5/697  
**Цефалоридин** 4/1158; 5/697  
**Цефалоспоровые кислоты** 5/697  
**Цефалоспорины** 5/697, 111, 698, 699; 1/71, 320; 2/1134; 3/385, 928; 4/634  
**Цефалотин** 4/1158; 5/697  
**Цефамандол** 5/697, 698  
**Цефамицины** 2/1134  
**Цефатразин** 5/697  
**Цефбуперазон** 5/698  
**Цефиксим** 5/698  
**Цефменоксим** 5/698  
**Цефметазол** 5/698  
**Цефокситин** 5/698  
**Цефоперазон** 5/699  
**Цефотаксим** 5/693, 698  
**Цефпиримид** 5/699  
**Цефтазидим** 5/698, 699  
**Цефтриаксон** 5/698  
**Цефуроксим** 5/697, 698  
**Циамелид** 5/705  
**Циамеллуровая кислота** 3/37, 38  
**Циан** 5/699, 43, 700–702, 795, 796. См. также *Дициан*  
**Цианазин** 1/1033; 5/979  
**Цианакрилаты** 2/807  
**Цианалы** 5/700, 383; 2/978  
**Цианамид(ы)** 5/701, 588, 702, 709; 1/362, 968; 2/6, 205, 402, 591, 620, 697, 870; 3/34, 280; 4/1140  
**Цианамидины** 4/1249  
**Цианатная кислота** 5/704. См. также *Циановая кислота*  
**Цианаты**  
 неорганические 5/701, 129, 702, 705; 1/682; 2/572, 573, 620; 3/370. См. также *Псевдогалогениды*  
 органические, см. *Изоцианаты*  
**Цианазетамид** 1/188, 742, 980; 2/1276; 5/707, 708  
**Циангалогениды** 1/605, 968; 2/944; 3/516  
**Циангемоглобин** 4/696  
**Циангидрины** 1/328, 439, 440, 1116; 2/331, 746, 752; 3/516, 604, 700, 707, 708; 5/222, 793. См. также *Оксидитрилы*  
**Циангуанидин** 1/1209, 1210; 2/205  
**Цианидин** 1/347  
**Цианидирование**, см. *Цианирование*  
**Цианиды**. См. также соединения элементов и их групп  
 неорганические 5/702, 208, 588, 699, 700, 703, 785; 1/974–977; 2/183, 373, 374, 378, 403, 573, 591, 655, 863; 3/71, 512, 708; 4/482, 696, 1166. См. также *Псевдогалогениды*  
 определение 2/522; 3/969; 4/549; 5/151, 431  
 органические, см. *Изонитрилы*, *Нитрилы*  
 токсичность 2/242; 3/113; 5/703. См. также *Калий, цианид «черный», см. Цианлав*  
**Цианиновые красители** 1/238, 347, 492, 511, 527; 2/179, 180, 1228; 3/62, 129, 785, 817; 4/625, 626, 1117, 1118; 5/527
- Цианирование** 5/703, 450, 451, 669, 704, 707; 1/974; 2/333, 334, 336, 565, 863, 943, 1154; 3/370, 502; 4/640, 1201  
**Цианитоводородная кислота**, см. *Синильная кислота*  
**Цианистый водород** 1/93, 117, 138, 439, 440, 487, 642, 1116, 1191, 1216; 2/342, 845; 3/101, 115, 116, 561, 1055; 4/223, 695, 696, 972, 1100; 5/222, 224, 416, 450, 523, 699, 700, 704, 986, 991. См. также *Синильная кислота*  
**Цианистый калий**, см. *Калий, цианид*  
**Цианметилирование** 2/213; 5/987  
**1-Циано-2-амино-1-циклопентен** 1/47  
**1-Цианоаргентаты** 4/639  
**Цианоаураты** 2/333  
**Цианобактерии** 5/343  
**m-Цианобензиламин** 5/381  
**Циановая кислота** 5/704, 88, 701, 705, 708; 1/566, 683, 968; 2/573; 3/37; 4/1253  
 соли, см. *Цианаты неорганические хлорангидрид, см. Хлорциан*  
**Цианоген** 1/1191  
**Цианогруппа** 2/282, 779, 945, 946, 1154; 3/290, 510, 512, 513, 573; 5/704, 705  
**Цианооксидины** 3/225  
**Цианоонопропильные радикалы** 1/80; 4/309  
**Цианообаламины** 1/743  
**2-Цианоокоричная кислота** 3/538  
**α-(Цианоометоксимино)-α-фенилацетоитридил** 1/329, 330  
**1-Цианоафталин** 3/516; 5/568  
**8-Цианоафталин-1-сульфокислота** 2/315  
**Цианоникелаты** 3/474  
**4-Циано-4'-октилтерфенил** 2/287  
**Цианоолефины** 3/515  
**Цианоорганоцианы** 3/800  
**Цианоорганостоксидилы** 1/172  
**Цианопиридины** 1/243; 3/512, 673  
**Цианотипия** 5/339  
**Цианоуглероды** 5/705, 706  
**2-Цианофенилтиогликолевые кислоты** 2/315  
**Цианоформ** 2/1276  
**Цианофос** 2/470; 3/708  
**Цианофосфорная кислота, эфир** 4/971, 972  
**2-Цианофуран** 5/428  
**4-Цианохинолины** 5/526  
**2-Циано-2-(1-циклогексенил)пропионовая кислота** 1/999  
**4-Цианоциклопентен** 4/169  
**Цианозтановая кислота**, см. *Циануксусная кислота*  
**Цианлав** 5/706, 703, 707; 2/342, 696  
**Цианпирен** 5/86  
**α-Циантолуол** 1/497  
**Циануксусная кислота** 5/707, 584, 708; 2/813, 1274; 4/277  
 амид, см. *Цианазетамид*  
 эфиры 1/228, 455, 980; 2/1081; 3/109, 131; 5/707, 708, 1059  
**Цианураты** 1/1071; 5/701, 708  
**Циануралогениды** 1/128, 353, 969; 2/81, 422; 3/34; 4/892, 1170, 1248–1250; 5/588, 708  
**Циануровая кислота** 5/708, 701, 705; 1/566; 2/573, 620; 3/34, 38, 280, 281, 370; 4/1249  
 азид 2/466; 4/1250  
 амид 3/33–35; 5/708  
 галогензамещенные, см. *Цианургалогениды*  
 соли, см. *Цианураты*  
**10-Цианэтилен-9-антрон** 1/358  
**Цианэтирование** 5/709, 710, 987; 1/117, 131, 988  
**2-Цианэтилметакрилат** 1/630  
**β-Цианэтилметилдихлорсилан** 3/799
- трис-(2-Цианэтил)фосфин** 4/1102, 1263; 5/14  
**Цианэтилцеллюлоза** 1/118, 1134; 5/664, 667, 668  
**Цианбалам-аркие красители** 1/129  
**Цианбаны** 2/1095  
**Цианбланы** 2/1097  
**Цибет** 2/238  
**Цибетон** 3/291, 292  
**Цигалотрин** 3/1041, 1042  
**Цигексатин** 1/108; 3/763  
**Циглера реакция** 5/710, 711, 712, 774; 2/111; 4/304, 1258  
**Циглера-Натты катализаторы** 5/712, 15, 711, 713, 982, 983, 992; 1/176, 210, 631–633, 639, 1083; 2/93, 98, 376, 673, 674, 921, 922; 3/78, 79, 103, 159, 444, 739, 1220, 1224, 1226, 1268; 4/22, 30, 31, 62, 198, 850, 856, 857, 1089, 1185  
**Циказии** 3/294  
**Циквалон** 2/277  
**Цикл(ы)**  
 ансамбли 1/141  
 Борна-Габера 4/814  
 Бредта правило 1/606, 607  
 Гейландта 5/602  
 Гиффорда-Мак-Магона 5/603, 604  
 гликоцилатный, см. *Гликоцилатный цикл*  
 измельчения 2/351, 358  
 Каб(ъ)вина 3/270; 5/347–349  
 Капицы 5/602, 603  
 Карно 4/1028; 5/596  
 классификация 2/351, 358  
 Кребса, см. *Трикарбонных кислот цикл*  
 Кребса-Хензелья 3/809–812  
 метаболические 1/556, 558, 559. См. также *Обмен веществ*  
 лактамный 2/1136–1140  
 мочевны 3/810  
 напряженные молекул 3/330–334  
 обратимые круговые термодинамические 5/593–605  
 ориентировый, см. *Ориентиновый цикл*  
 пентозофосфатный, см. *Пентозофосфатный цикл*  
 получения водорода 1/786  
 расширение, см. *Расширение и сужение циклов*  
 режимы, см. *Циклические режимы*  
 Стирлинга 5/603, 604  
 термохимического разложения воды 2/497  
 типы сочленения 1/372  
 Ферстера 5/338, 352  
 хелатные 5/440, 441  
 холодильные 5/594–605  
 Чугаева, правило 5/441  
 ядерный топливный 5/1030, 76, 1031; 4/320, 1220
- Циклаза** 4/810  
**Цикламаль** 5/713  
**Цикламаты** 3/1090; 4/900  
**Цикламен** 5/713  
**Цикламенальдегид** 5/713; 4/208, 237  
**Цикламовая кислота** 3/1090  
**Цикланы** 5/720, 721  
**Циклены** 5/731  
**Циклизация** 5/713, 145, 224, 526, 527, 534, 714, 1010; 1/960, 1181; 2/83, 111, 116, 135, 347, 398, 413, 456, 457, 460, 462, 743, 815, 1096, 1143; 3/317, 323, 708, 980; 4/274, 799, 899, 909, 1118, 1120  
 аннуляция, см. *Аннулирование*  
 в петлядном синтезе 3/934  
 введение защитных групп 2/325, 326  
 внутримолекулярная, см. *Внутримолекулярные реакции*  
 восстановительная 3/408, 409, 1081; 5/520

- гомологизация 1/1162  
и диспропорционирование 2/157, 158  
и поликонденсация 3/1260, 1261  
и ударные волны 5/53  
имидизация 3/1246  
каталитическая 2/678, 679, 1108, 1109; 3/477, 478, 1129  
конденсация, см. *Циклоконденсация*  
лактонизация, см. *Лактоны*  
матричный эффект 2/986  
межмолекулярная 3/72, 73, 1256; 4/70; 5/713  
окислительная 2/381, 455; 4/801, 803  
по Бишлеру-Напиральскому 1/567, 568; 2/398; 5/714  
по Брунеру 5/197  
по Вейкеру 5/989  
по Ганчу 1/980, 981; 2/858; 4/1118; 5/713  
по Гофману-Лёфлеру 1/1181; 3/1080; 5/714  
по Демьянову, см. *Демьянова перегруппировка*  
по Клайзену-Шмидту 2/787  
по Кнорру 2/814-816; 3/870, 871; 5/713  
по Кэмпсу 2/1108, 1109  
по Михаэлю 3/180  
по Паалу-Кнорру 2/815; 3/870, 871, 1079; 5/713  
по Принсу 4/171  
по Пшорру 4/278, 279  
по Реппе, см. *Реппе реакции*  
по Ружичке 3/1059; 5/713  
по Скраупу 1/248; 3/385, 714; 4/718-720; 5/713  
по Сторку 4/872  
по Торпу-Циглеру 4/1221, 1222; 5/713  
по Фишеру 5/197  
по Циглеру 5/710, 711  
по Чичибабину, см. *Чичибабина реакции*  
присоединительная, см. *Присоединения реакции*, *Циклоприсоединения*  
статистическая 2/695  
термическая 2/618; 4/417  
трансанилярная 4/1227; 5/721  
фосфорная 5/314  
фотохимическая 4/417  
элиминирование 1/1180; 2/129; 4/416; 5/738  
Циклизин 1/324, 325  
Циклотол 5/714, 715  
Циклиты 5/717, 718  
Циклические источники излучений 2/502  
Циклические методы амперометрия 1/809  
полярография 4/127  
Циклические процессы абсорбционные 1/11-14  
адсорбционные 1/62  
режимы 5/715, 716-719  
фотохимические, см. *Электроциклические реакции*  
Циклические соединения 5/719; 1/1180; 2/10, 170, 1326-1328. См. также индивидуальные представители и их группы  
алифатические, см. *Алициклические соединения*  
ароматические, см. *Ароматические соединения*  
гетероатомные, см. *Гетероциклические соединения*  
карбопроизводные, см. *Карбоциклические соединения*  
катионы 2/694, 695; 1/444; 3/787; 4/540, 858, 1214, 1215; 5/538, 719  
конформации молекул 2/909, 910  
мостиковые, см. *Мостиговые соединения*, *Циклофаны*  
нефтей 3/458-465  
полиэдры, см. *Полиэдрические соединения*  
ротаканы 4/450, 858, 1215; 3/787; 5/719  
Циклические химические элементы 1/1015  
Циклоаддукты 5/9  
Циклоазохром 5/719, 720  
Циклоалифатические соединения, см. *Алициклические соединения*  
Циклоалкалены 1/141; 2/98-102  
Циклоалканкарбоновые кислоты 1/141; 2/1275  
Циклоалканолы 1/141, 1025; 4/313; 5/733  
Циклоалканоны 1/141; 2/344; 3/546; 4/313, 1190, 1191  
Циклоалкалоиноны 3/723  
Циклоалканы 5/720, 142, 607, 719, 721, 722, 731-733, 738; 1/141, 142, 307, 379; 2/14, 670, 671, 697; 3/330, 331, 407, 408; 4/1074, 1227  
Циклоалкены 1/141, 658; 2/131, 670, 671; 3/331, 531; 4/312; 5/10, 721, 731. См. также *Циклоолефины*  
Циклоалкилбораны 1/594, 595, 599, 600  
Циклоалкины 1/141; 3/331  
Циклоалкоксильные радикалы 4/313  
Циклоамилоза 2/988, 989  
Циклоаминирование 2/83, 1138  
Циклоартенол 4/860  
Циклоат 1/1030  
Циклоацетат 1/651  
Циклоацилоины 1/444  
Циклобарбитал 1/999  
Циклобутанен 1/312, 313, 376, 676; 2/275; 3/251; 4/47; 5/721  
комплексы переходных металлов 5/721; 2/275; 3/82, 477, 875, 1131  
Циклобутаны 1/142, 174; 2/366, 1272; 3/330, 331, 964; 4/515, 1212; 5/355, 720  
галогензамещенные 5/721  
1,2-дикарбоновая кислота 3/571  
1,3-дион 2/740  
Циклобутанол 5/356  
Циклобутанон 2/741; 4/1213; 5/737  
Циклобутенонидгидропиразолы 2/65  
Циклобутены 2/741  
Циклобутены 1/841-843; 3/331, 477, 724; 4/641; 5/721, 731-733, 738, 927, 928  
Циклогексадиениды 1/531, 532  
Циклогексадиенильные радикалы 4/311  
Циклогексадиенины 1/369  
Циклогексадиеноны 1/371; 3/915  
Циклогексадиены 1/432, 1163; 2/1288; 3/915; 4/512, 566  
1,3-изомер 5/721, 722; 2/97, 99  
1,4-изомер 1/69, 512, 542; 5/722  
комплексы переходных металлов 2/97; 3/84; 5/905  
Циклогексан(ы) 5/722, 36, 56, 133, 358, 720, 721, 724, 736; 1/5-8, 46, 119, 374, 375, 416, 512, 513, 633, 684, 754, 831, 1163; 2/108, 221, 297, 615, 637, 846, 907, 912, 913; 3/330, 333, 378, 380, 462, 533, 574, 580, 726; 4/69, 257, 363, 421, 501, 969, 1074  
Циклогексаидикарбоновые кислоты 2/83  
Циклогександиолы 3/46; 4/448  
1,2-Циклогександион 5/722  
диоксим 5/722, 723  
Циклогександионы 4/426, 1107  
Циклогексанкарбальдгид 5/733  
Циклогексанкарбоновые кислоты 2/616, 643; 5/733  
Циклогексанохраун-эфиры 2/984, 985  
Циклогексанол 5/723, 133, 446, 722, 724; 1/46; 2/131; 4/34, 286, 801, 802, 804, 854  
Циклогексанон 5/723, 127, 133, 236, 543, 722, 724; 1/46, 141, 464; 2/71, 248, 369, 615, 618, 744, 745, 909, 997; 3/492, 994, 1223; 4/51, 92, 396, 981  
оксим 1/469, 1094; 2/615; 3/701, 703  
Циклогексантиол 4/1136  
Циклогексантриолы 4/1269  
Циклогексантроны 4/1269  
Циклогексен 1/46, 187, 628, 1163; 2/909, 911; 3/407, 875, 964, 1177, 1178; 4/288, 1095, 1108; 5/731, 733  
1,3-Циклогексендион 1/1026  
Циклогексенилацетат 5/724  
5-(1-Циклогексенил)-1,5-диметилбарбитуровая кислота 1/999  
Циклогексенилциклогексанон 5/127  
Циклогексеносид 3/731; 4/288  
2-Циклогексеиолацетат 1/187  
Циклогексил 3/569  
Циклогексилламин 1/306; 2/118, 620, 777; 5/521  
N-Циклогексил-2-бензотиазолсульфенамид 1/630, 634, 636, 846; 2/377; 3/62  
2-Циклогексил-4,6-динитрофенол 3/563  
4-Циклогексилденциклогексанон 5/724  
Циклогексизопропилбензолгидропероксид 1/636  
Циклогексидиоцианат 2/401  
Циклогексилнитрат 3/278  
Циклогексильный спирт 4/801, 802. См. также *Циклогексанол*  
Циклогексилсульфаминовая кислота 4/900  
Циклогексил-*n*-терфенилы 4/1095  
N-Циклогексилтиофталмид 1/847  
Циклогексилжорид 1/946  
Циклогексимид 5/422  
Циклогексадеканон 3/291  
9-Циклогексадеценон 3/291, 292  
Циклогептан 2/910; 3/407; 4/744, 969; 5/20, 720  
Циклогептанон 2/71; 4/257; 5/724  
1,3,5-Циклогептатриен 5/724, 20-22, 634, 725; 2/1288; 3/579  
Циклогептатриенилы 5/20  
Циклогептен 3/407; 5/724  
Циклогептидратация 2/11; 3/1038; 4/26; 5/197, 714, 943  
Циклогептидрогалогенирование 3/732; 5/714  
Циклопекан 4/607; 5/720, 721  
Циклодекстрины 2/31, 798, 988; 3/347, 749; 5/724  
Циклодецен 4/1227; 5/732  
Циклодиазидифосфетидины 2/764  
Циклодиазометан 2/68, 69  
Циклодиены 2/274, 275; 3/444; 5/928  
Циклодимеризация 1/841; 2/643, 644, 740, 741; 3/251, 964, 985, 986  
Циклодифосфазаны 5/240, 241  
Циклододеканон 5/725, 720, 726  
Циклододеканол 5/725, 726  
Циклододеканон 3/291, 726  
1,5,9-Циклододекатриен 1/143, 185, 628; 3/476; 5/725, 731  
Циклододецен 5/731, 733  
Циклодол 4/238  
Циклокарбонаты 5/239  
Циклокетонизация 5/713  
Циклолаины 5/967, 968  
Циклоконденсация 1/980, 981; 2/8, 22, 787, 858; 3/1074; 4/529; 5/713  
по Дёбнеру-Миллеру 2/1081  
по Неницеску 3/408  
по Чичибабину 2/1081; 5/778  
Цикло-лиазы 2/1169, 1170  
Циклолинейные полимеры 1/175; 2/1014, 1016, 1017  
Циклометаллирование 2/537, 651, 873, 874; 3/72, 874; 4/534, 565  
Циклольз 5/726; 3/178  
Циклонит 1/1000  
Циклононан 5/720, 721  
Циклононанон 4/607  
Циклононии 1/141  
Циклоны 5/726, 727-729; 1/898, 931, 1104, 1105; 2/614, 683, 791; 4/282, 283, 285, 286, 629  
Циклооксигеназа 1/296; 4/211, 212  
1,5-Циклооктаден(ы) 1/143; 2/97, 374; 3/104, 476, 736, 875; 5/634, 733  
Циклооктан 2/108, 910; 3/331; 5/720, 729  
Циклооктанолы 4/1227; 5/729  
Циклооктанон 1/64  
Циклооктатетраен 5/729, 83, 634, 763; 1/143, 313, 430, 987; 2/98, 1147, 1328; 3/79; 4/300, 501, 1227  
Циклооктен 1/392; 3/104, 331; 5/729-731  
Циклооктил 1/1030  
Циклооктилтриметиламонийгидроксида 1/392  
Циклоолефины 5/731, 341, 439, 732, 733, 976; 2/82, 623, 671, 674, 935; 3/104, 406-408, 444, 1058  
каучуки 5/729, 730, 731, 735  
Циклоолигомеризация 1/433; 2/986, 1327, 1328; 3/104, 477, 478; 4/501  
Циклоорганополистанианы 3/762, 763  
Циклопарафины 5/720, 721. См. также *Циклоалканы*  
Циклопентадеканон 5/720  
Циклопентадеканон 3/291, 292  
1,3-Циклопентадиен 5/733, 165, 166, 414, 532, 635, 734-736; 1/105, 141, 709, 823, 998, 1216, 1217; 2/93, 99, 100, 111, 205, 206, 376, 746, 777, 1054, 1148; 3/45, 46, 82, 251, 390, 407, 444, 534, 579, 582, 1031, 1061; 4/468, 976, 1160  
Циклопентадиены 2/100, 1172; 5/83  
Циклопентадиенилден 2/622  
Циклопентадиенильные соединения  
комплексы переходных металлов 5/734, 83, 165, 415, 634, 635, 735, 763; 1/597, 676, 823, 824, 987; 2/98, 182, 274, 362, 674, 830, 919, 1147, 1148, 1288; 3/82, 91, 92, 251, 252, 477, 478, 493, 494, 735, 826, 875, 1131; 4/468, 552, 566, 596, 641, 976, 986, 1113, 1184, 1185. См. также *Металлоцены*, *Ферроцен*  
фульвены 5/413, 354, 414, 415, 734; 1/375, 377, 512, 823; 2/746  
Циклопентадиенон 1/433  
Циклопентан 2/108; 3/331, 332, 346, 378, 595; 4/69, 169, 256, 257; 5/720, 730, 734, 735  
Циклопентанкарбоновая кислота 3/377; 4/538  
Циклопентаногептадиен 2/438  
Циклопентаон 1/46; 4/1212; 5/573  
Циклопентанопергидрофенантрен 4/864  
Циклопентаносульфенная кислота 3/377  
Циклопентаспиродиклобутан 4/799  
Циклопентафосфины 5/307  
Циклопентен 5/735, 434, 730, 733, 734; 3/331, 332, 731, 1031  
Циклопентены 2/106; 3/324  
Циклопентилденциклопентан 5/735  
1-Циклопентилциклопентен 5/735  
Циклопентин 1/531  
Циклопентиды 1/134; 2/414; 3/923, 924  
Циклопироксоламин 4/228, 229  
Циклополиамины 2/549

- Циклопонины 2/275; 4/1227; 5/643, 644
- Циклополнмеризация 4/51, 70
- Циклополиолефины 4/501; 5/634
- Циклополифосфины 1/964
- Циклоприсоединение 5/736, 9, 705, 713, 724, 725, 737, 738, 783; 1/143, 375, 841–843, 992; 2/129, 360, 361, 372, 373, 420, 626; 3/28, 317, 514, 549, 556, 581, 739, 791, 964, 983, 985; 4/67, 176, 416, 896, 899, 934, 1108 в звуковых полях 5/60
- диполярное 2/403, 404; 3/549, 554, 674, 680, 739, 1045; 4/426; 5/738
- нонное 5/738
- по Дильсу–Альдеру, см. *Диеновый синтез*
- по Патерно–Бюхи 3/891, 892
- по Релле 4/171, 501
- региоселективное и региоспещническое 4/426; 5/736–738
- фотохимическое 2/746; 3/685, 891; 4/208, 1218; 5/733, 737, 738
- хелатропное 5/442, 365, 443
- Циклопропан 5/738, 259, 442, 607, 713, 720, 721, 739, 740, 927; 1/141–143, 180, 379, 597, 1162, 1180; 2/75, 362, 410, 623, 697, 741, 750; 3/330, 334, 507, 672, 874; 4/421, 515, 688, 689, 693, 694, 812
- Циклопропанрование 2/277, 410; 3/739. См. также *Циклопропан*
- Циклопропанкарбоновая кислота 5/740
- Циклопропаноны 2/741; 5/95, 96
- Циклопропен 1/177; 3/331; 5/443, 731–733
- Циклопропенилиден 5/731
- Циклопропенилиди соли 2/1276; 5/732
- Циклопропидилоксан 1/141
- Циклопротрин 3/1042
- Циклораспад 3/964; 5/364, 442, 443
- Циклореакция Принса 4/171
- Циклореверсия 5/738
- Циклосативен 4/659, 660
- Циклосерин 5/740; 1/320, 321, 396; 2/361; 3/924, 927, 928, 937; 4/241
- Циклосилоксаны 2/1013, 1014, 1266; 3/1265
- Циклоспорин  $\Delta$  2/426; 3/934
- Циклостероиды 4/864
- Циклотетрадекагептаен 1/312
- Циклотетрадексан 5/720
- Циклотетрастиленетрагетрами 3/729
- Циклотетраметилентетрагетрамин 1/608
- Циклотетрапептид 2/414
- Циклотридексан 5/720
- Циклотримеризация 2/831; 3/839; 4/53, 163, 195, 501, 1249; 5/725
- Циклотриметилэтринитрамин 1/1000
- Циклотрифосфаты 5/251, 253
- Циклотронный резонанс 5/740, 741, 742; 2/502, 1314; 4/334
- ионный 2/524, 620, 777, 1314; 3/141, 142; 5/741
- Циклоундексан 5/720
- Циклофаны 5/742, 719, 743–745; 3/1262
- Циклофосфазаны 5/242
- Циклофосфазены 5/240–242
- Циклофосфамид 5/745
- Циклофосфан 5/745; 2/95, 426, 605; 4/220, 234
- Циклофосфаты 2/267; 5/255
- Циклофосфиды 5/308
- Циклофрагментация 5/366
- Циклохлораты 5/1051
- Циклоцитриллиденацетоны 2/517
- Циклоэпиминирование 2/129; 4/416; 5/738
- Цикзукосин 5/1054
- Цилидровое масло 4/1115
- Цилорих 1/188
- Цинмантрен 2/1288
- β-D-Цимароза 4/880
- Циметидин 1/324, 325
- Цинниал 1/338
- Циммермана реакция 1/1149
- Цинморы 2/1173
- o*-н-изомеры 3/57, 58
- n*-изомер 5/745, 746, 773, 778; 1/373; 2/600, 1179; 3/57–60, 292; 4/197, 714, 920, 1055, 1091, 1093
- Цинибел 4/247; 5/417, 987
- Циниол 5/746, 1004; 4/1093
- Цинирины 3/1040
- Цинеролол 3/1040
- Цинирубин 1/356
- Цник 5/746, 54, 936, 938; 1/550, 768, 769; 2/1153; 3/170, 849, 857, 1194
- амальгамы 1/222, 223, 436, 530; 2/745, 809; 3/57, 102, 181, 583, 1026; 4/512, 867, 975, 1139, 1193; 5/74, 669, 838
- амид 1/231, 232
- аммины 1/335, 748
- ацетат 5/750, 137, 751; 4/449
- бораты 3/979; 5/400
- галогениды 5/751, 86, 277, 747, 752; 2/325; 3/102; 4/512, 693
- гидриды 1/591; 2/1205; 5/747
- гидроксид 1/1092; 2/436, 779; 3/1011, 1012; 5/632, 748, 752
- гидроксоли 5/748, 752
- интерметаллиды 1/331, 332, 384, 385; 2/480, 481, 483, 484, 1201, 1226, 1331; 3/256, 308; 4/685, 943; 5/747, 748
- карбиды 5/747
- карбонаты 2/637, 639; 5/746, 748, 750, 751
- металлаты 1/206, 383, 823, 1035; 2/322, 1079; 3/1011, 1012; 4/491, 714, 1184; 5/429, 631–633, 656, 746, 748–750, 752
- нитрат 1/96; 3/504, 973; 4/745; 5/750, 752
- нитрид 5/747
- оксид(ы) 5/752, 73, 199, 332, 333, 363, 552, 563, 572, 746, 747, 749–751, 755, 925; 1/111, 136, 138, 335, 338, 437, 645, 646, 846, 870, 901, 904, 974, 1035, 1044, 1045, 1055, 1057, 1110; 2/186, 239, 240, 553, 672, 677, 767, 800, 805, 806, 1003, 1079, 1210, 1226, 1227; 3/89, 370, 698, 775, 906, 907, 991, 1011–1013; 4/42, 109, 129, 142, 283, 444, 502, 503, 550, 588, 592, 627, 673, 706–708, 782, 837, 838, 1191. См. также *Белила*
- определение 1/348, 381, 408, 508, 529; 2/142, 174, 451, 550, 565, 710, 838, 870, 1057, 1090, 1104, 1231; 3/113, 124, 169, 714, 969, 1036, 1058; 4/399, 448, 936, 1126, 1250; 5/19, 149, 151, 637, 719, 750
- органические соединения 5/757, 123, 220, 223, 377, 417, 712, 747, 750, 752, 935; 1/167, 262, 280, 286, 337, 571, 647, 846, 922, 1193; 2/175, 176, 409, 554, 602, 603, 746, 923, 1085, 1086, 1149, 1171; 3/9, 81, 107, 277, 285, 349, 378, 537, 539, 713, 897, 906, 981, 1020, 1036, 1115, 1197; 4/51, 129, 165, 172, 174, 438, 494, 512, 641, 726, 986, 1140, 1148, 1185, 1191, 1253
- пероксид 3/972, 973
- перхлораты 3/360, 652, 990
- полимеры 5/617
- получение 1/977, 1019, 1020, 1103, 1104; 2/84, 87, 164, 177, 552, 573, 580, 1210; 3/4, 7, 9, 89, 93, 412, 475, 637, 698, 1000, 1068, 1069; 4/560, 561, 591, 592, 613, 639, 820; 5/106, 205, 207, 210, 211, 651, 749, 750, 752, 753, 755, 833, 854, 895, 923
- применение 2/949, 1226, 1227, 1240; 3/71, 87, 94, 160, 161, 624, 911, 1221; 4/435, 594, 975, 1007; 5/299, 470, 750, 756, 901, 908, 909, 918, 920. См. также *Цинкование*, *Цинковые материалы*
- свойства 1/191, 401, 527, 726, 833, 947, 956, 965, 972, 998, 1049, 1069; 2/10, 41, 77, 282, 295, 322, 442, 522, 606, 642, 647, 664, 670, 671, 677, 767, 812, 920, 944, 1108, 1155, 1162, 1201, 1227, 1331; 3/57, 74, 75, 96, 97, 99, 111, 126, 244, 255, 305, 432, 502, 522, 527, 559, 561, 565, 691, 949, 955, 957, 958, 1035, 1051, 1079, 1193; 4/99, 258, 349, 512, 513, 550, 593, 671, 693, 694, 745, 751, 803, 813, 895, 916, 923, 946, 973, 1022, 1077, 1106, 1133, 1159, 1160, 1164–1167, 1174, 1204, 1205, 1250, 1251, 1266; 5/5, 7, 16, 20, 44, 74, 125, 140, 142, 159, 195, 243, 273, 385, 410, 432, 704, 724, 740, 746–749, 756, 757, 776, 856
- силикаты 1/337; 2/1226; 4/674; 5/407, 746, 748, 749, 752
- сплавы 5/752, 371, 750, 753; 1/214–216, 343; 2/321, 453, 544, 949, 1112, 1124, 1202, 1249, 1331–1333; 3/71, 475, 518, 755, 754, 758; 4/114, 115, 532, 640, 809, 945
- сульфат(ы) 5/753, 669, 748, 749, 749–756, 838, 918; 1/338, 731, 733, 870, 974, 1049, 1221; 2/321, 552, 1210; 3/412, 583; 4/393
- сульфиды 5/748
- сульфаты 2/710; 5/748
- тиоцианат 5/748
- феррит 2/734; 3/1012; 5/163, 749
- фосфаты 1/1077; 2/310, 1130, 1226; 3/1012; 5/250–252, 748–750
- фосфиды 2/341; 5/256–258, 747, 748
- халькогениды 5/754, 4, 208, 371, 746, 747, 755, 756; 1/901, 1015; 2/77, 221, 370, 443, 710, 831, 1056, 1061, 1225–1227; 3/165, 774, 776, 1011, 1012; 4/24, 46, 109, 111, 112, 555, 560, 598, 617–619, 630, 633, 782, 893, 910, 911, 1022–1024
- хлорат 2/944
- хлорид(ы) 5/756, 5, 6, 16, 57, 86, 142, 195, 367, 369, 372, 449, 567; 1/79, 597, 948, 982, 983, 1084, 1147; 2/8, 19, 236, 239, 274, 278, 697, 889, 1082, 1162, 1210; 3/40, 113, 126, 282, 501, 528, 530, 631, 697, 722, 763, 1023; 4/169, 175, 205, 448, 713, 757, 946, 1027, 1116, 1131, 1155, 1165
- цианиды 1/983; 5/449, 702–704, 748
- Цинкиг 2/223; 5/746, 752
- Цинкование 1/973, 974; 2/321, 1130; 5/451, 750, 751
- Цинковые материалы 5/487, 488, 749
- бела 1/1208; 2/1015, 1296; 3/991, 1011–1013; 4/602; 5/750, 752, 756
- германиевый гранат 1/1035
- катализаторы 2/211, 615
- кроны 1/1208; 2/330, 1079; 3/1011, 1012; 5/134
- купорос 5/756
- минералы 2/223; 4/904; 5/746, 752, 788
- мыла 2/1296; 4/669, 670
- пыль 1/490, 1093, 1208; 2/142, 553, 1148; 3/380, 945, 1012, 1079; 4/274, 673; 5/124, 130, 377, 380, 740, 749, 750
- смазки 3/1125
- стекла 4/835
- удобрения 5/756, 749, 750, 754, 757; 2/870
- цемент 1/871
- Цинксон 5/220
- Циннамат, метаболизм 3/613, 617, 618
- Циннаматы 1/511; 2/936; 5/130
- Циннамилацетат 2/937
- Циннамилизообутрат 2/937
- Циннамилицинамат 2/936, 937
- Циннамины 3/472
- Циниарзлат 4/773, 774
- Циниавальцит 4/555, 723
- Циннолин 5/757, 758; 1/520–522
- Цинтля фазы 3/76; 4/102, 106, 107
- Цинхомероновая кислота 5/758, 759
- Цинхонамин 5/537
- Цинхонидин 1/668
- Цинхонин 1/736; 5/526, 537, 1015
- Цинхонинновая кислота 5/526
- Цинхофен 1/195
- Циодриг 2/472
- Циперметрин 3/1041
- Ципрогепталин 1/324, 325
- Ципротерон 1/1048
- Ципрофлосакан 4/231, 232
- Цирам 4/494, 495
- Цирхаллои 5/766
- Циркон 1/983, 1018, 1021, 1022; 2/222, 733; 4/326, 434, 436, 464, 675, 681; 5/112, 206, 759, 761–763, 765
- Цирконаты 3/433; 5/761, 765
- Цирконий 5/759, 761, 938; 3/849
- амальгамы 1/223
- бориды 1/583, 584; 2/736; 5/760
- галогениды 5/764, 393, 503, 760–762, 765; 1/949, 950, 983; 2/673, 1125; 3/89, 90, 577, 1069; 4/835, 1020
- гидриды 1/591, 1081; 2/13; 5/760, 766
- гидросульфаты 5/761
- дихромат 5/762
- интерметаллиды 1/1037; 2/481, 485; 3/753; 5/760
- карбид 5/766, 760, 763, 765; 2/260, 624; 3/1093; 4/1009
- карбонаты 5/762
- кислоты 5/761
- металлаты 1/383, 1035
- метеоритный 2/963
- нитраты 5/761
- нитриды 3/249, 509; 4/1009; 5/52, 760, 762, 766
- оксид(ы) 5/765, 333, 759–764, 861, 862, 915; 1/458, 785, 786, 892; 2/51, 53, 200, 222, 250, 547, 672, 675, 677, 734, 736, 768, 800, 879, 903; 3/91, 324, 325, 390, 417, 533, 483, 498, 499, 649, 650; 4/133, 565, 627, 711, 785, 838, 1003, 1006
- определение 1/336, 380, 381, 428, 617; 2/519, 710, 731, 1090, 1104, 1224; 3/124, 272, 705, 1058; 4/786, 935, 936, 1221; 5/128, 619, 762
- органические соединения 5/763, 383, 712, 713, 762, 764; 1/166, 168, 169, 364, 365; 2/632, 674, 731; 3/767, 1056; 4/856
- перхлорат 1/1193; 3/990, 1193
- питтриты 3/1087, 1088
- получение 1/1103, 1104; 2/87, 496, 580, 1045, 1235; 3/89–93, 349, 635, 1001, 1070, 1193; 4/139, 142, 561, 621, 681, 1165; 5/298, 407, 497, 503, 651, 760–764, 833, 854, 895, 923, 926
- примесие 1/214–218, 832, 1063; 2/670, 733; 3/87, 403, 650; 4/669, 670, 875; 5/762, 763
- свойства 1/983; 2/84, 282, 383, 561, 671, 673, 674, 767, 1075; 3/97, 99, 257, 955, 958, 975, 1075; 4/321, 331, 334, 349, 431, 433, 434, 574,

- 710, 813, 1009, 1013; 5/759-762, 766  
 силикаты, см. Циркон  
 силициды 2/801; 4/684  
 сплавы 5/766, 760-763, 767; 1/819; 2/548, 1153, 1241, 1249, 1318, 1333; 3/88, 100, 249, 349, 497, 498, 754, 758, 873; 4/584, 712, 809, 984, 985, 1180, 1181  
 тритид 5/4  
 феррит 5/163  
 фосфаты 1/504, 541, 557; 5/761  
 фосфиды 5/760  
 халькогениды 4/618, 910; 5/760  
 Цириноцен 2/674; 5/712, 713, 763, 764  
 Циркуляционные процессы  
 выпаривание 1/848, 849, 852  
 дистилляция нефти 2/169  
 перемешивание 4/735  
 сушка 4/955, 956  
 Цис..., транс... 5/767, 773, 927, 928; 2/303; 3/1224, 1225  
 Цистамин 3/198; 4/326; 5/768  
 γ-Цистатионаза 5/767  
 Цистатионин 3/619, 620  
 Цистатионин-γ-лиаза 5/767; 2/1169  
 Цистеамин 3/63, 64, 619, 620, 879; 4/326  
 Цистеат 3/613, 619, 620  
 Цистенин 5/768, 2, 159, 161, 162, 217, 415, 767, 772, 954; 1/165, 166, 202, 250, 741, 1098, 1144, 1152, 1153; 2/22, 34, 35, 407, 487, 577, 695, 735, 736, 875, 1171, 1228, 1321; 3/36, 198, 613, 619, 620, 624, 881, 931; 4/189, 190, 634, 758, 893, 894, 917, 1260, 1261  
 Цистеинилглицин 1/1152  
 8α-(5-L-Цистеинил)флавиадеинидинуклеотид 4/523  
 Цистеиновая кислота 4/923; 5/768  
 Цистеинсульфиновая кислота 4/917  
 Цистин 5/768, 217; 1/250, 253, 1012, 1150; 2/171; 4/634, 893, 1127, 1260  
 Цитарабин 1/1129; 3/599; 4/235  
 Цитидиловая кислота 2/1323  
 Цитидин 3/173; 4/493, 519, 597, 598, 811, 1238  
 Цитидиндифосфатглицерин 2/187, 1191; 5/269, 272  
 Цитидиндифосфатрибит 4/1011  
 Цитидиндифосфатколин 2/1191; 5/245  
 Цитидиндифосфозаноланин 2/1191  
 Цитидинмонофосфатсialовые кислоты 1/980  
 Цитидинтрифосфат 2/1191; 3/813; 5/591  
 Цитизин 1/291, 292; 5/524, 525, 593  
 Цитовограф 5/770  
 Цитозин 1/1012, 1013; 2/877; 3/295, 297, 300, 585, 586, 596, 812, 813, 1051, 1052; 4/510, 522; 5/450  
 Цитозидезаминидаза 4/230  
 Цитозинтрифосфат 1/396, 1152; 2/1169  
 Цитозинины 5/768, 195, 769; 1/15; 4/428, 429  
 Цитоксан 5/745  
 Цитостатики 1/64; 2/1156; 4/220  
 Цитотоксичные вещества 4/1195  
 Цитофотометрия 5/769  
 Цитохимия 5/769, 770  
 Цитохром-с-оксидаза 5/770, 771, 772, 1054; 1/558; 2/241, 242, 968; 3/50, 51, 517, 670  
 Цитохром-*b<sub>5</sub>*-редуктаза 3/50  
 Цитохромы 5/772, 34, 109, 345, 346, 770, 771, 773; 1/470, 472, 475; 2/241, 968; 3/36, 50, 51, 503, 622, 669, 670, 697; 4/144, 524, 541, 861  
 Цитраконовая и мезаконовая кислоты 5/773; 3/570  
 Цитраконовый ангидрид 1/476; 2/544; 5/773, 1059  
 Цитраль 5/773, 774, 1000, 1004, 1006; 1/198, 1024; 2/237, 517, 1180; 3/1089; 4/495  
 Цитрамалат 3/617, 618  
 Цитрат, метаболизм 3/617, 618; 4/1259-1261  
 Цитрат-оксалоацетатлиаза 4/1259, 1261  
 Цитраторастворимые удобрения 2/870; 3/564  
 Цитратсинтазы 1/611; 2/969  
 Цитраты 1/975; 2/1179; 5/719  
 Цитрин 2/222, 1027  
 Цитронеллаль 5/774, 773; 1/198, 1096; 3/60  
 Цитронеллилбутират 2/1295  
 Цитронолловое масло 1/198, 1024; 4/494; 5/112, 774, 800, 1003, 1004, 1006  
 Цитронеллол 5/774, 773, 1004, 1006; 1/1096; 2/237; 4/539  
 Цитруллин 1/362; 3/619, 620, 809-812; 4/1260-1262; 5/970  
 Цифлутрин 3/1042  
 ЦТМ, антидетонатор 1/326, 327
- ## Ч
- Чамичана-Деништеда реакция 4/341  
 Чановое выщелачивание 3/7  
 Чаоит 5/43  
 Чаргаффа правило 3/586  
 Частоты  
 колебаний молекул 2/852-855  
 пороговой фотоэмиссии 5/362  
 Чашечные устройства  
 классификаторы 2/791  
 манометры 2/1281, 1282  
 форсунки 4/347, 348  
 Чашки  
 капли 4/184  
 Петри 3/818, 1124, 1254  
 шерберы 4/183  
 Чебышева неравенство 3/138  
 Чемена реакция 5/775  
 Черенкова-Вавилова излучение 4/329  
 Чермгит 2/731  
 Черная металлургия 3/92-96, 695; 4/560, 806. См. также Железа сплавы, Стали, Черни, Чуеуны  
 Чернение фотоизображения 5/457  
 Черни 1/428, 990; 2/535, 766, 796; 3/134, 253, 323, 873, 1128-1130; 4/533, 563, 564, 592-594, 1020  
 Чернила 1/672; 2/462, 701, 775; 3/131, 472, 834; 4/29, 204, 979; 5/413, 619, 957  
 Черно-белая фотография, см. Фотография черно-белая  
 Чернобыльская авария 4/337  
 Черное тело 4/1047; 5/645, 653  
 Черные материалы  
 железоксидные пигменты 2/274  
 красители 2/998, 999; 3/381, 694.  
 См. также Англиевый черный  
 лак для обуви 2/462  
 металлы и сплавы, см. Черная металлургия  
 пленки 5/776; 2/859; 4/1207  
 пороха, см. Дымные пороха  
 шелок 4/903, 904  
 «Черные пятна», см. Диффузионно-контролируемые реакции  
 «Черный хром» 1/976  
 Черняка-Айхорна реакция 1/106  
 Чесночное масло 2/76  
 Четвертая связь 2/983, 984  
 Четвертичные соединения. См. также индивидуальные представители и их группы  
 аммониевые, см. Аммоний  
 онневые, см. Огневые соединения  
 Четвертое агрегатное состояние вещества 3/1095  
 Четыреххлористый углерод 5/776. См. также Тетрахлоорметан, Хладоны  
 получение 1/998; 2/591; 3/101, 113; 4/654, 1106; 5/556  
 свойства 1/6-8, 254, 427, 614, 715, 834, 965, 1157; 2/111; 143, 173, 177, 186, 243, 466, 493, 496, 498, 597, 625, 631, 638, 646, 698, 810, 1043, 1088; 3/225, 495, 496, 536, 631, 652, 653, 656, 738-740, 750, 817, 940, 943, 948, 952, 1059, 1227; 4/28, 157, 169, 225, 312, 344, 359, 444, 445, 606, 983, 1142, 1192, 1253; 5/6, 8, 43, 56, 256, 416, 579, 661, 691, 777, 820, 1025  
 Чилийская селитра 1/92, 102, 103; 3/347, 357  
 Чилтона (Чильтона) - Колборна (Кольборна) соотношения 2/1303; 3/1142  
 Чипсы 3/1010  
 Чиркитоксин 5/1043, 1046  
 Число(a)  
 Авогадро, см. Авогадро постоянная  
 агрегации молекул ПАВ 3/181, 184  
 амниное 3/741  
 Архимеда 3/1184  
 ацильное 1/445  
 Био 2/1304; 3/1184; 4/1046; 5/821  
 Боденштейна 3/1184  
 бромное 1/615, 616  
 Вебера 3/1183  
 «водное» смол 3/35  
 волювое 2/492  
 газовое 4/134  
 газокINETическое 3/259  
 Галилея 3/1184; 4/1047  
 Генера 2/306; 4/378, 380; 5/25, 551  
 гидрирования 1/1083  
 гидроксильное 1/1096; 2/306, 660; 3/1186  
 гомохронности 3/1184  
 Грасгофа 2/1301; 3/1183; 4/1047  
 Гухмана 3/1184  
 Дамкёлера 3/1100, 1101  
 донорное 2/780  
 зарядовое 2/320, 513, 521; 3/47, 431, 1086; 5/499  
 иодное 2/497, 304, 306, 498, 660; 3/3, 1186; 4/378, 573; 5/25  
 квантовые, см. Квантовые числа  
 кислотное 2/769, 304, 306, 308, 770; 3/447, 764; 4/378; 5/1002, 1012  
 кластерных валентных электронов 2/793-795  
 Кнудсена 1/446; 3/237  
 коковое 2/844, 845; 3/448  
 компонентов системы 5/97-100  
 координационное 2/920, 527, 924, 925, 1063, 1172; 1/665; 3/66, 97, 165; 4/747, 748  
 Лошмидта 2/1214  
 Льюиса 2/1257  
 люминометрическое 2/1224, 1225  
 Лященко 3/1184  
 массовое 1/403, 408; 2/394; 3/604, 605; 5/1017, 1031  
 Маха 1/447; 3/238, 946, 1184  
 независимых параметров состояния 2/312  
 Нуссельта 2/543; 3/1183; 4/1047, 1049, 1050  
 Ньютона 3/1183  
 оборотов реакции 1/126, 1050  
 окислительное 1/664, 665; 4/848  
 октановое, см. Октановое число  
 омыления 3/764, 1186; 2/304, 306, 769; 4/378, 380; 5/25, 1002  
 Пекле 2/1257, 1301; 3/1183; 4/282  
 пенетрации 3/1123  
 переноса 1/10, 13; 2/194, 864, 1306; 5/899  
 подобия 3/1181-1185  
 Полenske 4/378, 380; 5/551  
 Прандтля 2/1257; 3/944, 1183; 5/30, 31, 170  
 пробегов реакции 5/505  
 Рейнольдса 1/447, 1105; 2/890-892, 1257, 1301; 3/820, 821, 1141, 1183; 4/350, 1046, 1047, 1049, 1050; 5/170  
 Рейхарта-Мейсля 3/378, 380  
 родановое 3/397, 1186; 4/378, 380; 5/25  
 Стаятона (Стэнтона) 2/1303; 3/1184  
 степеней свободы системы 5/98-100  
 стехиометрические 4/722  
 твердости 4/998  
 теоретических ступеней контакта (тарелок) 2/1306, 1307  
 ГИБ, см. Бензины  
 фаз системы 5/97-100  
 флегмовое 4/453-455, 457, 460  
 Фруда 1/1106; 2/1301; 3/1183  
 Фурье 2/1301, 1304; 3/1183, 1184  
 характеристические, см. Коллабационные реакции  
 цетановое 5/696; 1/643, 2/679, 1102; 3/117, 278, 448, 462, 464, 507; 4/174  
 Шервуда 2/543, 1301; 3/1183; 4/351; 5/170  
 Шмидта 1/447; 2/1257, 1301; 3/944, 1142, 1183; 4/351; 5/31, 170  
 Эйлера 3/1183  
 эквивалентное 5/802, 803  
 оксидное 5/961  
 эфирное 5/1002, 1003, 1012; 2/306, 709; 3/764  
 Чистые жидкости 2/299-302  
 Чистые квантовые состояния 2/719, 726  
 Чистящие средства 5/777, 550; 1/18, 19, 657; 2/1319; 3/285, 1167  
 Чичибабина  
 реакции 5/777, 526, 713, 778; 1/112, 261, 1079; 2/1081, 1215; 3/384, 1019, 1045; 4/1018, 1117  
 углеводород 3/572  
 Чохральского метод 1/214, 938, 940, 1185; 2/223, 452-454, 554, 1009, 1124; 3/255, 256; 4/111, 685, 1022, 1024; 5/164, 756, 948  
 Чувствительность  
 анализа 2/347, 512, 757; 3/136  
 детекторов 2/42-45  
 индикаторов 2/447  
 масс-спектрометров 2/1309, 1318  
 органических реагентов 2/347; 4/395  
 фотоматериалов 5/317, 329, 340, 341  
 Чугава  
 правила 3/773; 5/441  
 реакция 5/779; 2/11; 3/739  
 Чугава-Церевитинова метод 5/693  
 Чугуны 1/209, 973, 974, 1190; 2/255-257, 263, 264, 266, 331, 503, 548, 571, 625, 839, 948, 1153, 1289; 3/75, 92-95, 410, 940, 1001, 1004, 1068, 1069, 1179, 1180; 4/139, 289, 436, 712, 806, 809, 1021; 5/285, 371, 451, 636, 651, 909
- ## Ш
- Шабазит 2/1057; 5/681  
 Шайбеля колонны 5/831, 832  
 Шайна-Дальгарно последовательность 2/1324; 4/1232  
 Шалфейное масло 5/1003, 1004  
 Шамбона правило 4/811  
 Шамозит 2/270  
 Шамот 3/650, 1001, 1009; 4/673, 1041, 1042

- Шампуни 5/780, 974, 988; 1/657; 3/283, 284  
 Шапиро реакция 1/658  
 Шардингера декстрины 2/31; 3/749  
 Шарова молния, химический состав 2/505  
 Шаровые упаковки в кристаллах 3/1144, 1145  
 Шаровые устройства  
 газгольдеры 1/877  
 мельницы 2/146, 339, 353, 354; 982; 3/630, 991; 4/180, 765, 1010; 5/1006  
 Шахтные печи 3/999, 1004, 1005, 1009, 1060; 4/592, 981, 1174  
 Шахи  
 детонаторы 4/731, 1267  
 дымовые 2/240; 3/993, 994; 5/416  
 канальные 4/342  
 кислородные 3/1076  
 пиротехнические 1/832  
 термитные 4/1057  
 факелы 3/822, 823  
 Шведова-Бингама модели и уравнение 3/947; 4/486  
 Швейное масло 2/463  
 Швейфуртская зелень 1/383  
 Швейцера реактив 2/1329, 1331  
 Швехтена реакция 2/315  
 Шверёля фазы 2/797; 3/76, 243, 246; 4/585, 617, 909, 911  
 Шелле зелень 1/383  
 Шеллит 1/811, 813, 814; 2/263, 583; 3/240, 242; 5/206  
 Шелк 1/427, 801, 802; 2/208, 736, 1205; 5/120, 126, 237  
 крашение 1/127, 128, 139, 672; 2/142, 440, 462, 775, 776, 972, 976, 977, 992, 1097; 3/191, 244, 472, 537, 543; 4/255; 5/382, 383  
 набивка 3/998  
 отбеливание 3/837  
 фиброн 1/138, 474; 4/642  
 Шелконфа кислота 3/386  
 Шеллак 1/826, 1145; 2/808, 1080, 1241; 3/159, 1139; 4/739  
 воск 1/825  
 политуры 4/33  
 Шельхаммеридии 5/120  
 Шениты 2/570, 829; 4/904  
 Шенионт 2/587, 588  
 Шеннона  
 ионные радиусы 2/527  
 уравнение 1/1198  
 Шерберна плавка 4/183  
 Шервуда число 2/543, 1301; 3/1183; 4/351; 5/170  
 Шерсть 1/801, 802; 3/438  
 воск 1/825, 826  
 как хиральная фаза 4/392  
 крашение 1/127-129, 139; 2/80, 81, 139, 142, 253, 775, 776, 972, 977, 992, 995, 996, 1097; 3/191, 472, 537, 543, 690, 691, 707; 4/247, 248, 1129, 1130; 5/221, 384  
 набивка 3/998  
 обезжиривание 3/718  
 отбеливание 3/837  
 Шестаковского баллаз 1/454; 3/1227  
 Шеффе планы 3/1111  
 Шеффера соединения 2/798; 3/386  
 Шёнберга перегруппировка 3/606; 4/1152  
 Шённера метод 5/780, 781; 3/168, 169; 4/549  
 Шёнфлиса обозначения 4/687  
 Шизофреногенные отравляющие вещества 3/845, 846  
 Шикимат 3/615-618  
 Шикимовая кислота 5/121, 202  
 Шилла схема 2/694, 695  
 Шилова уравнение 2/514, 515  
 Шимана реакция 5/781, 141, 392; 1/948, 954; 2/17, 75, 315  
 Шимоза 4/1268  
 Шинный корд 3/1204, 1205; 4/450  
 Шилучие магнитные пероксиды 3/980  
 Ширавакский полиацетилен 3/1216  
 Шинфт-реагенты 4/68, 605  
 Шиффа  
 основания 5/782, 2, 124, 129, 370, 547, 558, 783-785, 975, 978; 1/175, 197, 200, 202, 222, 265, 270, 273, 396, 680, 741, 988, 1075, 1129; 2/114, 363, 398, 642, 746, 830, 969; 3/186, 536, 678, 680, 681, 796, 937, 1022, 1074; 4/534, 670, 720  
 реактив 5/782, 223, 413, 769  
 Шихты 2/256, 258, 262, 263, 354, 556, 570, 587, 588, 839, 841-843, 845-847, 1062; 3/89, 90, 481, 1000, 1001; 4/139, 183, 221-224, 575, 592, 593, 633, 709, 838, 839, 1174  
 Шишковского уравнение 3/1159  
 Шкала(ы)  
 Бацанова 5/897  
 водородная электродных потенциалов 5/839  
 гидрофильно-липофильного баланса 3/1163  
 Луо-Бейсона 5/897  
 Мооса 3/166; 4/999  
 Оллреда-Рокоу 5/897  
 Поллинга 5/896  
 растворителей 4/748, 751  
 температурные 4/1028, 1076, 1077  
 цена деления 3/639  
 электроотрицательности атомов 5/896, 897  
 Шлаки 1/467, 544, 1071, 1187, 1188; 2/256, 273, 328, 348, 350, 588, 776; 3/88, 90, 93, 160, 172, 493, 158, 1068, 1069; 4/184, 346, 592, 593, 673, 681, 708, 712, 944, 979, 981, 982, 1020, 1057, 1082, 1174, 1184, 1246; 5/54, 164, 305, 470  
 Шлакопортландцемент 5/670-672  
 Шлакосиликаты 2/776  
 Шлакоосилки 1/468; 4/707, 708  
 Шламы 1/871, 902, 1087, 1088; 2/536, 553, 595, 683, 1293; 3/7, 160, 439, 825, 851, 1000; 4/466, 594, 615, 640, 710, 1020; 5/205, 207, 208  
 Шланговые противогазы 4/224, 225  
 Шленка  
 равновесие 2/1236  
 углерод 1/562  
 Шликеры 2/735, 737, 800, 879; 4/140  
 Шлихтование 2/989; 3/1195, 1204, 1228; 4/1012  
 Шмальтин 2/819; 3/304  
 Шмидта  
 перегруппировка 1/231, 469; 2/1213; 4/609, 610  
 реакция 5/784, 785; 1/74; 2/82, 1107, 1138; 3/1142; 4/609, 610, 1100  
 Шмидта числа 1/447; 2/1257, 1301; 3/944, 1142, 1183; 4/351; 5/31, 170  
 Шнековые устройства  
 кристаллизаторы 2/1046, 1051  
 мешалки 3/941, 942  
 питатели 3/1083, 1085  
 подпрессовыватели 1/1188  
 растворители 4/354-356  
 сепараторы 3/632, 633  
 смесители 4/737  
 спиралевидные 1/1188  
 сушилки 3/637  
 центрифуги 5/675  
 экстракторы 5/822, 823  
 Шнуры  
 летирующие 2/47  
 плазменные 3/1094  
 Шомакера-Стивенсона уравнение 5/897  
 Шора метод 4/998  
 Шорыгина реакция 5/785, 786; 3/73, 350  
 Шоттена-Баумана реакция 5/786, 129, 132; 1/251, 442, 508, 1075, 1209; 2/636  
 Шоттки дефекты 2/50, 51  
 Шпаклевки, см. Шпатлевки  
 Шпаллопропиточное масло 1/1178; 4/101  
 Шпаты(ы)  
 исландский 2/586, 639  
 марганцевый 2/1285, 1289  
 персидский 1/457  
 плавиковый 2/590; 5/205, 214, 386.  
 См. также Флюорит  
 полевые 3/1191, 633, 724, 838, 1192, 1193; 1/1018, 1035; 5/205  
 тяжелый 1/457, 544  
 Шпатлевки 5/786, 787, 1006; 1/563; 2/1015, 1128, 1129; 3/288, 750, 868, 1139, 1140; 4/92  
 Шпейзы 4/346  
 «Шпильки» в РНК 3/587, 588; 4/1238, 1239  
 Шпинели 5/788, 162-164, 609, 633, 748, 789; 1/206, 341; 2/222, 223, 266, 510, 666, 672, 734, 1240, 1243, 1248; 3/147, 474, 481, 650; 4/585  
 Шпольского  
 матрицы 5/884, 885  
 эффект 2/1219  
 Шпон 3/282, 327  
 Шпрелирование 3/1114  
 Шприцевание 4/6, 7. См. также Экструзия полимеров  
 Шрадан 3/107  
 Шрёдера модификация 2/732  
 Шредингера уравнения 1/45, 404, 665, 667, 681, 798, 799, 855; 2/717-723, 725, 726, 904, 1104, 1210; 3/205, 206, 222, 467, 468, 627, 628, 778, 1174, 1175, 1178; 4/119, 120, 374, 576, 686, 688, 689, 692, 787, 796, 995; 5/461, 643, 868  
 Шрейнмакерса (Схрейнмакерса) метод 4/357, 358  
 Штамповка пластмасс 4/8-10  
 Штатпельные волокна 1/731-733, 802-804, 806; 2/993; 3/1198-1200, 1204, 1236; 4/88-90, 846, 847; 5/167. См. также Волокна химические  
 Штарка эффект 5/789, 790; 1/407; 2/143; 3/158, 209; 4/125  
 Штарка-Эйнштейна закон 5/682  
 Штаудингера реакции 5/790, 791; 1/201; 2/421  
 Штаудингера-Пфенингера реакция 5/791  
 Штейны 3/2, 6, 93, 474, 485, 486, 1068, 1069; 4/346, 592, 593  
 Штемпельные краски 3/131  
 Штерна потенциал 4/952  
 Штерна-Фольмера уравнения 2/1224; 5/812  
 Штиглица реакция 5/791, 792; 2/421  
 Штиглиц 5/755  
 Штоббе конденсация 5/792, 793, 1058; 1/198; 2/745  
 Штоглак 4/739  
 Штранг-прессование 4/7  
 Штреккера реакции 5/793, 783, 794, 988; 1/194, 198, 201, 252, 254; 2/331  
 Штрегит 2/266  
 Шубникова группы 2/1070  
 Шульце-Гарди правило 2/817  
 Шухова форсушка 3/441
- Щ**
- Щавелевая кислота 5/795  
 и сопряженное основание 2/782  
 нитрил, см. Циан  
 определение 1/615; 3/969  
 получение 1/998, 1101; 2/1080, 1081, 1164, 1174; 3/253, 366; 4/804; 5/1, 795, 1058  
 применение 1/333; 5/796  
 свойства 1/195, 432, 678, 744, 783, 1132, 1133, 1141, 1142; 2/28, 78, 107, 108, 407, 536, 669, 731, 806, 908, 1000, 1271, 1294; 3/104, 105, 568, 613, 696; 4/34, 74, 285, 396, 589, 943, 1173, 1220; 5/181, 684, 755, 760, 984  
 соли и эфиры 1/644; 3/1026; 5/795, 985. См. также Оксалаты  
 Щавелевоуксусная кислота 1/196, 394, 395, 505, 611, 1142, 1143, 1155; 2/970, 1180; 3/613, 683, 810, 811, 937, 1083; 4/894; 5/348  
 Щавелевый альдегид 1/1141, 1142  
 Щецень 1/544, 563; 3/636, 1264; 4/180  
 Щелевая коррозия 2/321, 947, 949, 951, 952, 955; 3/273, 274, 282  
 Щелок  
 подмыльный 3/303  
 сульфатный 4/903, 904; 2/1164, 1174; 3/362; 5/664  
 сульфитный 4/920, 921; 1/680; 2/232, 1164, 1175; 5/665, 995  
 хлормagneвий 2/1246  
 черный 4/903, 904  
 электролитический 5/553  
 Щелочи 5/796, 95, 96, 452, 641, 819, 820, 842; 1/191; 2/566, 603, 604, 787, 802, 947-949; 3/698, 795-797, 830; 4/193, 866, 867  
 едкие, см. Гидроксиды и Гидросульфиды щелочных и щелочноземельных металлов, Электролиз как основания, см. Кислоты и основания, Сода  
 Щелочная болезнь животных 3/161  
 Щелочноземельные элементы 5/796  
 определение 2/507; 5/379  
 получение 5/797. См. также Электролиз  
 свойства 2/522-524, 578, 1233, 1327; 3/76, 411, 955, 957, 958; 4/298-300, 874-876. См. также Барий, Кальций, Радий, Стронций  
 соединения, см. индивидуальные представители и их группы  
 Щелочной эффект Бора 1/1008  
 Щелочные аккумуляторы 1/110, 111; 2/255, 566, 1206; 5/487, 488  
 Щелочные материалы  
 горные породы 4/561  
 мыла 3/301-304; 4/670  
 удобрения 2/870; 3/172, 173  
 целлюлоза 2/634; 5/664, 999  
 Щелочные металлы 5/797  
 определение 2/507  
 получение 5/798  
 свойства 2/522-524, 559, 673, 1201, 1238, 1327; 3/76, 96, 98, 142, 347, 411, 955-957, 1092, 1093, 1215; 4/555-557, 664; 5/366, 654, 796, 798, 896. См. также Калий, Литий, Натрий, Рубидий, Франций, Цезий  
 соединения, см. индивидуальные представители и их группы  
 Щелочные процессы  
 газоцистка 1/901, 902  
 гидролиз, см. Гидролиз щелочной катализ 2/304  
 коррозия 2/436  
 плавление спиртов 2/646  
 Шена 1/620, 1100  
 Шербинант 1/679  
 Шетина 3/1205, 1222, 1236  
 Щукарева закон 2/1301



- ЭАН-металлоорганокмлексы 3/82, 83
- Эбониты 5/799; 1/631, 846; 2/706; 3/904; 4/440
- Эбулоскопия 5/799, 800; 2/763, 1033; 3/216
- Эбурнамин 2/458
- Эбурнан 2/458
- Эвал 3/1139
- Эвафильм 3/1139
- Эвенол 5/800, 1004, 1006; 1/185; 2/408, 654
- Эвенолацетат 5/1004
- Эвенольное масло 5/800, 1005
- Эдесмол 5/1004
- Эдиданит 5/759
- Эвипан 1/999
- Эвкалиптовое масло 1/198; 3/847, 1032; 5/115, 746, 773, 774, 1003, 1004, 1006
- Эвкалиптол 5/746
- Эвкрипит 2/733; 4/707
- Эвксенит 1/1156; 2/544, 546, 1229; 4/434, 435; 5/23, 965
- Эвлитин 1/738; 3/777; 4/682
- Эвлон 5/49
- Эволминин 5/520
- Эволюция систем возмущения 1/799
- потенциалы 4/1063, 1064
- универсальный критерий 4/1070
- Эвоинин 3/1048
- Эвтектики 1/460, 462, 463, 918, 1078, 1191; 2/58–61, 63, 126, 256, 572, 600, 1039, 1040, 1044–1046; 4/345, 357, 358, 556, 558, 559, 601, 639, 1003, 1004; 5/16, 101, 864
- Эвтектоидные смеси 2/60, 61, 256, 258, 259; 4/1004; 5/101
- Эвтонки 2/63; 4/358
- Эггерта–Саха уравнение 3/1094
- Эгтонит 4/710
- Элестин М 1/394
- Элистер 4/39, 40
- Элифас 2/633, 634
- Элифенфос 5/421
- Элдана деградация 5/800, 801; 1/478, 479
- Элс гальванических элементов 3/582, 583; 5/922
- и концентрация электролита 5/922
- и редокс-потенциалы 3/667
- метод 5/956
- наведенная, см. *Электронно-зондовые методы*
- термическая 3/97
- электрохимических цепей 4/819–821, 1030; 5/205
- ЭДТА, комплексон 2/579, 870–872; 5/584, 987
- Эжекторы 3/342, 344; 5/599, 628
- Эженаль 5/801
- Эзерин 1/435; 5/180, 181, 1052
- Эзролин 5/181
- Эйжкарит 4/637
- Эйгена метод 4/1031, 1032
- Эйкозабараны 1/588, 589
- 11,14-Эйкозандиеновая кислота 2/307
- Эйкозан 3/345
- Эйкозановая кислота 1/827, 863, 864
- Эйкозаноиды 5/801; 2/1188, 1191; 4/219
- α-Эйкозанол 1/826
- Эйкозантетраеновая кислота 1/863, 864; 4/211
- Эйкозапентаеновая кислота 4/211
- 5,8,11,14,17-Эйкозапентаеновая кислота 3/396
- Эйкозаполиеновые кислоты 2/1157, 1158; 4/211; 5/801
- Эйкозатриеновая кислота 4/211
- 9-Эйкозеновая кислота 2/307
- Эйкозиловый спирт 1/866
- Эйкозоляры 1/438
- Эйланты 2/474
- Эйлера теорема 4/1072
- уравнение 5/183
- число 3/1183
- Эймак-211 4/63
- Эймса тест 3/296
- Эйнштейна закон квантовой эквивалентности 5/357
- коэффициент 2/727
- модель фононных спектров 3/66
- уравнения 2/196, 198; 3/215; 4/489–491
- Эйнштейний 5/801, 160, 802; 1/131, 132; 3/957
- Эйредуры 3/741, 742
- Эйрелоны 3/741, 742
- Эйремиды 3/741, 742
- Эйринга модель 3/947
- структурная теория 2/302
- Экаит 4/675
- Эканол 3/1212
- Экваториальное положение, см. *Аксимальное и экваториальное положения*
- Эквивалент восстановительный, см. *Оксидоредуктазы*
- фитоменадионовый 1/750
- химический 5/802, 106, 508, 803; 2/915; 4/866
- электрохимический 5/921
- Эквивалентные характеристики доза ионизирующего излучения 2/216, 217
- точка титрования, см. *Точки*
- электропроводность электролитов 5/899
- Эквивалентов закон 4/866; 5/508, 802
- Эквилин 2/605, 606
- Экгонин 3/1080; 5/17, 18
- Экдизоны 4/862–864; 5/589
- Экдистероиды 4/862
- Экдистерон 4/864
- Экзальтация молярной рефракции 4/516
- поляризуемости 4/126
- Экзальтолид 3/291, 292
- Экзальтон 3/291, 292
- Экзо..., эндо... 5/803, 804; 2/130; 3/580, 581
- Экзогаз 2/326, 327
- Экзогенные руды 4/560
- Экзогликанызы 1/1126
- Экзогликозидазы 1/1126
- Эксонуклеазы 2/20; 3/584
- Экзоны 4/810
- Экзопептидазы 4/216
- Экзополисахариды 1/1126
- Экзосфера 1/399
- Экзо- и эндотермические реакции 1/18, 548, 1164–1171; 2/46, 47, 541, 576, 673, 1168; 3/46, 257, 954; 4/1036, 1037, 1057, 1060; 5/448, 496, 642, 688–690, 709, 952, 953. См. также *Тепловые эффекты реакций*
- Экзотоксин 4/1195
- Экзоферменты 2/31
- Экзоцеллюлозногидролазы 5/661
- Экзоциклическая связь 5/779
- Эксоназол 4/228, 229
- Экранирование, дебаевский радиус 2/7
- Экстауэры 2/882
- Эксергетический анализ 5/804, 473, 805–811; 3/865
- Эксергия 5/804
- Эксерофтол 1/740, 741
- Эксид 3/1139
- Эксимеры 5/811, 338, 446; 2/431, 1037, 1088, 1119, 1124, 1125; 3/19, 223
- Эксиплексы 5/811, 338, 339, 812; 2/431; 3/19, 223, 891
- Экситоны 1/548; 4/826; 5/545, 811, 925
- Эксклюзионная хроматография 5/812, 426, 621, 813–817; 2/45, 293, 295, 296
- Экслан 3/1198–1200
- Эксперимент(ы) активный 3/640, 641, 1106–1113
- непосредственный на объекте 3/1111
- отсеивающий 3/1107
- параллельные 3/136, 137
- пассивный 3/640–644, 1106
- планирование 3/1106, 195, 641, 1107–1113; 2/749
- результаты, обработка 3/638, 639–644; 2/749
- факторный 3/1106
- численные, см. *Молекулярная динамика*
- Экспертные системы 2/540
- Экспозиционная доза ионизирующего излучения 2/217
- Экспрессия генов 5/818, 620; 1/1009; 3/175, 587; 4/811, 812, 1236
- Экспресс-тесты 5/818, 151, 819; 1/121, 978; 2/423, 607, 1315; 4/399, 400
- Экстенсивные параметры, см. *Параметры состояния*
- Экстинкция 5/885
- Экстрагенты 2/282, 294, 381, 1175, 1295; 3/26, 108, 114, 547, 1036; 4/654; 5/263, 276, 819–835. См. также *Растворители*
- Экстрагирование 5/819, 820–824; 2/1300; 3/7
- и выщелачивание 1/867
- и порообразование 4/133
- и растворение 4/350
- растительного сырья 4/382; 5/1005
- Экстракт(ы) 5/824
- дубильные 2/1165
- хвойный натуральный 2/1165
- Экстракторы, см. *Экстрагирование, Экстракция*
- Экстракционные продукты древесные смолы 2/226, 227. См. также *Химия древесины*
- канифоль 2/602, 1165
- сера 4/632
- скипидар 4/714
- фосфорная кислота 2/937; 3/520, 863; 5/301, 302
- Экстракционный анализ 5/489
- каталитический 2/757
- люминесцентный 2/1218; 3/272; 4/530
- пределы обнаружения веществ 4/395
- фотометрический 2/1271; 3/113, 713, 714, 1044; 4/397, 530, 531, 1202, 1221; 5/637, 722
- хроматография 2/87, 294; 3/57; 5/160
- Экстракция в системах жидкость – жидкость, см. *Экстракция жидкостная*
- – твердое тело – жидкость, см. *Выщелачивание, Экстрагирование*
- «газовая» 3/885; 5/834, 835
- «сверхкритическая» 5/834, 473, 835, 1005
- флюидная 5/834, 835
- Экстракция жидкостная 5/824, 170, 256, 284, 825–834; 2/1300, 1306, 1307; 3/244, 420, 459, 835, 1040; 4/272
- аппаратура 1/708, 1105; 4/272, 611; 5/830–833
- в звуковых полях 2/491; 5/62
- и кристаллизация 2/1043, 1044
- и процессы очистки 3/860, 861; 4/610–612; 5/15
- и ректификация 2/627; 3/449; 4/457, 458, 460, 1202; 5/829, 834
- и экстрагирование 5/819
- мембранная 2/1300; 3/53
- органические реагенты 4/396
- применение 2/818; 3/713, 1186; 4/320, 321; 5/8, 109, 656, 833, 834. См. также *Концентрирование, Экстракционный анализ*, методы извлечения и разделения химических элементов и отдельных веществ
- растворители 4/360. См. также *Экстрагенты*
- циклические режимы 5/715
- электролитическая 5/854, 859, 923
- Экструзивные горные породы 4/561
- Экструзия и формование 4/7. См. также *Формование химических волокон*
- как способ гранулирования 1/1188
- катализаторов 2/670
- полимеров 1/1189; 2/358; 3/144, 1135, 1136, 1139, 1213, 1254; 4/6, 27, 40, 41, 44, 970; 5/87, 232, 389
- реакционная 5/938
- сплавов 4/807
- хелатропных соединений 5/443
- Экспедиционная репарация 4/492, 493
- Элаидиновая кислота 1/1085; 3/729, 730
- Элаидирование 2/305
- Элана 4/87–91
- Элаоканидин 1/148
- Элаоканины 1/148
- Элаокапридин 1/148
- Элаокарпин 1/147, 148
- Эластер 4/28
- Эластаза 4/217; 5/17
- Эластин 3/711; 4/192
- Эластификаторы 2/286, 804, 806
- Эластолан 5/86
- Эластомеры 5/835; 1/859; 3/1234
- акриловые 4/291
- для нетканых материалов 3/436
- иономеры 2/516
- как вулканизаты, см. *Вулканизация, Каучуки, Резины*
- карбонсодержащие 2/648
- скин 2/804, 806, 807; 4/443–445
- коллоид 1/454
- кремнийорганические 2/806; 3/808; 4/291
- нитрильные 1/630
- пластификаторы 4/607
- полнолефиновые 3/984; 4/28, 29, 82, 83
- пористые 3/902, 904, 906–909; 4/129, 130
- свойства 1/873; 2/54, 55, 118; 3/661; 4/4, 291, 488, 842, 1054; 5/639, 640. См. также *Высокоэластическое состояние*
- сплавы 4/734
- термопластичные, см. *Термоэластопластики*
- уретановые, см. *Уретаны*
- Эластон 4/49, 50
- Эластон 3/1139
- Эледозин 5/1041
- Электрето-термический анализ 4/1062
- Электреты 5/835, 836; 4/285, 1062
- Электрическая проводимость, см. *Электропроводность электролитов*
- Электрические разряды 2/531, 623; 3/1188, 1189. См. также *Дуговой*

- разряд. Тлеющий разряд. Электро-разрядные устройства*
- Электронный ток.** см. Ток
- Электрохимические вещества** 1/339, 808–810
- Электрохимические устройства** 4 637
- Электрохимические** 2/524–526, 745, 752, 952–955, 1287; 3/28, 79, 102, 121, 515, 553, 665, 890, 1026, 1030, 1045; 4: 310, 803; 5/381, 585, 733, 538, 540, 846, 854, 903, 926
- Электрохимическое** 1/953, 956; 2/1272; 3: 102, 5/10, 392, 393, 410, 549, 923
- Электрохимия** 5/836, 837, 838, 933; 1: 1182; 3: 4, 475
- Электрохимия** 4 501, 505, 506
- Электрохимическая система.** см. ЭДС
- Электрохимические** 3: 609, 610
- Электролиз** 1 172; 2/196, 859, 916, 1006, 1300; 3: 41, 42, 45, 53, 55; 4 952
- Электролизеры** 2: 196, 1299, 1300; 5: 897, 998
- Электролитические установки** 5/839, 637–639, 840, 926; 1: 832; 3/134, 135
- Активность** 3: 135
- и активность электронов в электролите** 5 841
- и анализ кислотности** 2/292
- и двойной электрический слой** 2/1–4
- и концентрация компонентов раствора.** см. Нернста уравнение
- и поверхностное натяжение** 2/3; 5 944, 845
- коррозия металлов** 2/323, 953–956
- вульвогальваника** 4 153, 154; 2/2, 3, 408, 429; 5: 106, 839, 922
- пассивация** 2 321
- перезарядка.** см. Поляризация в электрохимии
- скачки.** см. Межазовые скачки потенциалов
- стандартные.** см. Стандартные параметры
- стандартные** 2: 954
- электроосаждение** 5: 895
- электрохимический** 5/920; 2/408
- ряд напряжений** 5/920, 921, 926
- Электрохимические процессы** 5/838, 466, 637–639, 839; 2/145. См. также аналитические процессы.
- Катодные процессы**
- в химических источниках тока** 5: 487–489
- диффузионный ток** 2/194, 954, 1093; 4: 123, 128; 5: 637, 638, 895, 911
- и двойной электрический слой** 2/1
- и пассивация металлов** 3/888–890
- и поляризация** 4 123, 124
- и преобразователи информации** 5/925
- и фарадеевское выпряменение** 5/105, 106
- выпекание** 5/919, 920
- кинетика** 5/910, 911, 924, 926; 4/128
- конструктивные элементы.** см. Электроды
- окислительно-восстановительные.** см. Электролиз. Электрохимические процессы
- потенциалы.** см. Электродные потенциалы
- Электроды** 5/840, 841, 842; 2/3
- автоэмиссионные** 3/501
- «бактериальные»** 5/151
- газовые** 2/522; 3/134; 4/154, 155, 819, 821, 1211; 5/150, 839–844
- дисконные** 2/144, 145; 1/809; 5/842, 911, 913
- для защиты металлов** 5/908–910
- для сенсоров** 5/915, 916
- для терморпар** 3/484
- для титриметрии** 4/1186
- для хемотронов** 5/914, 915
- для химических источников тока** 1/110, 111; 3/582, 583; 4/1211
- для электролиза** 5/553, 554, 854, 855
- для электросинтеза** 5/901–904
- индикаторные** 2/448; 3/134, 135; 4/127, 128, 154, 155, 539, 540; 5/915–917
- ионоселективные** 2/521, 522, 524; 1/561; 4/627; 5/745, 915
- как электрохимические цепи** 5/917, 918
- капельные** 1/808, 809; 4/127, 128; 5/842
- Кларка** 5/148
- материалы** 1/808, 810, 1192, 1194; 2/255, 553, 556, 562, 634, 1202; 3/100, 134, 135, 243, 245, 478, 582, 583, 825, 895, 1130; 4/155, 266, 543–545, 598, 820, 821, 877, 1080, 1081, 1111, 1115, 1175; 5/105, 150, 170, 654, 839–841, 925
- микро и ультрамикро** 5/842
- модифицирование** 5/842, 847
- неполяризуемые** 5/841
- обратимые** 5/841, 846
- окислительно-восстановительные** 5/841
- полупроводниковые** 5/925
- поляризация.** см. Поляризуемость электродов
- потенциалы.** см. Электродные потенциалы
- псевдооживленный** 4/266, 953
- редокс** 5/841, 921
- селективные** 2/522, 1146
- сравнения** 5/842, 637, 839, 841, 843, 844; 1/802; 2/2; 3/134, 135, 431; 4/154, 543, 819–821
- стандартные** 5/839, 843
- суперионки** 5/861
- сuspензионный** 4/953
- термоэлектрические** 4/1080, 1081
- ферментные** 1/561; 2/423, 522; 5/150
- фоточувствительные.** см. Фотоэлектродхимия
- электрохимический ряд напряжений** 5/920, 921, 926
- Электроизоляционные материалы** 3/884, 1219, 1223, 1244, 1245; 4/25
- галоваксы** 3/371
- дieleктрики** 2/208, 209
- жидкоток.** см. Изоляционные масла
- лакокрасочные** 2/1129; 3/806, 1132
- полимерные** 2/230; 3/1234, 1265; 4/40, 44, 845
- слоды** 4/724
- стекловолокнистые** 4/846–848
- Электрокатиллярные явления** 5/844, 845, 846, 898; 2/3, 859; 3/1171–1173; 4/153, 730
- Электрокатализ** 5/846, 638, 842, 847, 859, 899; 2/491
- Электрокерамика** 2/1147; 3/1192
- Электрокинетические явления** 5/847, 848–851, 898, 914; 2/3, 156, 408, 859; 3/1173; 4/1067. См. также Электромиграционные методы
- Электрокоагуляция** 2/816
- Электрокорунд** 1/19; 5/143, 777
- Электрокрекинг** 2/85, 1005, 1059, 1060, 1115
- Электрокристаллизация** 5/851, 852, 853, 859, 926; 1/973; 3/888
- Электролиз** 5/853. См. также Электродные процессы, Электрохимические процессы, Электрохимия
- аппаратура** 5/854, 855. См. также Электроды
- внутренний.** см. Цементация
- воды** 1/778, 785, 786; 3/665; 5/33, 206, 363
- законы Фарадея** 5/106, 107, 854, 895, 921, 922; 1/314; 2/1097; 3/413
- и миграция ионов.** см. Электропроводность электролитов
- и поляризация** 4/123
- и псевдокапиллярности** 2/1254
- и рекомбинация** 4/450
- окислительно-восстановительные процессы** 3/664, 665, 667, 888; 4/820; 5/384, 853
- по Кольбе** 2/863; 4/301, 310
- применение** 1/208, 753, 754, 1093; 2/4, 25, 28, 293, 393, 445, 527, 553, 768, 859, 950, 1099, 1100, 1154, 1287; 3/7, 355, 360, 410, 515, 557, 819, 863, 872; 4/202, 301, 435, 975; 5/388, 553, 554, 609, 656, 749, 754, 796, 836–838, 854, 857, 922, 923
- защита от коррозии.** см. Электрохимическая защита
- нанесение покрытий.** см. Гальванотехника
- синтез веществ.** см. Электросинтез
- электрохимическая обработка металлов** 5/911, 912, 913. См. также Крашение оксидированного алюминия, Рафинирование металлов
- расплавов** 1/785; 2/579, 769, 1235; 3/349, 1069; 5/854, 923
- ток** 1/753, 754; 2/1098, 1099; 5/637–639
- Электролизеры.** см. Электролиз
- Электролитическая диссоциация** 5/856, 466, 553, 827, 857, 923; 1/766, 767, 1076, 1216; 2/158, 782, 783; 4/360, 361, 371, 372, 745. См. также Кислоты и основания, Растворы электролитов
- Электролиты** 5/857, 613, 754, 756, 827, 828, 838, 856, 858, 859, 913; 1/856, 857, 1098, 1114; 2/859, 872; 3/1129; 4/196, 206, 355–357, 648, 1086. См. также Электродные процессы, Электролиз, Электрохимические процессы
- аморфные** 2/408
- амфотерные** 1/289
- водные** 5/857, 860
- высокомолекулярные.** см. Полиэлектролиты
- высокополярные** 4/200
- для гальванотехники** 1/973–977; 2/264, 265, 552, 872
- для сенсоров** 4/627; 5/915, 916
- для СОЖ** 4/725, 726
- для стирки** 3/303; 4/699, 700
- для хемотронов** 5/914
- для химических источников тока** 1/972, 973; 3/356; 4/1211; 5/408, 487–489, 658
- замыкающие** 5/867
- и индикаторы** 2/448
- и эмульсии** 5/949
- как коагулянты** 2/817
- как стабилизаторы** 2/155
- комплексы** 1/441, 442; 2/872
- неводные** 5/859, 857, 860, 861; 1/111, 973
- нейтральные** 2/518
- низкомолекулярные** 4/78
- органические металлы** 3/100
- расплавные.** см. Расплавы, Электрохимия расплавов
- растворы.** см. Растворы электролитов
- твердые** 5/861, 857, 862, 863, 915, 920, 922; 1/892; 2/477, 768; 3/351, 418, 695, 696; 4/598, 627
- фоновые** 5/901
- электронейтральность** 2/320
- электропроводность.** см. Электропроводность электролитов
- Электролюминесценция** 2/1220, 1227; 5/925
- Электромебранные процессы** 2/196, 1300; 3/38, 41, 42, 55
- Электромерный эффект** 3/30, 321
- Электрометаллургия** 5/922, 923
- Электромиграционные методы** 5/863, 864–867. См. также Электрокинетические явления
- «Электрон», сплав** 2/310
- Электронная корреляция** 5/869; 2/904, 905, 1104; 3/468
- Электронная плотность** 5/874, 461–463, 643, 867, 875, 891, 905, 906; 1/404, 405, 1066; 2/510, 511; 3/207, 208, 234–236; 4/475, 476
- в мезомерных системах** 3/29–31
- деформационная** 4/474
- и химическая связь** 1/781, 782; 2/506, 831–833
- и цветность соединений** 5/648
- приближение.** см. ЛКАО-приближение, π-Электронное приближение
- функция** 4/420
- Электронные взаимодействия** 2/5; 5/336–339, 811
- выбранные** 5/880
- внутримолекулярные** 2/461, 462
- колебательные** 5/880, 28, 881, 1056, 1057; 2/727, 728
- конформационные** 3/175
- нежестких молекул** 3/392–394
- обменные** 1/405; 3/627–629
- поляризация дизелектронов** 2/206, 207
- предиссоциация** 4/159, 160
- радиационный захват** 4/315, 316, 331
- резонансные** 5/892, 893. См. также Электронный парамагнитный резонанс
- спиновые** 1/405; 4/796–798
- фононные** 4/585, 789, 996; 5/742
- эффект(ы) индуктивный** 2/461, 462
- корреляционные.** см. Электронная корреляция
- ядерные** 2/721; 3/222; 4/374, 376, 798; 5/458, 459, 889–893, 1023
- Электронные методы исследования и анализа**
- дифракционные.** см. Электронография
- зондовые** 5/877, 104, 105, 878–880, 933; 2/702, 1212, 1213; 3/431; 4/470
- лучевая плавка** 3/244, 249, 999; 4/466; 5/81
- микроскопия** 5/869, 26, 327, 515, 870–874, 894; 2/190, 743, 1213; 3/168, 459
- спекроскопия.** см. Оже-спектроскопия, Рентгеноэлектронная спектроскопия, Фотоэлектронная спектроскопия, Электронные спектры
- ударный.** см. Электронный удар
- Электронные оболочки** 1/405–407, 791; 3/959–961
- Электронные пушки** 2/251; 5/869–873, 877
- Электронные спектры** 5/881, 64, 65, 646–651, 742, 882–886; 1/855; 2/726, 727, 865; 3/29, 230; 4/749–751
- Электронные устройства автоматического регулирования** 1/23
- вакуумметры** 1/663
- весы** 1/685, 687–690, 692–697, 700, 701
- газоанализаторы** 1/894
- датчики давления** 2/1284

- интеграторы тока 2/1098–1100  
резисты 5/341  
хроматографические детекторы 1/909; 2/43–45
- Электронный газ 3/73, 96; 5/462, 868
- Электронный парамагнитный резонанс 5/886, 868, 887–893, 1033; 2/185, 293, 327, 329, 712, 727; 3/141, 229, 459; 4/304, 309, 334, 588, 750, 789–795, 797, 798, 882
- Электронный удар, метод 2/524, 628, 1116–1118, 1309–1311; 3/143; 4/151; 5/629
- Электрография 5/893, 104, 327, 328, 334, 871, 894, 895; 1/836; 2/188–190, 623, 1063, 1065; 3/21, 168, 208, 798; 4/882–884
- Электронообменники 3/662, 663
- Электрообменные волокна 5/447
- Электроны 5/868, 869, 930–932, 1031; 1/402–407; 4/243, 244  
атомные факторы 2/188, 189, 329; 4/788  
быстрые 4/1076  
вакантные, правило Сиджвана 3/82, 83  
валентные 1/664; 3/73, 74; 4/995–997  
взаимодействия, см. *Электронные взаимодействия*  
вторичные 2/499, 501, 529; 3/97; 5/338, 362, 871, 872, 877  
газ 3/73, 93; 5/462, 868  
гидратированные 2/5; 4/749  
движение 2/721, 1071. См. также *Волновые функции*, *Шредингера уравнения*  
– корреляция, см. *Электронная корреляция*  
дифракция 2/188–190, 1071; 5/893–895  
заряды 2/143; 3/235; 5/868  
захват, см. *Захват электронов*  
зонды 2/702, 712. См. также *Электронная микроскопия*, *Электронно-зондовые методы*  
и мезоны 3/31, 32  
и мутации 3/298  
и фотоионизация 5/331  
как ионизирующее излучение 2/188–190, 216, 499–503; 4/315, 316  
как фермионы 4/826  
кластерные, число 2/793–795  
конфигурация 2/904, 905; 3/288, 959–962. См. также *Конфигурационного взаимодействия метод*  
концентрация в ноосфере 2/509  
магнетизм 2/1238, 1239, 1244  
магнетизм 4/296  
неспаренные 2/524–526; 3/300, 301, 303, 304; 5/886–891  
оже-частицы 2/529, 1213; 3/32; 4/316; 5/871, 872, 878  
отрыв от отрицательных ионов 2/508  
пары 1/666, 1059, 1060; 2/905; 3/787; 4/585  
– куперовские 4/585  
– позитронные 2/500, 501, 727  
первичные 2/499, 501, 529, 702  
перенос 4/247; 5/368, 770, 772. См. также *Одноэлектронный перенос*  
– адиабатический и неадиабатический 4/410  
– в процессе дыхания 3/669–671, 697  
– в хиральных молекулах 5/540–546  
– и цветность соединений 5/646–650  
– множественный 2/663  
– под действием света, см. *Фотоперенос электронов*  
– при реакциях в растворах 4/409, 410  
– эстафетный 1/548  
плазменные 3/1094  
плотность, см. *Электронная плотность*  
поляризуемость 2/721; 4/124, 125. См. также *π-Электронное приближение*  
прещесия Лармора 2/77  
прилипание к атомам 2/528, 529  
проводимость 1/1054; 2/196, 1062; 3/96, 1095, 1103, 1104, 1106; 4/103–108, 112, 114, 995–997, 1030, 1075, 1076; 5/333, 859, 878, 898, 924, 925  
равновесие на границе металл – электролит 5/841  
свободные 2/329, 1119; 4/297  
слой 1/405  
смещение, см. *Мезомерный эффект*  
соединения, см. *Интерметаллиды*  
сольватированный 4/749, 292, 297, 750, 751; 5/356, 364, 859, 869  
состояния в квантовых системах 1/792–794; 2/727, 729. См. также *Орбитали*, *Паули принцип*  
спины 2/718, 727, 1239, 1244; 3/31; 5/893  
сроdstво частиц, см. *Сродство к электрону*  
«сухие» 4/297  
термы 3/1175; 4/296, 297  
ускорители, см. *Ускорители заряженных частиц*  
химическая поляризация 5/457, 458  
эмиссия 2/499, 501, 529; 3/97; 5/338, 362, 871, 872, 877  
энергетические уровни 1/791; 3/959–962; 4/103  
энергия 1/791; 2/1104, 1213; 3/206; 4/151–153, 296, 481–483; 5/873, 878  
Электроокисление 2/524, 525, 647, 863; 3/76, 102, 557, 662, 860; 4/803, 1200; 5/84, 838, 840, 902, 903  
Электрооптические материалы 2/855, 1072; 3/774, 777; 4/637  
Электроосаждение 5/895, 62, 853, 854, 896, 913, 921, 925, 926; 1/774, 775, 790, 974–977; 2/4, 192, 950, 1130; 3/71, 75, 819, 873; 4/807  
Электроосмос 2/859, 860, 916, 1300; 3/1173; 5/847–851, 898  
Электроосмотический перенос 5/849, 851  
Электроосмотическое скольжение 5/865  
Электроосмофильтрация 2/1300  
Электроотрицательность 5/896, 461, 463, 897, 920; 3/413; 4/153, 1005  
Электроперенос 5/897, 898; 2/553  
Электроповерхностные явления 5/898, 849, 899  
капиллярные 5/844, 845, 846, 898; 2/859; 3/1171–1173; 4/153, 730  
кинетические 5/848, 849–851, 898, 914; 2/3, 156, 408, 859; 3/1173. См. также *Электромиграционные методы*  
Электрополирование 5/912, 925  
Электропроводящие ДНК 4/1243, 1244  
Электропроводность 4/57; 5/745. См. также *Проводимость металлов* 3/97, 98  
полупроводников 4/103–108  
резины 4/442–444  
электролитов 5/899, 857–861, 867, 900, 901, 923, 924; 2/8, 210, 292, 864, 895–897; 3/100, 634; 4/376  
Электрозарядные устройства. См. также *Электрические разряды*  
вакуумметры 1/663, 664  
лазеры 2/1116, 1117, 1119  
Электрографирование 2/553; 5/854, 923, 926  
Электросинтез 5/901, 847, 854, 855, 902, 903, 922, 923; 4/128  
Электростатические эффекты и методы 2/48, 563, 1131; 3/16–18, 634, 1263; 4/349  
Электротермография 4/508  
Электротехнические сплавы 2/262, 1333; 4/808, 809  
Электрофакс 4/502  
Электрофилы 5/903–907  
Электрофильные реакции 5/903, 904–907; 1/243, 299, 361, 420, 421, 512, 518, 520, 526, 527, 596–598, 604, 941, 942, 968, 994–996, 1060, 1113, 1114, 1153, 1154, 1179, 1185, 1186; 2/65, 89, 90, 97, 104, 106, 135, 179, 245, 274–277, 346, 372, 397, 534, 620–622, 628, 645, 716, 745, 831, 940; 3/28, 294, 295, 315, 512, 787; 4/414, 553, 1117. См. также *Реакции химические*  
азосочетание 2/314, 359; 3/710  
алкилирование 2/90, 95, 314, 409, 456; 3/980; 4/66; 5/907  
аминометилирование 3/709, 710  
ацилирование 2/90, 314, 359, 409, 456; 3/91, 980; 4/66, 1026; 5/635, 636, 721, 905, 907  
бимолекулярные 2/128, 313, 940; 5/904  
в ароматическом ряду 1/373; 2/314; 3/1022; 4/417; 5/905–907  
Виттига 2/416; 5/905  
внедрения 2/651  
галогенирование 1/953; 2/28, 90, 91, 95, 360, 409, 441, 456, 651, 943; 3/384, 387, 526, 710, 951, 1054; 4/66, 273, 1055, 1156, 1201, 1202; 5/131, 739, 906, 907  
гидратация 1/1077  
гидрирование 1/1083  
гидролиз 1/1077  
Гриньяра 2/416  
дейтерирование 2/25, 943; 4/1156; 5/635  
декарбосилирование 2/28, 1169  
диазоминирование 2/70  
заместительные, см. *Замещения реакции*  
и нуклеофильные реакции 5/904  
изомеризация 5/904, 905  
карбосилирование 2/95  
Кляэна 5/905  
меркурирование 2/651; 3/28, 91; 4/553, 554; 5/635, 721  
металлирование 2/90; 3/91  
метиллирование 4/1198  
мономолекулярные 2/128, 314; 4/416; 5/904  
нитрование 2/90, 91, 314, 360, 439, 456, 534; 3/28, 384, 387, 526, 528–530, 558; 710, 951; 4/66, 273, 1156, 1201; 5/131, 905  
нитрозирование 2/943; 3/54, 535, 710; 5/905  
обменные, см. *Обменные реакции*  
окислительно-восстановительные 2/945  
перегруппировки(а) имид-амидная 2/415  
– молекулярные 3/938, 939  
Пикте–Шпенгера 3/1022  
присоединительные, см. *Присоединительные реакции*  
протодесульфирование 2/534  
протонирование 2/114, 115; 4/244; 5/907  
Реформатского 2/416  
саниметризация 4/686, 554  
стереоспецифические 2/128, 129, 313; 4/554  
Стивенса 5/905  
сульфирование 2/90, 314, 360, 441, 456; 3/28, 91, 387, 526, 1054; 5/66, 1055, 1201  
трансанилирные 4/1228  
формлирование 2/90, 95; 4/1026, 1156, 1157; 5/224  
Фриделя–Крафтса 5/367, 905  
Фриса 5/905  
Фрича–Буттенберга–Вихелля 5/373  
хлорметилирование 2/90; 5/721  
цианирование 2/943  
циклизация 3/980  
Электрофлотация 5/206, 210  
Электрофлуорирование 5/866, 867  
Электрофорез 1/559; 2/31, 200, 395, 859, 860, 916, 1130, 1299, 1300; 3/55, 287, 929, 1173; 4/39, 191, 523, 1011; 5/847–851, 863–867, 898, 900  
Электрофотография 3/1226; 4/501–503, 506, 509; 5/904  
Электрохемилюминесценция 2/1224, 1230; 5/446  
Электрохимическая защита 5/907, 908, 909, 924; 1/549; 2/322, 323, 435, 436, 947, 949, 950, 952; 3/274, 890, 891, 1088. См. также *Электрохимическая коррозия*  
Электрохимическая кинетика 5/910, 106, 637–639, 839, 840, 843, 844, 853, 854, 911, 923, 926; 2/145, 194, 435 и метод импедансный 2/429  
– – фарадеевского выпрямления 5/105  
и потенциалы системы, см. *Электрохимические потенциалы*  
коррозии металлов 2/953–955  
ток, см. *Ток диффузионный*, *Ток обмена*  
уравнение Тафеля 4/993  
Электрохимическая коррозия. См. также *Коррозия металлов*  
защита, см. *Электрохимическая защита*  
кинетика 2/953–955  
межкристаллитная 3/15  
морская 3/273, 274  
питтинговая 3/1086, 1087, 1088  
подземная 3/1179, 1180  
Электрохимическая обработка металлов 5/911, 912, 913. См. также *Поллирование*, *Травление*, *Цементация*  
анодная, см. *Анодное растворение*  
катодная, см. *Гальванотехника*  
оксидная, см. *Оксидирование*  
Электрохимическая термодинамика 5/466  
Электрохимические методы исследования и анализа 5/172, 173, 836–838  
вольтамперометрические, см. *Амперометрическое титрование*, *Вольтамперометрия*, *Полярография*  
высокочастотные, см. *Кондуктометрия*  
гравиметрия 5/836, 837, 838, 933; 1/1182; 3/8, 475  
импедансные 2/429; 5/915, 919, 926  
окислительно-восстановительные, см. *Кулонометрия*  
потенциометрическая, см. *Потенциометрия*  
фарадеевского выпрямления 5/105, 106, 919  
ферментативные 5/147, 148, 150, 151  
хроноамперометрия 5/637, 638  
хронопотенциометрия 5/638, 639; 2/194  
Электрохимические процессы 5/362, 363, 922. См. также *Электролитные процессы*, *Электролиты*  
в звуковых полях 2/491; 5/62

- в источниках тока, см. *Химические источники тока*
- галогенирование, см. *Электрогалогенирование*
- дегалогенирование 2/11
- диссоциация, см. *Электролитическая диссоциация*
- допирование 3/1215, 1216
- и законы Фарадея 5/106, 107, 854, 895, 921, 922; 1/314; 2/1097; 3/413
- и кристаллизация, см. *Электрокристаллизация*
- и осаждение, см. *Электроосаждение*
- и потенциалы систем, см. *Электрохимические потенциалы, Электрохимический ряд напряжений*
- и преобразователи информации 5/913–915
- и рафинирование, см. *Электрорафинирование*
- и сенсоры 5/915, 916
- и электродные цепи, см. *Электрохимические цепи*
- импеданс 5/918, 919, 920
- ионизация 5/839, 847, 854, 910, 911
- каталитические, см. *Электрокатализ*
- кинетика, см. *Электрохимическая кинетика*
- колебательные 2/851
- Кольбе реакция 2/121, 863; 3/347; 5/922, 923, 973, 1012
- коррозия, см. *Электрохимическая коррозия*
- крекинг, см. *Электрокрекинг*
- мембранные, см. *Электромеμβранные процессы*
- металлообработка, см. *Электрохимическая обработка металлов*
- окислительно-восстановительные 2/1097–1100; 5/363, 384. См. также *Электровосстановление, Электроокисление*
- «перекрестные» 2/863
- приборы, см. *Электрохимические устройства*
- Пшорра 4/279
- рацемизация 2/863
- синтез, см. *Электролиз, Электролиз, Электрохимия*
- токообразующие 1/972, 973
- фоточувствительные, см. *Фотоэлектрохимия*
- Электрохимические устройства**
- анализаторы газов 1/892–894; 2/768 – жидкостей 2/292, 293
- генераторы 4/1211
- детекторы 2/44, 45
- источники тока, см. *Химические источники тока*
- преобразователи информации 5/913, 859, 914, 915, 920, 924
- сенсоры 5/915, 916, 917; 4/627
- электродные цепи, см. *Электрохимические цепи*
- ячейки 2/895–897; 4/627, 819; 5/363, 487–489, 911, 913–916, 919, 924
- Электрохимический потенциал 5/920, 466, 499; 3/22–24, 669, 670. См. также *Диффузионный потенциал*
- Электрохимический ряд напряжений 5/920, 895, 896, 926, 991; 3/99, 413, 667
- Электрохимический эквивалент 5/921
- Электрохимия 5/921, 177, 922–925; 3/413; 4/123, 124
- и биология, см. *Биоэлектрохимия*
- и фотохимия, см. *Фотоэлектрохимия*
- полупроводников 5/925, 362
- прикладная 5/839. См. также *Электролиз, Электросинтез, Электрохимические процессы*
- расплавов 5/925, 926, 927
- электронно-проводящих фаз, см. *Электропроводные процессы, Электроды*
- Электроциклические реакции 5/927, 928; 1/841, 843; 3/324, 939, 964; 4/420, 993
- Электроокислительная реакция 5/854, 923
- Электроэлектрет 5/836
- Электропитание 5/898
- Электрум 2/334
- Элеман 4/660
- Элемент 106 5/928, 929
- Элемент 107 5/929
- Элемент 108 5/929
- Элемент 109 5/929
- Элементарные акты, см. *Динамика элементарного акта, Элементарные реакции*
- Элементарные реакции 4/721, 722
- акты 5/170
- динаника, см. *Динамика элементарного акта*
- и компенсационный эффект 2/868
- и спин 4/790
- в растворах 3/140
- каталитические 2/688–693; 3/79
- колебательные 2/848
- «концертные» 3/143
- мезоатомов 3/32
- механизмы 3/140–143
- молекулярность, см. *Бимолекулярные реакции, Мономолекулярные реакции, Тримолекулярные реакции*
- пироллиз нефтяного сырья 3/1062
- полимеризация 3/1266
- при низких температурах 2/1033
- энергия активации, см. *Активация процессов*
- Элементарные частицы 5/929, 868, 869, 930, 931; 1/407, 408, 787; 3/31, 32, 401, 402; 4/243, 244. См. также *Античастицы, Горячие атомы, Мезонная химия, Ядерная химия, Индивидуальные частицы материи*
- Элементарный анализ 5/932, 497, 933; 1/119–121, 292, 295, 296, 810; 2/291–293, 709–712, 855; 3/458, 459, 794, 795; 4/158, 159. См. также физические, физико-химические и химические методы анализа, отдельные методы
- Элементоорганические соединения 5/935, 781; 1/869, 1204, 1205; 2/158, 464–466, 534; 3/660; 4/1027. См. также индивидуальные представители и их группы
- металлоорганические соединения, см. *Металлоорганические соединения*
- олигомеры 2/804
- полимерные, см. *Полимеры*
- Элементы**
- в химии, см. *Элементы химические*
- как приходящие гены, см. *Мигрирующие генетические элементы*
- химических источников тока, см. *Гальванические элементы, Топливные элементы*
- чувствительные, см. *Сенсоры, отдельные устройства*
- Элементы химические 5/935, 506, 507, 936–988; 1/189–191. См. также отдельные элементы
- актиноидные, см. *Актиноиды*
- атмофильные 1/1015
- биофильные 2/1010; 4/630
- в ископаемых остатках, см. *Палеобиогеохимия*
- геохимическая классификация 1/1015, 1016; 3/96
- закон кратных отношений 2/984; 3/413; 4/866
- периодический Менделеева 3/963, 412, 413, 955; 5/508
- и номенклатура веществ 3/575
- изотопный состав 1/403; 2/381–395
- изоэлектронные ряды 4/106
- искусственные 2/1107, 1111, 1214; 3/956. См. также *Ядерные реакции*
- как индикаторы поиска ископаемых 1/1016
- как совокупность атомов, см. *Атомы, Валентность*
- кларки 2/789, 1/1017, 1018; 4/349, 431, 434; 5/915, 916, 936. См. также *Космохимия*
- лантаноидные, см. *Лантаноиды*
- леггирующие 4/806; 5/651, 652
- литофильные 1/1015; 3/99; 4/710
- магматические 1/1015
- металлические, см. *Металлические химические элементы*
- металлонидные и металлогенные 1/1015
- миграция 1/1015–1021; 2/789
- переходные 3/949, 96, 412, 950; 5/936. См. также *Переходные металлы*
- периодическая система, см. *Периодическая система химических элементов*
- радиоактивные 1/1015; 2/1107; 4/298–300. См. также отдельные представители
- рассеянные 4/349, 350, 431, 443, 547, 562–565, 593, 710; 1/672, 1015; 2/334, 789; 3/99, 304, 823, 849; 5/845, 936
- редкие, см. *Редкие элементы*
- РЭО, см. *Редкоземельные элементы*
- самородные 3/95, 166; 4/560; 5/936. См. также отдельные представители
- сидерофильные 1/1015
- технофильность 4/349, 350
- трансплутониевые 3/1155
- трансурановые 4/1241, 1257; 1/408; 2/370; 3/97, 99, 402, 956; 5/935, 1023
- халькофильные 1/1015; 3/99; 5/437, 438. См. также *Кислород, Сера, Селен, Теллур*
- циклические 1/1015
- щелочноземельные, см. *Щелочноземельные элементы*
- щелочные, см. *Щелочные металлы*
- β,γ-Элементы 4/659, 660
- Эленилацетат 5/938
- Элемиум 4/269, 1193, 1224, 1225
- Элеол 5/938; 1/187
- Элеостариновая кислота 2/306; 4/377, 378; 5/26
- Эпиминирования реакции 5/938, 87, 277, 365, 733, 740, 784, 939, 940, 1008; 1/39, 370, 600, 658, 659, 711, 1060, 1179, 1180; 2/129, 180, 279, 621, 794, 874, 935, 1103, 1203, 1236; 3/77, 79, 80, 103, 221, 507, 552, 896, 938, 939; 4/415, 620, 720, 925, 930, 933, 1147, 1152, 1205. См. также *Распад, Расщепление*
- бимолекулярные 1/1180; 5/938, 939
- водорода, см. *Дегидрирование, Дегидрополиконденсация*
- воды, см. *Дегидратация*
- восстановительные 2/874, 934; 3/77, 79, 80, 1130
- галогена, см. *Дегалогенирование*
- галогеноводорода, см. *Дегидрогалогенирование*
- дегадроциклизация 1/1113; 2/12, 678, 684; 3/45, 346; 4/193; 5/714
- диоксида углерода, см. *Декарбокцирование*
- диазометод 3/432. См. также *Дезаминирование*
- и внедрения превращения 3/77, 78
- камфеновые перегруппировки 2/598–600
- мономолекулярные 5/939
- по Бредту 1/606
- по Бэмфорду–Стивенсу 1/658; 5/939
- по Гофману, см. *Гофмана реакция*
- по Дёрингу 2/36, 37, 1103
- по Зайцеву, см. *Зайцева правило*
- по Коупу 2/966, 1252
- по Мервейну–Поиндорфу–Верлео 3/11
- по Мейеру–Шустеру 4/562
- по Норришу 5/356, 364
- по Пишемуже 3/1091
- по Руле 4/562
- по Хеку 5/439
- по Чугаеву 5/779
- природные 5/503, 939
- перидиклические 5/939
- радикальные 5/939
- стереоспецифические 2/129, 913; 4/344, 425; 5/939
- хелатронные 5/442, 443
- ферментативные 2/969, 970, 1168, 1169
- фотохимические, см. *Фрагментация реакции*
- циклизация 1/1180; 2/129; 4/416; 5/738
- Элимоклавин 5/967, 968
- Эливары 2/261, 262, 828, 1243
- Эльгавова кислота 2/973, 974; 4/978
- Элластолен 5/87
- Эллисометрия 5/940, 941; 2/3; 4/1206
- Эллитон 4/451
- Элмана реактив 5/941, 768, 942
- Элогазия**
- репликация 4/495–498
- транскрипция 4/1229–1231
- трансляция 4/1232–1237
- фактор G 1/472
- ЭЛОУ–АВТ–установки 2/166–168; 3/609, 610
- Элсона–Моргана метод 1/264
- Эльбса реакция 5/942, 142, 941; 4/907
- Эльпасолит 5/391
- Эльсортит 3/489
- Эльтекова правило 5/943
- Элюэты 2/293–298, 383, 506, 507, 518, 519, 1172; 5/620–627
- Эмалевые краски 2/978, 1296, 1297; 5/945. См. также *Эмали*
- Эмали 5/943, 62, 134, 611, 944, 945; 2/251, 354, 950, 982, 1132, 1278; 3/1000, 1009, 1140, 1192, 1223, 1224; 4/681, 878
- алкидные 1/153, 154; 2/1296
- водоразбавляемые 1/773
- горячей сушки 1/114
- дефекты 2/48
- как краски 2/978, 1296, 1297; 5/945 как твердые соли 2/332
- кислотоупорные 2/776
- масляные 2/1296, 1297
- перхлорвиниловые 3/991
- полуфабрикатные лаки 2/1015, 1128
- стекловидные 2/322
- термостойкие 2/255
- эпоксидно-каменноугольные 3/895
- Эмай 4/317
- Эманационный метод 5/945, 946, 947; 2/35; 4/335
- Эманирования коэффициент 5/946
- Эматаль-покрытия 3/696

- Эмбихинон 1/98  
 Эмблема, пленка 3/1139  
 Эмболит 1/611  
 Эмде расщепление 5/947  
 Эмерсона эффекты 5/349  
 Эметин 5/947, 948; 1/145; 4/227, 238  
 Эмиссионный анализ  
 атомный, см. *Атомные методы анализа*  
 спектральный 2/1010, 1038, 1121, 1235; 3/8, 475; 4/470–472, 550, 640, 775–782; 5/104, 750, 762  
 фотометрический, см. *Фотометрия пламени эмиссионная*  
 Эмиссия частиц, см. *Ионы, Электроны*  
 Эмиттеры 1/895; 4/712; 5/444, 445  
 Эмодинаитрон 2/972  
 Эмодины 4/712  
 Эмоксинил 3/710  
 Эмпель 5/726  
 Эмульги 4/731  
 Эмульгаторы 4/731  
 Эмульгаторы 1/17, 119, 139, 268, 1144, 1145, 1210; 2/83, 84, 114, 146, 278, 304, 491, 648, 1177; 3/283, 336, 337, 378, 700, 701, 712, 716, 724, 876, 992, 1041, 1089, 1166, 1228, 1233; 4/189, 580, 769, 770, 833, 929, 977; 5/59, 62, 323, 330, 571, 948–951, 974. См. также *Эмульсии*  
 Эмульгирование, см. *Эмульгаторы, Эмульсии*  
 Эмульсия 5/948, 871, 949, 980; 2/145, 146, 611, 860; 3/1167  
 акриловые 3/997  
 битумные 1/564  
 ветеринарные 2/226  
 вода–масло 3/992, 1163, 1168  
 вязкость 1/872  
 газовые 2/153  
 гидрофильно-липофильный баланс 3/1163  
 грубодисперсные 2/153  
 и мономолекулярный слой 3/261  
 и ультразвук 5/59  
 коагуляция 1/1001  
 коалесценция 3/1172  
 критические, см. *Микроэмульсии*  
 масло–вода 3/992, 1163; 4/376  
 материалы, см. *Эмульсионные материалы*  
 металлолакирующие 3/86  
 множественные 5/830  
 нефтяные 3/608–610, 717, 718, 724  
 образование, см. *Эмульгаторы*  
 обратные 3/168; 5/948, 949, 951  
 парафино–стеариновые 2/323  
 пестицидных препаратов 3/992  
 поливинилалкаты 2/232, 328  
 процессы, см. *Эмульсионные процессы*  
 псевдогели 1/1001  
 разделение 5/824, 825  
 разрушение, см. *Дезэмульгаторы*  
 ступовидные 1/1001  
 стабилизаторы 4/38; 5/39, 948, 949  
 текстильно-вспомогательных веществ 4/1012  
 тонкие пленки 4/1206, 1207; 5/776  
 фотографические, см. *Фотографические эмульсии*  
 Эмульсионные материалы  
 воски 1/164  
 жидкие мембраны 3/53  
 каучуки 1/635; 2/602, 603; 3/376  
 клеи 2/799  
 краски, см. *Водоземные эмульсионные краски*  
 искусственная пища 2/539  
 присадки 4/1115  
 смазочно-охлаждающие жидкости 4/725, 726  
 Эмульсионные процессы  
 поликонденсация 3/21, 1210, 1212; 4/95  
 полимеризация 5/950, 571, 949, 951; 1/632, 635–637, 788, 789; 2/706, 921; 3/186, 728, 732, 978, 1168, 1169, 1196, 1198, 1223, 1233, 1235, 1261, 1266; 4/21, 40  
 сополимеризация 2/631; 3/192; 4/40; 5/397  
 Эмульсолы 2/146; 4/725, 726  
 Эмультал 5/951  
 Энантиоманол 2/1285  
 Энантиомерия 2/367  
 Энантиомеры 1/173, 388–393; 2/367, 369, 599, 908, 909, 1103, 1171, 1172; 3/569, 772, 797, 1036, 1037; 4/388–392, 605, 848, 857, 858, 925, 945, 1217; 5/129, 538, 541, 731, 732, 952  
 Энантиоморфизм 5/952; 1/392; 2/1067; 3/772; 4/858  
 Энантиоселективный синтез 1/389, 1161; 4/533, 854, 855; 5/538  
 Энантиотопия 4/855, 858, 1211–1213, 1215; 5/538  
 Энантиотопомеризация 4/1216  
 Энантиотропность 4/24; 5/15  
 Энантовая кислота 2/226, 643, 644  
 Энантовый альдегид 1/1023; 2/660  
 «Энантол» 1/1023, 1024  
 Энантоксин 5/1054  
 Эндиковый ангидрид 5/964  
 Эндо..., см. *Экзо... эндо...*  
 Эндобил 4/478, 479  
 Эндозаг 2/327  
 Эндогенные соединения 2/101, 130, 604, 606; 5/195  
 Эндотриканозы 1/1126  
 Эндотриксиды 1/1126; 4/215  
 Эндотриксиды 5/661, 662  
 Эндодезоксирибонуклеазы 5/952; 1/1097; 4/509, 510  
 Эндором 1/999  
 Эндоксан 5/745  
 Эндометилентетрагидрофталевоый ангидрид 5/964  
 Эндонуклеазы 2/20, 604; 3/584  
 Эндопептидазы 1/1097; 3/199; 4/194, 216; 5/517, 518, 1036  
 Эндополыгалактуриноза 2/423  
 Эндополисахаридазы 1/1126  
 Эндорфин 2/1200; 3/400, 765, 766  
 Эндоскопы 2/49  
 Эндосульфат 2/343, 469, 470  
 Эндотал 2/38, 53, 1274  
 Эндотоксины 2/423, 468, 1198; 4/1195  
 Эндософменты 2/31  
 Эндозиптаксия 5/958  
 Эндрин 2/343, 470  
 Энергетическая динамика 5/475, 476  
 Энергетически разветвленные реакции 2/755; 5/689–691  
 Энергетические уроани, см. также *Энергия*  
 атомов, правило Хунда 5/640  
 в лазерах 2/1114–1118  
 выроджденные, см. *Вырождение энергетических уровней*  
 динамика 5/475, 476  
 зеemannовские, см. *Зеemann эффект*  
 зоны проводимости 3/73  
 и зарождение новой фазы 2/317, 318  
 и коагуляция 2/816–818  
 и жесткость молекул 3/391–394  
 квантовой системы 2/728  
 колебательные 2/852–855  
 комбинационного рассеяния 2/864–867  
 координационных соединений 4/121, 122  
 мессбауэровские 3/64, 65, 67, 68  
 расчеты 3/467, 468; 5/642–644  
 расщепление 2/328–330; 5/26–28  
 сдвиг 1/799; 3/66, 67  
 Ферми 4/995; 5/361  
 электронов 3/959–962; 4/103  
 Энергетический выход реакции 2/901, 902; 5/60  
 Энергетический обмен веществ 3/611, 624, 625  
 Энергетического соответствия принцип 2/693  
 Энергия(и)  
 адгезии 1/36, 37  
 активации, см. *Активация процессов*  
 атомная 1/408  
 взаимобмена в растворах 4/368  
 внутренняя, см. *Внутренняя энергия, Молекулы*  
 высokie, химия 5/514, 515  
 делокализации, см. *Ароматичность*  
 дисперсионного взаимодействия 2/147  
 диссоциации 2/158, 852, 853, 984; 3/18; 5/331, 463  
 зажигания 3/1187  
 и обмен веществ 1/561; 3/611, 624, 625. См. также *Биоэнергетика*  
 и эксергия 5/805  
 ионизации 2/501, 526; 4/151–153; 5/331  
 ионизирующих излучений 2/499  
 когезии 2/833; 4/732  
 кристаллических структур 2/510  
 массы 3/935  
 межфазная 3/1161  
 минимум, см. *Вариационный метод*  
 напряжения, см. *Напряжение молекул*  
 орбитальные 2/1104; 3/233, 235, 236, 778, 780–782  
 перенос 1/336; 2/499; 4/295, 296, 829–832, 870, 1065, 1066. См. также *Переноса процессы*  
 поверхностная, см. *Поверхностная энергия, Поверхностное натяжение*  
 полная системы, см. *Гамилтониан*  
 пороговая 4/871, 872  
 потенциальная, см. *Потенциальная энергия*  
 прототирования 1/666  
 распространение, уравнение 4/1044, 1045  
 рассеяние 4/1068, 1069  
 резонанса 1/377; 3/19; 4/447  
 реорганизация растворителя 4/409  
 свободная 2/913, 939, 941, 942. См. также *Гельмгольца энергия, Гиббса энергия*  
 связанная 3/1161; 5/1032  
 сольватация 2/912, 913; 4/750  
 сопряжения в полупроводниках 4/108  
 сохранение, закон 4/772, 773, 825; 1/1046  
 стабилизации переходного состояния 4/419, 420  
 стертческая 2/910  
 тормозная способность 2/500  
 уровни, см. *Энергетические уровни Ферми* 2/794  
 функционал 1/681, 682  
 электронная, см. *Электроны*  
 ядерная, см. *Ядерная энергия*  
 Энергонасыщенные соединения 3/412, 414. См. также *Восстановители, Окислители*  
 Энергохимическая технология 1/467, 468, 878, 1171; 2/1165; 4/101. См. также *Водородная энергетика, Энергетический анализ*  
 Энциклопедия 1/558, 559; 5/152  
 инженерная 2/463, 464; 3/155; 5/157  
 Энциклопедия 1/558–160  
 Энкалон 3/1201  
 Энкефалины 2/1200; 3/133, 400, 765; 5/121  
 Энциклины 2/34, 522–524  
 Энклаза 5/953, 954; 2/1169  
 Энского теория 2/302  
 Энстатит 4/675, 676  
 Энтальпия(и)  
 для подобных веществ 4/763  
 и давление 4/1071  
 и принцип равновесия Гиббса 4/1073  
 и теплоемкость 4/1038, 1040  
 и термический анализ 4/1057  
 и химическое строение 4/813; 5/505  
 и энтропия 4/1071, 1072  
 как термодинамический потенциал 4/1071; 5/498  
 образования 5/954, 331; 4/1086  
 определение, см. *Калориметрия*  
 охлаждения, см. *Холодильные процессы*  
 растворения 4/747, 748, 818  
 реакный 2/477, 754; 3/96; 4/825, 1034–1036; 5/97, 100, 352, 464, 496, 954. См. также *Тепловые эффекты реакций*  
 сгорания 4/1086  
 смещения 5/954  
 сольватация 4/747–749  
 стандартные 4/817, 818  
 фазовых переходов 2/788; 3/1091–1093; 4/516, 890, 891  
 Энтерокиназа 4/1270  
 Энтеросептол 5/954, 527, 955; 4/232  
 Энтеротоксины стафилококковые 4/832, 833; 3/1097  
 Энтропия(и) 5/955, 464–466, 496, 498, 500, 956, 957; 2/362; 4/1029, 1030  
 абсолютные 4/1035  
 активации 2/754; 3/395; 4/415; 5/352. См. также *Активированного комплекса теория*  
 баланс, уравнение 4/1066–1069  
 для процессов неадиабатических 4/1065  
 – – холодильных 5/593, 594  
 закон возрастания 1/839, 840  
 и анергия 5/804, 805  
 и внутренняя энергия 4/1071  
 и деформация 2/55  
 и изотонный эффект 2/387  
 и жесткость молекул 3/395  
 и принцип Больцмана 4/185, 1070  
 и теплоемкость 4/1038, 1040  
 и термодинамическое равновесие 4/1073  
 и эксергия 5/804, 805  
 и энтальпия 4/1071, 1072  
 информации 1/1198  
 конфигурационная 2/1263  
 парциальная молярная 3/886  
 плавления 3/1093  
 полимеризации 3/1265; 4/370, 371, 844  
 производство 3/645; 4/463; 5/473, 506  
 систем открытых 3/841, 842  
 – статистический вес 4/824, 825  
 стандартные 4/817, 818  
 структур диссипативных 3/840; 4/1070  
 – периодических коллоидных 4/886  
 тепловая теорема 4/825, 1034, 1035  
 удельная поверхность 3/1161  
 Энтропидан 4/812  
 Энциклопедия химические 5/490  
 Эозин 5/957; 1/362, 614; 2/89, 450, 1082, 1083, 1217; 4/86  
 Эпи... 5/957  
 Эпидемиология 1/571  
 24-Эпидемиология 4/859  
 Эпиглюкоза 5/957

- 1,4-Эпиднокси-2-л-ментен 1/393  
 Эпидитиациклоолаканы 2/170  
 Эпикамфора 5/957  
 Эпикатехины 1/556  
 Эпикопростанол 1/225; 226  
 Эпикрил 3/746  
 «Эпиламмы» 5/395  
 Эпиманолюксид 2/284  
 Эпиманоол 2/284, 1148, 1285  
 Эпимеразы 2/363, 364; 5/957  
 Эпимеризация 5/957, 574, 715; 2/363, 364, 368, 629, 752, 943, 1211; 3/268, 270, 286, 378, 380  
 Эпинефрин 1/48  
 Эписомы 3/149, 150, 1096  
 Эписульфиды 5/7, 264  
 Эписульфидные соединения 2/130; 4/913; 5/791  
 Эпитаксия 5/958, 321, 323, 898; 1/677, 875, 876; 2/318, 452-454, 558, 1009; 3/240, 335, 415, 421, 1103-1105; 4/112-117, 346, 1270  
 Эпитиуролозол 2/284  
 Эпифлок 4/86  
 Эпихлоргидрин 5/959, 137, 960, 962, 963; 1/179, 180, 311, 949, 960, 994, 1146-1148; 2/31, 95, 655, 707, 708, 988; 3/1239, 1270; 4/84, 86, 94, 613, 1128  
 каучуки 5/959, 960, 961; 2/707, 708; 4/94, 203  
 Эпихрома 5/961  
 Эпкар 5/993  
 Эпокрил 3/746  
 Эпоксидирование 5/961, 8, 732, 959, 963; 1/951, 952, 1096, 1146, 1180; 2/2, 130, 131, 135, 285, 657, 706; 3/79, 319, 323, 732, 739, 740, 975, 977, 982; 4/169, 203. См. также *Эпоксидные материалы, Эпоксидные соединения*  
 Эпоксидное число 5/961  
 Эпоксидные материалы. См. также *Эпоксидирование, Эпоксидные соединения*  
 автокосметика 1/19  
 герметики 1/1046  
 волокнисты 1/871  
 вазулины 1/871  
 грунтовок 1/207  
 дубители 2/236  
 каучуки 2/285, 706-708; 4/31, 94, 202-204; 5/959-961  
 клеи 2/804; 4/716  
 композиционные 2/867, 868, 878-880  
 краски 4/142, 144  
 лаки 5/961, 134, 962; 3/743  
 мастики 2/1319  
 пластики 1/593; 3/1121; 4/844, 845  
 покрытия 2/322; 3/86, 646  
 препрегн 4/163  
 шпательки 5/787  
 Эпоксидные смолы 5/962, 7, 134, 142, 430, 959; 1/151-152, 179, 1013; 2/95, 328, 660, 804, 806, 1014; 3/86, 114, 159, 724, 728, 732, 743, 745, 802-804, 822, 839, 840, 902, 903, 911, 991, 1121, 1139, 1180, 1197, 1210, 1212, 1264, 1265; 4/332, 333, 502, 661, 668, 723, 739, 765, 969, 1007, 1090  
 активность, см. *Эпоксидное число*  
 карборансодержащие 2/648  
 металлонанополненные 3/87  
 новолачные 5/137  
 полифункциональные 5/137  
 радиационная стойкость 4/291  
 растворы, см. *Эпоксидные лаки*  
 Эпоксидные соединения 1/150, 266, 391, 533, 633, 960, 966, 995, 1077, 1113, 1134, 1147, 1148; 2/118, 286, 345, 404, 1148, 1280; 3/516, 744-746, 867, 922, 1046, 1116; 4/93, 287, 468, 916, 1141, 1163; 5/17, 95, 96, 124, 255, 266, 278, 280, 746, 961, 987, 989-991, 995. См. также *Оксидные материалы*, см. *Эпоксидные материалы*  
 олигомеры, см. *Эпоксидные смолы*  
 определение 3/796; 5/959  
 получение, см. *Эпоксидирование*  
 раскрытие цикла, см. *Красуского правило*  
 Эпоитол 4/812  
 ЭПР, см. *Электронный парамагнитный резонанс*  
 Эпсин 5/993  
 Эпсомит 1/956; 2/1234, 1250  
 Эптама 1/330, 1030  
 Эпштейна формула 1/447  
 Эрадикан 1/330, 1030  
 Эрбий 5/965, 164, 938, 966, 967; 1/1185; 2/222, 1123, 1147, 1242; 3/413, 955, 957, 958; 4/432-434, 438, 586, 809  
 Эргоалкалоиды 5/967, 968, 969; 2/1322; 3/156  
 Эргодическая гипотеза 3/213, 214  
 Эргокальциферол 1/745-747, 751, 752  
 Эргокоринн 5/967, 968  
 Эргокриптин 5/967, 968  
 Эргокрисин 5/967, 968  
 Эргокристинин 5/967  
 Эрголины 3/156; 5/967  
 Эргомтерин 2/1322; 3/156; 5/967  
 Эргоновины 5/967, 968  
 Эргостерин 1/746, 748, 750, 826; 2/232; 3/49, 156; 4/859, 860; 5/422  
 Эргостерол 4/233  
 Эрголамины 5/969, 967; 2/1322; 3/156  
 Эрготоксин 5/968  
 Эрмелантин 5/969, 970  
 Эрринит 4/774  
 Эрроглауцин А 2/450  
 Эрронит 2/676; 5/679-681  
 Эррохром черный Г 1/459; 2/282, 451, 553, 580, 1235; 5/750  
 Эррохромциан 1/209  
 Эррохромцианин 4/936  
 Эрритидины 4/274, 275  
 Эрритрин 1/382; 2/819  
 алкалоиды 5/969, 970  
 D-Эритрит 3/615, 616  
 Эритроза 2/367; 3/263; 5/957  
 Эритрозин 2/449, 1082, 1217  
 D-Эритрозо-4-фосфат 3/615, 616; 5/121  
 α,β-Эритроидины 5/969, 970  
 Эритроизомеры, см. *Изомерия*  
 Эритрокурурины 1/1006  
 Эритромицины 2/1262, 1263  
 Эритрооксантирахионин 3/689, 690  
 Эритропозитин 2/1155  
 Эритроптерин 2/975; 4/270  
 D-Эритруроза 3/264, 615, 616  
 Эритрулозофосфаты 3/615, 616, 918, 919  
 Эрленмейера кислота 2/935  
 Эрленмейера-Плехля синтез 1/198; 4/1170  
 Эрлифты 1/62; 3/339  
 Эрлиха  
 реагент 2/113, 114; 3/1079; 4/713; 5/970  
 реакция 5/970  
 Эрлихманит 3/823, 824  
 Эрмитовы операторы 2/718, 720  
 Эрзия  
 и коррозия металлов 2/956  
 почва 2/861; 3/1169  
 Эрзуковая кислота 1/863, 864; 4/378  
 Эсбатол 4/694  
 Эсколант 5/614  
 Эскорез 3/444  
 Эсла 4/49, 50  
 Эсперон 3/292, 293  
 Эспреи 5/993  
 Эссо-бутил 1/645-647  
 Эстан 5/87  
 Эстанса метод 5/845  
 Эстар 3/1139  
 Эстафетный перенос протонов и электронов 1/548  
 Эстеразы 1/435, 1097, 1098; 2/635  
 Эстефат 383 1/149  
 Эстеолин 1/296, 297; 4/230  
 Эстрадиол 1/1173; 4/511; 5/970, 971  
 Эстрадиол 1/1048; 4/862, 865; 5/970, 971  
 Эстратриенолы 5/970, 971  
 Эстрадиол 5/972  
 Эстриол 1/1171, 1173; 5/971  
 Эстрихлорид 1/871  
 Эстрогены 5/970, 218, 606, 971, 972; 1/747, 1047, 1048; 2/606; 4/236, 862, 863, 865  
 Эстроны 1/1173; 2/605, 606; 5/970-972  
 Эсулан 4/230  
 Эта (η)... 1/адири; 2/274-276  
 Этазол 4/901, 902  
 Этанозол 5/419  
 Этакриновая кислота 2/180, 181  
 Этамбутол 5/973; 4/241, 242  
 Этамзилат 1/322  
 Этаминал-натрий 5/973; 1/455; 4/742  
 Этанцилин 2/34, 35; 3/711  
 Этап 5/973  
 получение 1/927-929, 932, 947; 2/677, 680, 686, 810, 811, 843, 844, 898; 3/53, 347, 462, 666, 726, 727; 4/194, 460, 461; 5/998  
 свойства 1/6-8, 68, 759, 760, 913, 914, 948, 1158, 1163; 2/10, 221, 300, 362, 672, 907, 984, 1077; 3/345, 346, 392, 557, 672, 739, 785, 1062, 1064-1066; 4/194, 421, 691, 767; 5/27, 36, 65, 690, 834, 983  
 Этанал 1/196, 423, 424  
 Этап-бутановая нефтяная фракция 4/1059  
 Этандаль 1/1141, 1142  
 Этандовая кислота 3/253; 5/795, 796  
 1,2-Этадиол 1/1133; 4/801, 802; 5/984-986. См. также *Этилленгликоль*  
 Этап-β-дисульфитон 4/905  
 1,2-Этадитиол 2/175, 178  
 Этанимины 1/200  
 Этанинтрил 1/437, 438  
 Этановая кислота 2/643, 644; 5/55, 56  
 Этанол, см. *Этиловый спирт*  
 Этаноламиды жирных кислот 5/973, 974  
 Этаноламиды 5/974, 246, 975, 976, 991, 993, 994; 1/264, 265; 2/123, 171, 970, 1189, 1311; 3/63, 681, 719; 4/206, 642. См. также *Моносоединения*  
 Этанол-лигнин 2/1173  
 Этасульфамид 4/897  
 Этасульфокислота 4/924  
 Этасульфохлорид 4/937  
 Этаптиол 3/653; 4/1136  
 Этар реакция 5/976  
 Этацилин 5/1001  
 Этвеша уравнение 4/763  
 Этеи 5/982  
 Этеоадинин 4/277  
 Этеоадиозины 1/42  
 Этерификация 1/1097, 1218; 2/212, 304, 648, 755, 756, 889; 3/102, 105, 107, 506, 532, 604, 1221; 4/748, 924, 1156; 5/279, 665-668, 986, 1011. См. также *Эфиры сложные*  
 внутримолекулярная, см. *Фосфорирование*  
 гидролитическая 5/998  
 и протонирование 4/245  
 и ударные волны 5/53  
 каталитическая 2/702; 5/10, 260  
 модифицирующая 5/137  
 самопроизвольная 3/253; 4/527, 1127  
 стерические требования 2/913  
 тепловые эффекты 4/1086  
 Этерозоли 2/331  
 Этефюр 2/53, 54; 4/429  
 Этпенал 4/238  
 Этил 1/154; 3/569, 572; 4/304  
 Этиладиниат 1/47  
 Этилакрилат 5/977, 997; 1/115, 116; 2/236, 808; 4/22  
 N-Этилалкиламины 5/978  
 Этилалкиловые эфиры 5/1007  
 Этилаль 1/422  
 Этилалюминийгалогениды 1/210, 645; 2/673; 5/14  
 N-Этиламиниды 5/978  
 3-Этиламино-1,2-бизизотиазол 1/492  
 2-Этиламино-4-гидрокситолуол 2/1083  
 2-Этиламино-2-феил-1,3-индадион 2/439  
 м-(Этиламино)фенол 5/378  
 Этиламины 5/977, 978, 979, 995, 997; 1/27; 2/171, 550, 1032; 3/569, 619, 620; 4/750  
 N-Этиламиниды 5/711  
 N-Этиланилин 1/155, 389; 2/456  
 2-Этилантагидроксион 1/780  
 Этилантраилат 1/349  
 Этилаты 1/168; 5/995  
 Этилацетат 5/979, 56, 221, 745, 995, 997, 1001; 1/6-8, 424, 425, 427, 428, 440, 1096, 1175; 2/278, 806, 825, 936, 1104, 1320; 3/114, 121, 323, 1059; 4/211, 445, 866, 1037  
 Этилацетоацетат 1/335, 439, 440  
 N-(N-Этилбензил)-L-гидроксипролин 2/1172  
 Этилбензоат 1/421, 510; 2/87, 785  
 Этилбензолацетат 1/506  
 Этилбензол 5/980, 56, 681; 1/158-160, 373, 375, 441, 497, 513, 528; 2/210, 671, 672, 686, 845, 846; 3/292, 450, 462, 466, 673, 738, 833; 4/869  
 гидропероксид 3/732; 4/202, 203  
 сульфаты 1/1110  
 хром 5/615  
 Этилбромид 4/1110; 5/121, 973, 994  
 Этилброммалонат 1/531  
 2-Этил-1-бутен 1/999  
 2-Этилбутилцеллолозы 5/659, 660  
 Этилванилин 1/680; 3/1089  
 Этилванилбензоил 2/93, 210  
 Этилванилиловые эфиры 1/119  
 5-Этил-2-винилпирридин 1/721  
 Этилгалогениды 5/979  
 2-Этил-1,4-гексадиен 3/407  
 2-Этилгексааль 2/538; 5/980  
 2-Этилгексан-1,3-диол 2/1298  
 2-Этил-1,3-гександион 4/494  
 2-Этилгексановая кислота 1/863, 864; 2/643, 644; 4/669  
 2-Этилгексанол 5/980, 981; 1/65, 199, 204, 424, 649, 865, 867, 1025; 2/1297, 1298; 3/727, 728; 4/804  
 Этилгексилакрилат 2/808  
 Этилгексилметакрилат 3/1196  
 (2-Этилгексил)метилфосфонат 5/276  
 2-Этилгексилфенилфосфорная кислота 1/541  
 2-Этилгексилфосфаты 5/256  
 бис-(2-Этилгексил)фосфорная кислота 3/57  
 2-Этилгептановая кислота 4/669  
 Этилгидраин 1/1072  
 Этил-β-гидроксипропанат 1/440  
 2-Этил-3-гидроксигексааль 2/1297  
 Этилгидрохлорид 5/991  
 O<sup>6</sup>-Этилгуанин 3/294  
 Этилгидрогентионфосфаты 1/961  
 S-Этил-N,N-диэтилкарбамат 1/330  
 Этилдиизопропиламины 3/832



- О-Этил-S-β-диизопропиламиноэтилметилфосфонат (ви-газ) 5/981, 982, 1045; 2/9; 3/842–844
- 2-Этил-1,6-диоксаспиро[4.4]нонан 1/415
- О-Этил-S,S-дифенилдитиофосфат 5/421
- Этилдихлорфосфат 1/962
- Этилдихлорфосфин 1/963, 964
- Этилдихлорфосфит 1/966
- Этилдициклогексилламин 3/832
- Этилен 5/982. См. также *Олефины* жидкий 1/645; 3/1244
- комплексы с переходными металлами 2/930; 3/736, 1130; 4/554
- окись, см. *Этиленоксид*
- олигомеры, см. *Термоэластопласты*, *Этилен-пропиленовые каучуки*
- определение 1/894; 4/786
- получение 1/420, 513, 566, 567, 628, 904, 927, 929, 931, 1220; 2/11, 100, 140, 205, 375, 638, 677, 741, 845, 846, 1005; 3/53, 101, 104, 195, 197, 449, 451, 465, 526, 727, 913, 1007, 1061–1066, 1100; 4/194, 205, 313, 926, 1060; 5/469, 973, 990, 995, 997
- свойства 1/6–8, 159, 198, 254, 424, 431, 588, 650, 713, 715, 723, 841, 843, 923, 947, 948, 998, 1040, 1051, 1058, 1066, 1113, 1163, 1186, 1197; 2/53, 129, 202, 204, 210, 282, 533, 640, 665, 667, 672, 674, 691, 795, 851, 887, 921, 922, 1034, 1100, 1194, 1228; 3/18, 54, 78, 79, 104, 114, 116, 122, 228, 333, 407, 516, 582, 672, 728, 732, 736–740, 875, 964, 965, 1177, 1178; 4/193, 196, 204, 208, 265, 312, 418, 419, 499, 512, 607, 648, 690, 734, 869, 906, 928, 1037, 1123, 1202; 5/14, 16, 56, 119, 223, 256, 368, 439, 570, 646, 705, 711, 718, 719, 733, 834, 876, 973, 980, 983, 985, 987, 991, 994–996, 998, 1047
- сополимеры 5/983, 389, 402–404, 977, 982, 984, 991, 992; 1/923; 2/103, 516, 572, 705–707, 713, 716, 724, 725, 809, 921, 922; 3/9, 257, 278, 661, 1136–1139, 1234, 1267; 4/175, 305, 766, 850, 969, 1087, 1089, 1104. См. также *Полипропилен*, *Полиэтилен*
- тиооксид, см. *Этиленсульфид*
- эндогенный 4/428, 429; 5/195
- Этиленбрасилат 3/291, 292
- Этиленбутенгликоль 5/85
- Этиленгауленгидрин 5/984, 993, 994
- Этиленгликоль 2/984. См. также *Гликоли*, *1,2-Этидиол*
- азеланаты 1/64
- алкоголяты 1/1140
- динитрат 5/985, 986; 2/126, 127
- метаболизм 3/615, 616
- получение 1/1077, 1101; 2/134, 140, 204, 1164; 3/120; 5/984, 985, 990, 991
- свойства 1/155, 195, 342, 514, 630, 714, 897, 918, 1133, 1135, 1142; 2/80, 140, 199, 211, 448, 449, 700, 764, 809, 862, 1151; 3/183, 184, 257, 291, 1017, 1255, 1261; 4/54, 87, 199, 750, 801, 802, 804, 1088, 1113, 1138; 5/85, 86, 377, 440, 554, 588, 777, 984–986, 988, 990, 994
- эфир 1/117, 589–591, 717, 789, 880, 1140; 2/627; 3/717; 4/172; 5/56, 984, 991. См. также *Глимы*, *Целлозоланы*
- Этилендиамин 5/986, 584, 700, 975, 976, 987, 988, 991, 1059; 1/193, 269, 949; 2/82, 181, 204, 212, 411, 413, 449, 770, 821, 931, 1171; 3/380, 523, 1029, 1165; 4/85, 173, 188, 206, 234, 750, 771
- (+)-1,1'-Этилендиамин-N,N'-бис-(1-гидроксиэтилпропан) 5/973
- Этилендиаминтетраметиленфосфоно-вая кислота 2/872
- Этилендиаминтетрауксусная кислота 5/987, 273, 379, 440, 441, 453, 584, 865, 866, 986, 988; 1/115, 209, 328, 333, 1039, 1098; 2/20, 282, 452, 545, 579, 580, 870–872, 1217, 1235; 3/713, 896, 1089; 4/299, 396, 435, 699, 815, 1075
- Этилендибромид 1/614, 1203
- Этилендиэтиоцианат 2/176
- Этилен-1,2-дизотиуронийдибромид 2/175
- цис-транс-Этилен-1,2-дикарбоновые кислоты 2/1272–1274
- 1,2-Этилен-бис-(N-диметилкарбодип-оксиметил)аммонийдихлорид 1/339
- Этилендинитрамид 5/988, 986
- Этилендинитрилотетрауксусная кислота 5/987, 988
- Этилендиоксидборан 1/582
- N,N'-Этилендисукцинимид 5/1059
- Этилен-бис-дятиокарбаматы 2/176; 5/417, 986
- Этилендифосфиндиоксиды 5/441
- Этилендихлорид 1/917; 2/82, 203, 204
- Этилендиимиды 5/988
- Этиленимин 5/988, 218, 449, 989, 990; 1/265, 1217; 2/421; 3/63, 293; 4/83, 84, 234, 1138, 1225
- Этилен-бис-(иминдиуксусная кислота) 5/987, 988
- Этилениминфосфорамиды 5/988, 989
- Этиленкарбонат 5/990, 234, 975, 985, 991; 1/116, 117; 2/638, 639; 3/1199; 4/581
- Этиленмочевина 2/413; 5/975, 986, 988
- Этиленовые углеводороды, см. *Алкены*, *Олефины*
- Этиленоксид 5/990
- полимеры, см. *Полиэтиленоксид*
- получение 1/960, 1051, 1058; 2/665, 667, 691; 3/450, 739; 4/193; 5/982, 991, 1037
- свойства 1/42, 230, 269, 339, 340, 435, 836, 1077, 1203; 2/123, 134, 140, 211, 215, 221, 404, 604, 616, 627, 672, 986, 1149, 1266; 3/106, 107, 293, 682, 685, 686, 708, 709, 715–719, 730–732, 1239, 1251; 4/54, 63, 94, 202, 207, 342, 696, 697, 769, 922, 990, 1097, 1128; 5/13, 15, 130, 416, 590, 660, 668, 708, 789, 976, 978, 984, 985, 990, 991, 994, 1008
- сополимеры 2/699, 707, 708, 1267; 3/610, 744, 1165; 4/31. См. также *Прокасмны*, *Проканолы*
- Этиленпропиленгликоль 5/85
- Этилен-пропиленовые каучуки 5/991, 398, 982–984, 992, 993; 1/14, 645, 845, 1045; 2/206, 705, 706, 922, 1149; 3/326, 327, 661, 739, 1114; 4/28, 130, 198, 441, 443, 444, 734, 1089
- Этиленсульфат 4/905
- Этиленсульфид 2/173, 175; 3/733. См. также *Олефины*, *тиооксиды*
- Этиленсульфит 4/921, 922
- Этилентерефталат 1/1036
- Этилен-бис-тетрагидронденилцирконийдихлорид 2/674; 5/713
- Этиленхлоргидрин 5/993, 557, 590, 660, 976, 990, 991, 994; 1/117, 270, 960, 1203; 2/123, 202, 627, 638; 4/581
- Этиленциангидрин 1/117, 640; 3/105, 708; 5/709, 991
- Этилден 2/325, 622
- Этилендиамин 1/194, 200
- Этилендишаретат 5/57
- Этилендифосфорная кислота 4/699
- Этилендиорборен 5/991, 992
- Этилендиэфирид 1/722
- 5-Этил-5-изоамилбарбитуровая кислота 1/455
- 5-Этил-5-изоамилмалоновая кислота 1/455
- Этилизовалерат 1/667
- Этилонитрил 2/372; 5/978
- Этилоцианат 2/401; 5/978
- Этилоцианид 2/372. См. также *Этил-изонитрил*
- 2-Этилмидазолин 4/206
- Этилодия 1/506, 1179; 2/811; 3/105, 705, 721; 5/999, 1007
- Этилопропан 3/444, 936; 5/994
- Этилкарбамат 1/517; 5/87
- Этилкарбитол 2/627
- Этилсантогенат 2/213; 3/244
- Этилсантогеновая кислота 2/213, 573; 3/244
- N-Этилактамы 5/978
- Этиллактат 3/253
- О-Этиллактим 2/1138
- Этилпятик 2/1203; 4/1121; 5/14
- Этилпятигалогениды 2/404, 532, 533, 1139; 4/872, 1110, 1111; 5/14, 903
- N-Этилмалеинимид 5/84
- Этилмалоновая кислота 1/421; 4/1143
- Этилмальтол 3/1089
- Этилмеркаптаны 3/363, 653
- Этилмеркурхлорид 4/247, 554
- Этилметакрилат 3/1196; 4/21
- Этилметансульфонат 3/294
- 5-Этил-5-(1-метилбутил)мвоновый эфир 4/1143
- 2-Этил-6-метил-3-гидроксипиридин 3/710; 4/1226
- Этил-N-метилкарбамат 5/87
- 2-Этил-4-метил-1-пентанол 3/728
- Этилморфин 1/296, 297; 4/230
- Этилмочевина 2/82
- α-Этилнафталин 1/418
- Этилинитрамид 3/502
- Этилинитрат 3/505, 529; 4/1102
- Этилинитрит 3/519
- Этил(п-нитрофенил)фосфит 5/265
- Этил(п-нитрофенил)этилфосфонат 5/276
- Этиловая жидкость 5/994, 568; 1/327, 500; 3/278
- Этиловые эфиры, см. *индивидуальные представители и соответствующие кислоты*
- Этиловый спирт 5/994
- абсолютный 5/996
- денатурация 1/650; 3/1046; 5/997
- лигнифицированный 2/1173
- межзвездных облаков 2/962
- метаболизм 3/617, 618
- меченый 3/148
- определение 2/446; 5/151
- получение 1/554, 1006, 1077, 1100, 1101, 1102, 1155; 2/214, 989, 1164; 3/450, 738, 740; 4/582, 648, 804, 1111; 5/39, 663, 978, 982, 995, 996, 998
- применение 1/6–8, 52, 205, 342, 452; 2/574; 3/119, 120, 278; 4/342, 355, 359, 1078; 5/996, 997
- свойства 1/426, 450, 608–611, 629, 632, 649, 971, 1057, 1163, 1175, 1200; 2/11, 12, 19, 215, 267, 297, 366, 381, 447–449, 770, 813, 851, 942, 944, 1275; 3/104, 157, 536, 547, 561, 785, 1058; 4/135, 206, 274, 514, 570, 671, 745, 750, 801–803, 895, 906, 940, 1037, 1039, 1113, 1150, 1194, 1222, 1260, 1262; 5/56, 131, 200, 234, 376, 524, 544, 541, 551, 556, 561, 593, 659, 820, 834, 961, 977, 978, 994, 995, 998, 999, 1005, 1006
- стеклообразные матрицы 2/1034
- утилизация отходов 2/562
- Этиловый эфир, см. *Дизтиловый эфир*
- 2-Этилоксазолин 4/206
- o-Этилосаллиламиноацетофенон 2/1109
- Этилолеат 3/730
- 3-Этилпентан 1/1023
- Этилперхлорат 3/989
- Этилпирилат 1/668
- Этилпирдин 1/720; 5/537
- N-Этилпирдинийбромид 3/1046
- Этилпропиленат 2/744
- Этилпропанон 4/208; 5/1009
- Этилсиланы 2/1020; 3/799
- Этилсилкаты 5/997, 998; 1/172; 4/1111
- Этилсульфаты 2/214; 5/995
- 2-Этил-2H-тетразол 4/1099
- О-Этилтиамин 3/294
- Этилтиодихлорфосфат 3/1091
- бис-(Этилтио)метилнатрий 4/1155
- Этилтиокарбамат 5/87
- 3-(Этилтио)пропионая кислота 4/911
- o-Этилтиофенол 1/528
- Этилтиоцианат 4/1167
- Этилтолуолы 3/122, 127, 128; 4/753, 969; 5/368
- Этилтрифторацетат 5/9
- Этилуксусная кислота 2/1167, 1295; 5/432
- Этилуретан 5/87
- 5-Этил-5-фенилбарбитуровая кислота 4/742
- Этилфенилкетон 4/208, 209
- Этилфениловый эфир 5/1008
- Этилфенилфосфонат 5/275
- Этилфенолы 1/162, 163, 573; 5/121
- Этилформат 1/69, 415, 919; 2/784, 785; 3/289, 290; 4/866; 5/224
- Этилфосфат 4/726; 5/253, 254
- три-(Этилфосфит)алюминий 5/421, 422
- Этилфторборсульфонат 1/961
- Этилфторсульфат 5/409
- 3-Этил-2-хинолоны 5/529
- Этилхлорацетат 5/585
- Этилхлорид 5/998, 121, 973, 982, 999; 1/645, 723, 947–949, 1163; 2/210, 461, 811, 1023, 1083; 3/785, 1244; 4/1110
- Этилхлорсульфонат 2/1023; 3/801
- Этилцеллозоль(ы) 1/438, 831; 3/278, 4/175, 400; 5/196, 659, 660, 961
- Этилцеллоза 5/998, 664, 667, 999, 1001, 1007; 1/642, 949; 2/1192; 3/159
- Этилцеллозные лаки 5/1007
- Этилциклогексан 5/122
- 5-Этил-5-(1-циклогексенил)барбитуровая кислота 4/742
- Этилиндиклоид 2/68
- Этилиндиамин 2/936
- O<sup>2</sup>-Этилцитозин 3/294
- N-Этилэтанолламин 5/978
- Этил-N-этилкарбамат 5/87
- Этилэтантарная кислота 4/499
- Этимизол 1/291, 292; 3/578
- Этин 1/428
- Этинил 3/569
- Этинилбензол 5/122
- Этинилпирование 5/999, 1000
- Этинилмагнийбромид 2/533
- 17α-Этинилэстрадиол 5/972
- «Этиоль» 1/711, 712; 5/961
- Этионамид 4/241, 242
- Этиопорфири 4/145, 146
- Этиотраст 4/478

- Этиофенкарб 2/473  
 Этиримол 5/418, 422  
 Этирин 1/359; 4/708  
 Этиодол 4/478  
 Этиози 5/1000, 1001; 1/319, 320  
 4-Этоксинакридин 2/1217  
 Этоксинанилин 5/118  
 Этокснацетилен 1/597  
 4-Этокснацетифенон 5/121  
 Этоксигруппа 1/170; 3/569  
 2-Этоксис-6,9-диаминоакридиниллак-  
 тат 1/338, 339  
 α-Этоксидифенилукусная кислота  
 4/238  
 Этоксиякарбонил 3/569  
 α-Этоксикарбониламиноацетофенон  
 2/1109  
 2-(α-Этоксикарбонилбензил)тиазоли-  
 дин-4-карбоновая кислота 2/1156  
 Этоксикарбонилкарбен 2/75  
 1-Этоксикарбонил-2-этоксис-1,2-дигид-  
 рохиолин 3/932  
 Этоксилирование 2/215; 5/119  
 Этоксиметиленмалоиновый эфир 3/385  
 Этоксиметилфосфорилтиохолины  
 4/1164  
 Этоксинафталинсульфохлориды  
 3/386  
 Этоксисиланы 2/1022; 4/445  
 4-Этоксис-2,2,5,5-тетраис-(трифтор-  
 метил)-3-оксазолин 3/681  
 Этоксисукусная кислота 5/584  
 n-Этоксифенилдиэтилендиаминат 2/401  
 бис-(4-Этоксифенил)сульфон 5/121  
 Этоксизтан 5/1007  
 Этоксизтиламидгидробромид 5/1000  
 Этоний 1/339  
 Этопропази 5/146  
 Этопрофос 3/405  
 Этофеилпрокс 3/1042  
 Этофумезат 1/1031  
 Этопел 5/998, 999  
 Этран 4/812  
 Этрандиазол 1/421, 422  
 Этриол 1/150  
 Этрифталевые смолы 1/150  
 Этрылы 5/1001, 665-667, 999  
 Этрингит 2/582  
 Эувапириты 2/997  
 Эулаксины 2/347  
 Эумеланины 3/36  
 Эуоктия 3/501  
 Эуропрен-цис 1/631  
 Эуспиран 2/346  
 Эуфиллин 2/180, 181; 4/775  
 Эухроматин 5/620  
 Эфедрины 5/1001, 1002; 1/51, 144;  
 4/209, 268  
 Эфираты 5/1007  
 Эфирное число 5/1002, 1003, 1012;  
 2/306, 769; 3/764  
 Эфирные масла 5/1003, 438, 1004-  
 1006; 1/487; 2/19, 237, 292, 598, 600,  
 601, 770, 1179, 1216; 3/290, 407, 785,  
 847, 848, 1027; 4/494, 495, 660, 698.  
 См. также индивидуальные представите-  
 ли  
 Эфироямды 2/417, 470  
 Эфирокарбоксилаты 4/699  
 Эфиролит 3/1256  
 Эфиропласты 3/1121  
 Эфирохлорангидриды 5/279  
 Эфироделлюлозные материалы  
 лаки 5/1006, 1007; 2/1128, 1129;  
 3/547  
 пластмассы 5/999, 1001  
 пленки 3/1135, 1137, 1138  
 Эфиры простые 5/1007. См. также  
 индивидуальные соединения  
 анилиновые, см. *Виниловые эфиры*  
 геминальных диолов, см. *Ацетали и*  
*кетали*  
 дифениловый, см. *Дифенилоксид*  
 дивалендиоксид, см. *Диоксаны*  
 метиловый, см. *Диметиловый эфир*  
 метилдифениловый, см. *Анизол*  
 2-метоксифенол, см. *Гваккол*  
 номенклатура 3/573; 5/1007  
 оксирановые, см. *Этиленоксид*  
 олигофункциональные 3/743, 1121  
 омыление 3/764  
 определение 2/293; 5/1007  
 полипропадиновые, см. *Полиэфиры*  
 получение 1/1180; 2/12, 325; 3/791,  
 816, 833; 4/801, 802, 805, 922,  
 1157, 1267, 1269; 5/5, 132, 195,  
 959, 1007, 1008  
 пропиловые, см. *Диизопропиловый*  
*эфир*, *Дипропиловый эфир*  
 свойства и применение 1/31, 648,  
 710, 711, 825, 946, 995; 2/14, 17,  
 103, 118, 134, 211, 213, 248, 627,  
 629, 633, 634, 697, 983, 1086,  
 1103, 1142, 1172; 3/77, 187, 269,  
 350, 603, 671, 680, 722, 732, 832,  
 936, 984, 1028, 1059, 1124, 1265;  
 4/134, 500, 515, 872, 907, 1128,  
 1162; 5/8, 66, 141, 278, 825, 827,  
 859, 860, 1007, 1008  
 ТГФ, см. *Тетрагидрофуран*  
 тно, см. *Тиоэфиры*  
 целлолозы, см. *Целлюлоза, эфиры*  
 этиленгликолевые, см. *Глимы, Кар-*  
*битолы, Целлозольвы*  
 этиловый, см. *Диэтиловый эфир*  
 Эфиры сложные 5/1009, 1010-1012.  
 См. также индивидуальные представите-  
 ли  
 адипиаты 1/46, 47, 644, 866, 988;  
 2/805, 1194; 3/291, 728, 1116,  
 1117, 1197, 1234; 5/730, 1001  
 акрилоаы, см. *Акрилаты, Метакри-*  
*латы, Метилметакрилаты*  
 активированные, метод 1/1151;  
 3/931, 933, 934  
 ацетаты, см. *Ацетаты, Целлюлоза,*  
*ацетаты*  
 борсодержащие, см. *Бораты органи-*  
*ческие*  
 бутилоаы, см. *Бутиловые эфиры*  
 винилоаы, см. *Виниловые эфиры*  
 внутренние 2/1141-1144; 4/930  
 высших жирных кислот 2/1184;  
 3/1227; 4/172, 770, 861, 919  
 гидроксикислот 1/975; 2/1140-  
 1144, 1262, 1263; 4/34, 512, 513,  
 930; 5/719  
 глицерина, см. *Глицериды*  
 душистые вещества 2/237, 648. См.  
 также *Эфирные масла*  
 карбаматные, см. *Карбаматы, Уре-*  
*таны*  
 карбонаты органические 2/637, 620,  
 638, 639; 5/52, 239, 990. См. так-  
 же *Ортоэфиры*  
 конденсация, см. *Клаузена конде-*  
*нсация*  
 кремнийсодержащие 2/1019-1024,  
 1027. См. также *Алкоксиланы и*  
*ароксисиланы, Ортоксимеиная*  
*кислота, Органосилоксаны, Си-*  
*латраны*  
 липоаминокислотные, см. *Фосфа-*  
*тидглицерина аминокислотные*  
*эфиры*  
 млеиаты и фумараты 2/1272-  
 1275; 3/839, 1201; 4/1097  
 нафтены 3/377; 4/172-175. См.  
 также *Мылонафт, Ипапам*  
 нитропроизводные, см. *Нитроэфи-*  
*ры; Целлюлоза, нитраты*  
 оксалаты 1/1072, 1122; 2/545, 547,  
 710, 711, 1271, 1277; 3/164, 974;  
 4/543; 5/795, 967, 1011  
 олигофункциональные 3/743; 5/85  
 определение 2/293; 3/796; 5/1012  
 полипропадиновые, см. *Полиэфиры,*  
*Фталаты*  
 получение 1/1134; 2/12, 29, 211,  
 212, 627, 640, 745; 3/119, 186, 513,  
 791, 816, 918, 1028, 1067; 4/199,  
 499, 538, 568, 648, 802, 804, 1135,  
 1146, 1191, 1204, 1267, 1269;  
 5/10, 132, 197, 786, 959, 984, 995,  
 1011, 1012. См. также *Перезтери-*  
*фикация, Этерификация*  
 пропаноаты 4/207; 5/130  
 свойства и применение 1/17, 450,  
 644, 946, 1077, 1148, 1203; 2/5,  
 11, 29, 110, 118, 120-122, 130,  
 180, 187, 248, 325, 359, 420, 433,  
 638, 645, 647, 648, 697, 773, 784,  
 785, 889, 937, 941, 1140, 1141,  
 1203, 1243, 1252; 3/68, 101, 102,  
 107, 108, 269, 277, 280, 476, 502,  
 671, 683, 721, 832, 1040, 1059,  
 1081, 1082, 1116, 1117, 1124,  
 1265; 4/32, 207, 359, 372, 513, 515,  
 801, 804, 872, 895, 896, 1086; 5/8,  
 57, 65, 141, 311, 825, 827, 859, 860,  
 979, 1012, 1042. См. также *Омы-*  
*ление*  
 себапинаты 1/866, 988; 2/804;  
 3/1197; 4/606, 607; 5/572  
 серосодержащие, кислоты  
 ксантогеновые, см. *Ксантогена-*  
*ты*  
 минеральные, см. *Сульфаты органи-*  
*ческие, Сульфиты органи-*  
*ческие*  
 сульфоновые, см. *Сультоны.*  
*Сульфонаты*  
 терпеновые 4/1091, 1092  
 тропановые алкалоиды 5/17, 18  
 формиаты 5/224, 45, 130, 223, 1010;  
 1/1122, 1203; 2/121, 526; 3/71,  
 289, 833  
 фосфорсодержащие, кислоты  
 метафосфорные, см. *Метафосфа-*  
*ты органические*  
 пирофосфорная, см. *Пирофосфа-*  
*ты органические*  
 фосфинистые, см. *Фосфиниты*  
 фосфиновые, см. *Фосфинаты*  
 фосфонистые, см. *Фосфонаты*  
 фосфоноаме, см. *Фосфонаты*  
 фосфористая, см. *Фосфиты орга-*  
*нические*  
 фосфорная, см. *Фосфаты органи-*  
*ческие*  
 фосфорноватистая, см. *Гипофос-*  
*фиты органические*  
 фторсодержащие, кислоты  
 фторноватистая 5/399, 397  
 фторсульфоная 5/408, 409;  
 4/931  
 фторуксусная 5/410  
 целлолозы, см. *Целлюлоза, эфиры*  
 Эффект(ы). См. также именные эф-  
 фекты  
 анодный 5/388  
 аномерные 2/21, 368, 908, 910-912;  
 3/265-267, 269; 5/957  
 ансамбля катализаторов 1/1059;  
 2/667  
 анхимерный 2/130  
 баллоэлектрический 1/448  
 безызности 3/85; 4/1256, 1257  
 биохимические высоких давлений  
 1/1218, 1219  
 всаливания 3/25  
 α-галогенкетонный 2/911  
 гиперхромный 4/767  
 гипсохромный, см. *Гипсохромный*  
*сдвиг*  
 гистерезисные, см. *Гистерезисные*  
*явления*  
 гормональный 4/758, 759  
 джапповер 4/786  
 диссипативные, см. *Диссипативные*  
*структуры*  
 дрессельный 5/594  
 дыхательного контроля 3/668  
 зацепления (касаня) 4/282  
 излучений нестохастические и сто-  
 хастические 4/288  
 — стерилизация 2/503  
 изотопные, см. *Изотопные эффекты*  
 индуктивный, см. *Индуктивный эф-*  
*фект*  
 индуктомерный 2/461  
 кавитационные, см. *Кавитация*  
 кинетические, см. *Кинетические эф-*  
*фекты*  
 клетки, см. *Клетки эффект*  
 компенсационные, см. *Компенсаци-*  
*онные эффекты*  
 конфигурационный, см. *Конфигура-*  
*ция*  
 конформационные 2/908, 910-912;  
 3/1263  
 коцентрационные 3/66, 1263;  
 5/213  
 лакримогенный 3/844  
 лигандов 2/667, 796; 3/736  
 магнитные, см. *Магнитные эффек-*  
*ты*  
 матричный 2/986, 1326; 3/136, 138,  
 139; 4/472, 480  
 мезомерный 3/30, 31, 551, 787;  
 2/642, 646, 940, 941; 5/904, 905  
 надмолекулярный 3/1263, 1264  
 нежесткости молекул 3/392  
 объемные реакций 1/1199, 1216-  
 1218; 5/498  
 оптико-акустический 3/768, 769  
 «памяти формы» 3/484  
 «парниковый» 3/853  
 пиротехнический 3/1075, 1076  
 пирозлектрический 3/1078  
 пирозлектролитный 3/1196; 4/78  
 положение генов 3/299  
 пьезоэлектрические 4/284, 996  
 радиационные 2/219, 220; 5/1021,  
 1022  
 разобшения, см. *Окислительное*  
*фосфорилирование*  
 резонансный 3/30  
 самонарирования 3/1120  
 «сильного взаимодействия метал-  
*лосодержатель» 3/325*  
 синергический, см. *Синергисты*  
 скин-явление 4/997  
 сопряжения, см. *Сопряжение связей*  
 соседних звеньев 3/1263  
 стерические, см. *Стерические эф-*  
*фекты*  
 тензорезисторный 2/1283  
 тепловые, см. *Тепловые эффекты ре-*  
*акций*  
 транкаллизирующий 3/398  
 трансмутационный 5/43  
 трибоэлектрический 1/448; 3/167,  
 634; 4/280  
 туннельный, см. *Туннельный эффект*  
 фотографический, см. *Фотозэффект*  
 хелатный, см. *Хелаты*  
 «хоккейных клюшек» 2/911, 912  
 «через пространство и связь» 2/912  
 шелочной 1/1008  
 электрокапиллярный 3/1171, 1172  
 электромерный 3/30, 31  
 электростатические, см. *Электро-*  
*статические эффекты и методы*  
 электрофоретический, см. *Электро-*  
*форез*  
 Δ<sup>2</sup>-явление 3/266, 267  
 Эффективные параметры  
 атомный номер 1/403; 2/220; 3/82,  
 83, 413, 735; 4/152, 243; 5/735  
 вязкость 1/728, 872; 3/1113; 4/138,  
 486, 490  
 заряд атома 1/665; 4/848; 5/875,  
 897, 1012  
 диффузии 1/60  
 масса 2/77

радиус встречи частиц-реагентов 2/193  
сечения столкновений 4/870  
– адронных реакций 5/1021  
Эффекторы ферментов 5/148, 149, 151, 153  
Эффузивы 4/561  
Эффузиометрия 3/217  
Эффузия 2/392; 4/1033  
Эхиномидин 3/1033; 5/523  
Эхиноспин 5/528, 529  
Эхо-методы 2/49; 4/793–795; 5/60  
ЭХТ-кислота 1/257  
Эцкуррит 3/351  
Эшвайлера–Кларка реакция 5/1012, 1013; 2/1155

## Ю

Ювабион 1/598; 5/1014  
Ювенильные гормоны 2/378, 474, 787; 3/622; 5/1014  
Ювеноиды 5/1014; 2/474  
Юглон 2/138, 972; 3/706, 707  
Юдель 4/43  
Юзурия 1/144  
Юзурия 1/144  
Юкавы–Цуно уравнение 2/941  
Юм–Розерн  
правило 4/762, 1004  
фазы 2/479, 482–484; 3/75  
Юнга  
закон 1/36; 3/1170; 4/729  
модуль 3/98, 144, 145  
Юниден 1/636  
Юнилоп 4/80  
Юнциды 4/134  
Юпилькс 3/1139  
Юпилоп 3/1139, 1251  
Юрека крекинг 4/1059, 1060  
Юрьева реакция 3/1079; 5/429

## Я

Яблочная кислота 5/1015, 130, 348; 1/558, 1143, 1155, 1156; 2/128, 464, 1169, 1272–1274; 3/700, 812; 4/299, 894, 1109  
ангидрид 2/1273; 5/1015  
соли и эфиры, см. *Малаты*  
Ядерная фотография 5/327  
Ядерная химия 5/1016, 931, 1017, 1033; 4/332, 336. См. также *Ядерные реакции*  
«Ядерная чистота» материалов 3/414; 4/334, 335  
Ядерная энергия 5/1017, 682, 1018, 1020; 3/1152, 1155; 4/318  
Ядерное горючее (топливо) 5/1018, 75–78, 80–82, 166, 503, 1019; 2/25, 339; 3/1155, 1156; 4/292, 295, 298,

318, 319, 321, 335, 337, 893, 1220, 1257  
переработка, см. *Ядерный топливный цикл*  
превращения, см. *Ядерные реакции*  
Ядерно-физически чистые препараты 4/334, 335  
Ядерные реакции 5/1019, 7, 160, 166, 682, 935, 1016–1018, 1020–1023; 2/25, 500; 3/606, 956, 1152, 1154; 4/214, 244, 331, 336, 401, 402, 876, 1113, 1220, 1241  
горючее, см. *Ядерное горючее*  
и анализ активационный 1/119, 120, 121; 2/387, 503, 712; 3/402, 431; 4/327, 436; 5/1023  
– – фотонно-нейтронный 5/335, 336  
и закон сохранения массы 4/772  
и легирование полупроводников 4/116  
и химические реакции 4/414. См. также *Ядерная химия*  
Ядерные устройства  
мембраны 3/56  
реакторы, см. *Реакторы ядерные*  
фильтры 3/41  
Ядерный гамма-резонанс 2/189, 191; 3/64, 65, 229, 230  
Ядерный квадрупольный резонанс 5/1023, 1024, 1029; 2/713, 714, 727; 3/141, 229, 230; 4/334, 588, 793–795  
Ядерный магнетон 2/1244; 5/1032  
Ядерный магнитный резонанс 5/1024, 104, 459, 1025–1030, 1033; 1/775; 2/293, 330, 712; 3/141; 4/304, 334, 795, 882  
и квантовые переходы 2/727  
и лямбда-зоиды 2/1184, 1185  
и спинные эффекты 4/789, 793–795  
спектроскопия 2/386, 387, 942, 1024, 1184, 1185; 3/83, 229–231, 459, 797; 4/38, 68, 605, 606, 795, 797, 798, 852; 5/1024–1030  
Ядерный топливный (реакторный) цикл 5/1030, 76, 1031; 4/320, 1220  
Ядра атомные 5/1031, 930, 1024, 1032–1034; 1/403; 2/188–191, 507, 508, 723, 942, 1053–1056; 4/826. См. также *Нейтроны*, *Протоны*  
анизохронные 5/1025  
взаимодействия резонансные 3/64–68; 5/886–893, 1023–1030  
– сверхтонкие 4/587, 588, 795, 797, 798; 1/407, 413, 414; 2/721  
– спинные, см. *Спинные взаимодействия*  
и кларки элементов 2/789  
нормерия, см. *Измерия атомных ядер*

изотопная селекция, см. *Изотопы*, *Клетки эффект*, *Магнитно-спиновые эффекты*  
конфигурация 3/206–210, 223, 232, 233; 4/688–692; 5/868, 880, 881  
отдачу 2/217, 499, 500  
поляризация, см. *Химическая поляризация ядер*  
радиоактивные свойства 3/401; 4/331, 332; 5/1021, 1022. См. также *Радиоактивность*  
составные 5/1021  
характеристики 2/329, 712–714, 727, 1238, 1239, 1244; 3/1174, 1178; 4/471, 789; 5/1031–1034. См. также *Атомы*  
энергия потенциальная, см. *Поверхность потенциальной энергии*  
– превращений, см. *Ядерная энергия*, *Ядерные реакции*  
– связи 5/1017, 1018  
Яды  
амфибий 5/1040, 1041  
белковые 5/1034–1041, 1049–1051  
водорослей 5/1051, 1055  
грибов 5/1049–1051, 1055  
дыхательные 2/242; 3/670  
животных 5/1034, 1035–1046; 2/469. См. также *Токсины*, *Токсичность*  
жуков 5/1039  
змеи 5/1034–1037  
каракурта 5/1038  
карнокастические 4/236  
каталитические 5/1046, 1047; 1/767; 2/433, 662, 668, 680, 681  
клеточные 3/551  
медуз и полипов 5/1039, 1040  
моллюсков 5/1040  
небелковые 5/1041–1046, 1051–1056  
нейротропные 3/845, 846  
паукообразных 5/1037, 1038  
простейших 5/1047, 1048, 1049  
пчел и ос 5/1038, 1039  
растений 5/1049, 592, 1050–1056; 2/172, 173, 1105; 4/1194  
реакторные, см. *Ядерное горючее*  
рыб 5/1041  
ферментные 1/1095, 1096  
Язвенная коррозия 2/947–949; 3/273, 274  
Яичные белок и желток 1/191, 192, 751, 1210; 4/394  
Якобснт 5/788  
ЯКР, см. *Ядерный квадрупольный резонанс*  
Ялан 1/1030  
Ялаидин 5/118  
ЯМР, см. *Ядерный магнитный резонанс*

Яна–Теллера эффекты 5/1056, 28, 881, 1057; 3/394; 4/122  
Янговин 3/1075  
Яновского  
комплексы 2/132  
реакция 5/1057  
Янтарная кислота 5/1058, 202, 793, 995, 1015, 1059; 1/298, 432, 484, 611, 652, 726, 743, 971, 1142–1144, 1152, 1163; 2/107, 108, 241, 407, 770, 968, 1152, 1272; 3/121, 613, 785, 1059, 1089; 4/149, 396, 523, 739, 894, 895, 929, 1010, 1096, 1119  
амиды 4/895  
ангидрид, см. *Янтарный ангидрид*  
дигидриды 2/204  
дихлорангидрид 4/538  
имиды 1/951; 3/1079. См. также *Сукцинимид*  
лактоны 5/793  
соли и эфиры 1/113, 198, 644; 3/966, 1016, 1017; 4/175; 5/792, 793. См. также *Сукцинаты*  
Янтарный альдегид 1/415; 4/1260, 1262  
Янтарный ангидрид 5/1059, 427; 1/476; 2/1273; 3/966; 4/175, 895  
Янтарь 2/1296, 1297; 3/785; 4/739; 5/1058  
Японский воск 1/825–827  
Яппа–Клинеманна реакция 5/1059, 1060  
«Яра-яра», эфир 3/387  
Ярлит 4/876  
Яровенко реактив 2/214  
Ярозит 4/904  
Ярь-медянка 2/1329  
Ятрохимия 3/412, 785; 5/507  
Ячейочная модель структуры потоков 4/881  
Ячейочные материалы  
пластмассы 3/901–904; 4/771. См. также *Пенопласты*  
резны 4/129, 130  
стекло 4/1041  
Ячейки(а)  
Бенара, см. *Самоорганизация*  
для пенной сепарации 3/899, 900  
Кнудсена 2/796, 1315  
пряжника 1/810  
термостатруемые 4/1062  
электрохимические 2/895–897; 4/627, 819; 5/363, 487–489, 911, 913–916, 919, 924. См. также *Химические источники тока*, *Электродные процессы*  
элементарные кристаллов 2/1054, 1064, 1065, 1067–1070; 5/861  
Ячейковые устройства  
платтели 3/1084, 1085  
фильтры 1/899  
Яшма 2/1027

## ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

В указателе в алфавитном порядке приведены фамилии ученых, упоминаемых в статьях Энциклопедии. Они сопровождаются (за некоторыми исключениями) написанием фамилии на языке оригинала, датами жизни (или годом рождения), а также сведениями о государственной принадлежности и области деятельности ученого. После фамилии и кратких пояснений приведены ссылки на тома и через косую черту на столбцы (а не страницы!) Энциклопедии. Номера столбцов указаны в низу страницы. Встречающиеся расхождения в написании фамилий и инициалов в основном тексте и в указателе объясняются тем, что в указателе даны уточненные сведения.

### А

Абдергальден Эмиль (Abderhalden Emil) (1877–1950), нем. биохимик и физиолог 3/929  
Абель Фредерик (Abel Frederick) (1827–1902), англ. химик 2/934  
Абрамов Василий Семенович (1904–68), рос. химик-органик 1/3  
Абрахам Эдвард Пенли (Abraham Edward Penley) (р. 1913), англ. биохимик 1/471  
Абу-ар-Рази (Розес) (865–925), араб. алхимик 5/490, 507  
Авнценна, см. Ибн Сина  
Авогадро Амедео (Avogadro Amedeo) (1776–1856), итал. физик и химик 1/17; 3/216, 413; 5/508  
Агрикола Георг (Agricola George) (1494–1555), нем. ученый 4/184; 5/490, 507  
Адамс Роджер (Adams Roger) (1889–1971), амер. химик-органик 1/983  
Азоновская Маргарита Михайловна, рос. химик-органик 1/3  
Айнхорн Альдред (Einhorn Aldred) (1857–1917), нем. химик 1/106  
Айстерт Бернд (Eistert Bernd) (1902–78), нем. химик-органик 1/371  
Аккерман Джералд (Ackerman Gerald) (1876–1960), амер. биохимик 3/810  
Александров Анатолий Петрович (1903–94), рос. физик 1/861  
Алексеев Владимир Федорович (1852–1919), рос. физикохимик 5/176  
Алимарин Ивн Павлович (1903–89), рос. химик-аналитик 1/294  
Аллейер Р. 2/888  
Аллен Дж. (Allen J.) 1/173  
Альберт Великий (Albertus Magnus) (ок. 1193–1280), нем. философ и теолог 1/190; 3/306; 5/490  
Альдер Курт (Alder Kurt) (1902–58), нем. химик-органик 1/200; 2/102; 3/787  
Альтман Рихард (Altmann Richard) (1852–1900), нем. анатом и гистолог 1/558; 3/593  
Амадори Марио (Amadori Mario) (1886–1941), итал. химик 1/222  
Аммосов Иннокентий Иванович (1901–87), рос. геолог 5/52  
Андерсон Карл Дэвид (Anderson Carl David) (р. 1905), амер. физик 5/932  
Андерсон Томас (Anderson Thomas) (1819–74), англ. химик 3/1046, 1080  
Андрианов Кузьма Андрианович (1904–78), рос. химик 1/861  
Аносов Павел Петрович (1797–1851), рос. металлург 5/176  
Анри Луи (Henri Louis) (1834–1913), нидерл. химик-органик 1/316  
Анфинсен Кристиан Бёмер (Anfinssen Christian Boehmer) (1916–95), амер. химик и биохимик 1/471  
Араго Доминик Франсуа (Arago Dominic Francois) (1786–1853), франц. ученый 3/773  
Арбузоа Александр Еремьянгович (1877–1968), рос. химик-органик 1/3, 362; 3/787; 5/485  
Арденне Манфред фон (von Ardenne Manfred) (р. 1907), нем. физик 5/874  
Аристотель (384–322 до н. э.), др.-греч. ученый 1/189, 190; 5/507

Аркель Антон ван (van Arkel Anton) (1893–?), нидерл. химик 5/763  
Армстронг Генри Эдвард (Armstrong Henry Edward) (1848–1937), англ. химик 2/733; 5/651  
Аридт Фриц (Arndt Fritz) (1885–1969), нем. химик-органик 1/371  
Арнолд Уильям (Arnold William) (1903–73), амер. физиолог 5/349  
Арнон Даниел Израиль (Arnon Daniel Israil) (р. 1910), амер. биохимик 5/349  
Аррениус Сванте (Arrhenius Svante) (1859–1927), швед. физикохимик 1/380; 2/755, 777; 3/413; 5/484, 509, 857, 923  
Арфведсон Август (Arfvedson August) (1792–1841), швед. химик и минералог 2/1202; 5/937  
Астон Френсис Уильям (Aston Francis William) (1877–1945), англ. физик и химик 2/1308  
Астрахан Лазарус (Astrachan Lazarus) (р. 1925), амер. биохимик 2/1325  
Атертон Ф. (Atherton F.), англ. химик-органик 4/1192  
Ауверс Карл (Auwers Karl) (1863–1939), нем. химик 1/416  
Ауэр фон Вельсбах Карл (Auer von Welsbach Karl) (1858–1929), австр. химик 3/410; 4/157; 5/937  
Афанасьева-Эренфест Татьяна Алексеевна (1876–1964), математик 3/1180

### Б

Бабко Анатолий Кириллович (1905–68), укр. химик-аналитик 1/294  
Багет Дж. (Baggett J.), амер. химик 4/31  
Баиер Адольф (Baeyer Adolf) (1835–1917), нем. химик-органик 1/450; 2/976; 3/330, 786  
Баиер Отто Георг Вильгельм (Baeyer Otto George Wilhelm) (1902–82), нем. химик-технолог 4/57  
Бакеланд Лео (Bacckeland Leo) (1863–1944), амер. химик 3/1122  
Баландин Алексей Александрович (1898–1967), рос. химик 1/1059; 2/693  
Балар Антуан Жером (Balard Antoine Jerome) (1802–76), франц. химик 1/614; 5/937  
Баллио А. (Ballio A.) 2/611  
Балтимор Дэвид (Baltimore David) (р. 1938), амер. вирусолог 3/211; 4/1231  
Балзы Г. (Balz G.), нем. химик 5/781  
Банкс Роберт (Banks Robert) (р. 1921), амер. химик 3/104  
Бантинг Фредерик Грант (Banting Frederic Grant; (1891–1941), канад. физиолог 1/471  
Барбиери Иоганн (Barbieri Johann) (1852–1926), нем. биохимик 5/121  
Барбе Филипп (Barbier Philippe) (1848–1922), франц. химик-органик 1/1205  
Баркер Джон (Barker John) (1900–58), австрал. физикохимик 4/368  
Барт Генрих (Barth Heinrich), нем. химик-органик 1/464  
Бартели Лоуренс (Bartel Laurence) (р. 1923), амер. физикохимик 3/220  
Барлетт Нил (Bartlett Niell) (р. 1932), амер. химик-неорганик 2/1089; 3/414  
Бартон Дерек (Barton Derek) (р. 1918), англ. химик-органик 1/464, 465, 552; 4/859  
Бартон (Бэртон) Марк (Barton Mark) (р. 1928), амер. физик и физикохимик 4/292

Бауман Эйген (Baumann Eigen) (1846–1896), нем. химик-органик 3/1235; 5/786  
Баумгауэр Генрих Адольф (Baumhauer Heinrich Adolf) (1848–1926), нем. химик и минералог 4/46  
Бауэр В. (Bauer W.) 5/338  
Бах Алексей Николаевич (1857–1946), рос. биохимик 1/558; 5/485  
Бахарева И. Ф., рос. ученый 4/1069  
Бахманн Вилгельм Эдуард (Bachmann Wilhelm Eduard) (1885–1933), нем. химик 1/1158  
Башилов Иван Яковлевич (1892–1953), рос. физикохимик и металлург 4/300  
Беднорц Иоханнес Георг (Bednorz Johannes George) (р. 1950), нем. физик 3/415; 4/587  
Бейер Карл (Beyer Carl) (1859–91), нем. химик-органик 2/9  
Бейларз С. Д. (Bailarz S. D.), амер. физикохимик 1/542  
Бейли Доналд (Bailey Donald) (р. 1922), амер. химик-органик 3/104  
Бейльштейн Федор Федорович (1838–1906), рос. химик-органик 1/469; 3/448; 5/492  
Беквит Джонатан (Beckwith Jonathan) (р. 1935), амер. геолог 3/211  
Бекетов Николай Николаевич (1827–1911), рос. физикохимик 3/91  
Беккер Рихард (Becker Richard) (1887–?), нем. физик-теоретик 2/318  
Беккер Т. (Becker T.), нем. химик 3/180  
Беккерель Анри (Becquerel Henri) (1852–1908), франц. физик 4/318; 5/1017  
Бекман Иоганн (Beckmann Johann) (1739–1811), нем. экономист и технолог 5/467  
Бекман Эрнст (Beckmann Ernst) (1853–1923), нем. химик 1/469  
Бекстрём Христиансен (Beckström Hristiansen), швед. физикохимик 2/756  
Беллер Владимир Александрович (1906–88), рос. биохимик 1/558; 3/671  
Белл Александр (Bell Alexander) (1847–1922), амер. технолог 3/769  
Белл Роналд (Bell Ronald) (р. 1907), англ. химик 2/1034  
Белов Николай Евсильевич (1891–1982), рос. кристаллограф и геохимик 1/411; 4/674; 5/515  
Белозерский Андрей Николаевич (1905–72), рос. биохимик 1/552, 559; 2/1325; 3/211, 593  
Белушов Борис Павлович (1893–1970), рос. химик 1/486  
Бельмон Гюстав (Bemont Gustave) (1857–1932), франц. химик 4/300; 5/937  
Бендер Георг (Bender Georg) (1838–1918), нем. химик 1/997; 3/815  
Бенуа Анри (Benoit Henri) (р. 1921), франц. физикохимик 5/813  
Бергман Макс (Bergmann Max) (1886–1944), нем. химик-органик 3/929  
Бергман Торберн (Bergmann Thorbern) (1735–84), швед. химик и минералог 1/293  
Бергс Г. (Bergs H.), нем. химик 1/656  
Бергман Виктор Григорьевич (р. 1931), рос. химик 5/627  
Бернал Джон Десмонд (Bernal John Desmond) (1901–71), англ. ученый 1/471  
Бернар Клод (Bernard Claude) (1817–78), франц. физиолог 1/558

Бертло Марселен (Berthelot Marcelien) (1827–1907), франц. химик 1/431; 2/755, 1188; 3/120, 785; 4/748, 1085, 1086; 5/509, 997

Бертолле Клод (Berthollet Claude) (1748–1822), франц. химик 3/413, 434; 5/515

Берцелиус Йенс Якоб (Berzelius Jöns Jakob) (1779–1848), швед. химик 1/471, 558, 860; 2/365, 661, 777, 860, 1010; 3/245, 413, 572, 785; 4/394, 615; 5/152, 478, 508, 696, 763, 937, 938

Берч Артур (Birch Arthur) (1915–95), австрал. химик-органик 1/542

Бессель Адольф (Bessel Adolf), нем. химик 5/205

Бессель Артур (Bessel Arthur), нем. химик 5/205

Бессемер Генри (Bessemmer Henry) (1813–98), англ. изобретатель 2/264

Бест Чарлз Херберт (Best Charles Herbert) (1899–1978), канад. физиолог 1/471

Бете Ханс Альбрехт (Bethe Hans Albrecht) (р. 1906), физик-теоретик 2/722, 1059, 1232

Бетс М. (Beets M.), нидерл. ученый 2/239

Беус Алексей Александрович (1923–94), рос. геохимик 2/789

Бехиль Ахад (12 в.), араб. алхимик 5/285

Бешан Антуан (Béchamp Antoine) (1816–1908), франц. химик-органик 1/545

Бигелоу Самуэль Лоуренс (Bigelow Samuel Lawrence) (1870–1947), амер. химик 1/992

Бингам Оджин (Bingham Eugene) (1878–1945), амер. химик 4/484

Бинниг Герд (Binning Gerd) (р. 1947), нем. физик 5/874

Бинч Дж. (Binsch G.), амер. химик 4/1216

Био Жан (Biot Jean) (1774–1862), франц. физик 3/773; 4/858

Био Морис (Biot Maurice) (1905–85), бельг. химик 4/1069

Бирингуччо Ванноччо (Biringsuccio Vannossio) (1480–1539), итал. инженер и ученый 4/184; 5/490

Бичофф К. 5/110

Бисхлер Август (Bischler August) (1865–1957), швейц. химик-органик 1/567, 568; 2/1109

Бисшоф Карл Адам (Bischoff Carl Adam) (1855–1908), нем. химик-органик 3/1213

Блан Гюстав (Blanc Gustave) (1872–1927), франц. химик-органик 1/620; 5/567

Блох Феликс (Bloch Felix) (1905–83), амер. физик 5/1030

Блэк Джозеф (Black Joseph) (1728–99), англ. химик и физик 2/577; 4/1085; 5/508

Блэкман Фредерик (Blackman Frederick) (1866–1947), англ. физиолог 5/349

Богатский Алексей Всеволодович (1929–83), укр. химик-органик 5/486

Боденштейн Макс (Bodenstein Max) (1871–1942), нем. физикохимик 2/756; 5/682

Боджерт Марстон Тейлор (Bogert Marston Taylor) (1868–1954), амер. химик-органик 3/1249

Бодришон А. (Bodrimon A.) 2/860

Бозе Шатъейдранат (Bose Satyendranath) (1894–1974), инд. физик 4/826

Бойль Роберт (Boyle Robert) (1627–91), англ. физик и химик 1/293, 573; 2/452; 4/394; 5/508

Бокий Георгий Борисович (р. 1909), рос. кристаллограф и кристаллохимик 1/411

Болотов Андрей Тимофеевич (1738–1833), рос. ученый 1/33

Болтон Вернер (Bolton Werner), нем. химик 4/982

Болцман Людвиг (Boltzmann Ludwig) (1844–1906), австр. физик 1/573, 840

Бон Рене (Bohn René) (1862–1922), нем. химик 1/573

Бопп Фридрих (Bopp Friedrich) (1824–49), нем. химик 4/1170

Бор Нильс (Bohr Niels) (1885–1962), дат. физик 2/717; 3/413, 488, 956; 5/929

Борн Макс (Born Max) (1882–1970), нем. физик-теоретик 2/717, 1064; 3/773; 4/748

Боровинская Инна Петровна (р. 1934), рос. физикохимик 4/575

Бородин Александр Порфирьевич (1833–87), рос. композитор и ученый-химик 1/593; 3/786

Браве Огюст (Bravais Auguste) (1811–63), франц. физик 2/1063

Браконно Анри (Bracopnot Henri) (1780–1854), франц. химик и ботаник 1/471

Бранд Хенниг (Brand Hennig) (ок. 1630–1730), нем. алхимик 5/285, 938

Брандт Георг (Brandt Georg) (1694–1768), швед. химик и минералог 2/822; 5/937

Браун Александр (Brown Alexander) (1838–1922), англ. химик и физиолог 1/606

Браун Герберт (Brown Herbert) (р. 1912), амер. химик 1/605; 3/333, 787

Браун Р. (Brown R.) 5/110

Браун Юлиус (Braun Julius) (1875–1940), нем. химик-органик 1/606

Браунштейн Александр Евсеевич (1902–86), рос. биохимик 1/558

Бредт Юлиус (Bredt Julius) (1855–1937), нем. химик 1/607

Брей Х. (Bray H.), англ. биохимик 5/108

Бреннер Сидней (Brenner Sydney) (р. 1927), англ. биохимик 3/211

Брэнстед Иоханнес Никлаус (Brönsted Johannes Nicolaus) (1879–1947), дат. физикохимик 2/692, 778, 780; 4/244

Бриглеб Ханс (Briglebl Hans) (р. 1905), нем. химик и физик 3/228

Бриджмен Перси (Bridgman Percy) (1882–1961), амер. физик 3/1180

Брикведде Фердинанд (Brickwedde Ferdinand) (р. 1903), амер. физик 5/33

Бринкер Кейт Кларк (Brinker Keith Clark) (р. 1921), амер. химик-органик 3/1218

Бройль Луи де (de Broglie Louis) (1892–1987), франц. физик 2/717

Брук А. ван ден (van den Bruck A.), нидерл. химик 3/955

Брумберг Евгений Михайлович (1907–77), рос. физик 5/770

Брунауэр Стефан (Brunauer Stephen) (р. 1903), амер. физикохимик 1/57

Брэгг Уильям Генри (Bragg William Henry) (1862–1942), англ. физик 2/1063

Брэгг Уильям Лоуренс (Bragg William Lawrence) (1890–1971), англ. физик 2/1063; 4/475

Брюстер Джеймс (Brewster James) (р. 1922), амер. химик-органик 1/619

Буво Луи (Bouveau Louis) (1864–1909), франц. химик-органик 1/620

Бунзен Роберт (Bunsen Robert) (1811–99), нем. химик 4/558; 5/657, 937, 938

Бупокорев В. 2/611

Бур Ян Хендрик де (de Boer Jan Hendrik), нидерл. физикохимик 1/57

Буссенго Жан Батист (Boussingault Jean-Baptiste) (1802–87), франц. агрохимик 1/33

Бутенандт Адольф Фридрих (Butenandt Adolf Friedrich) (1903–95), нем. химик-органик и биохимик 1/415; 3/786

Бутлеров Александр Михайлович (1828–86), рос. химик-органик 1/652, 665, 990; 2/366; 3/785, 1024; 5/509

Буттенберг Вильгельм (Buttenberg Wilhelm) (1864–?), нем. химик 5/373

Бухерер Ханс (Bucherer Hans) (1869–1949), нем. химик-органик 1/655, 656

Бухнер Ханс (Buchner Hans) (1850–1902), нем. химик 1/558; 5/158

Бухнер Эдуард (Buchner Eduard) (1860–1917), нем. химик 1/558, 656; 5/158

Бушарда Гюстав (Bouchardat Gustave) (1842–1918), франц. химик-органик 1/860; 2/708

Бэгг Г., швед. химик 1/472

Бэкингем (Бакингем) Ричард (Buckingham Richard) 3/1180

Бэкунд Биргер (Backlund Birger), швед. химик-органик 4/344

Бэкон Роджер (Bacon Roger) (1214–94), англ. философ и естествоиспытатель 1/190, 191; 5/490, 507

Бэмфорд Уильям (Bamford William) (р. 1927), англ. химик-органик 1/658

Бэртон М., см. Бартон М.

Бюнгенберг де Йонг (Bungenberg de Jong H. G.) (1893–1977), нидерл. ученый 2/819

Бюсси Антуан (Bussy Antoine) (1794–1882), франц. химик 1/538

Бюхи Г. (Büchi G.), амер. химик 3/892

## B

Вааге Петер (Waage Peter) (1833–1900), норв. физикохимик и минералог 2/23, 755; 3/413; 5/509

Ваальс Я. Д. ван дер, см. Ван дер Ваальс Я. Д.

Валгер Егор Егорович (1849–1903), рос. химик-органик 1/659, 660; 2/312, 600

Валгер Карл Вильгельм (Wagner Carl Wilhelm) (1901–77), нем. физикохимик 5/515

Вайнрайт Т. 3/214

Валернус И. Г. (Wallerius J. G.) (1709–85), швед. химик, фармацевт и металлург 1/33

Валлес Т. 1/995

Валлах Отто (Wallach Otto) (1847–1931), нем. химик-органик 1/669; 2/1155; 3/786

Валь Артур (Wahl Arthur) (р. 1917), амер. химик 3/1155

Вальба Д. (Walba D.), амер. химик 4/1215

Вальдейер Вильгельм (Waldeyer Wilhelm) (1836–1921), нем. анатом и гистолог 5/636

Вальден Пауль (Павел Иванович) (Walden P.) (1863–1957), химик 4/858

Вальта Э. С., рос. физикохимик 5/686

Вальти Альфонс (Walt Alphonse) (1897–?), амер. биохимик 4/31

Ван Ю. (Van Ju.) 1/471

Ван Аркель А., см. Аркель А. ван

Ван Гельмонт Я. Б., см. Гельмонт Я. Б. ван

Ван ден Брук А., см. Брук А. ван ден

Ван дер Ваальс Ян (Йоханнес) Дидерик [Van der Waals Jan (Johannes) Diederik] (1837–1923), нидерл. физик 1/679; 3/16

Ван Крevelен Д. (Van Crévelen D.), нидерл. физикохимик 5/51

Ван Лвар Я. (Van Laar J.), нидерл. физикохимик 5/176

Ван Марум Мартин (Van Marum Martinus) (1750–1837), нидерл. физик и ботаник 3/658

Ван Ниль Корнелис (van Niel Cornelis) (1897–?), амер. микробиолог 5/349

Ван Слайк Доналд Декстер (Van Slyke Donald Dexter) (1883–1971), амер. биохимик и химик-аналитик 1/252, 681

Вант Гофф Якоб (Van't Hoff Jacob) (1852–1911), нидерл. физикохимик 1/173, 972; 2/366, 755; 3/413, 786; 4/858, 1007; 5/176, 177, 178, 466, 509, 515

Ван Флек Джон (Van Vleck John) (1899–1980), амер. физик 2/722, 1232, 1238

Ванштейдт А. А. 3/1122

Ван Экенштейн В. А. ван, см. Экенштейн В. А. ван

Варбург Отто (Warburg Otto) (1883–1970), нем. биохимик 1/558; 3/921

Василий Валентин (Basilius Valentinus) (15–16 вв.), нем. алхимик 4/945

Вебер К. (Weber K.) 5/338

Вегад Ларс (Vegard Lars) (1880–?), норв. геофизик 4/1006

Вейль П. (Weil P.), франц. химик 4/1191

Вейс Пьер (Weiss Pierre) (1865–1940), франц. физик 2/1238; 4/575

Вейс Самуэль (Weiss Samuel) (р. 1926), амер. биохимик 4/1231

Вёлер Фридрих (Wöhler Friedrich) (1800–82), нем. химик 1/511, 538, 558, 675, 683; 2/365, 548; 3/281, 785; 5/509

Веллер Альберт (Weller Albert) (р. 1922), нем. физикохимик 5/339

Вендрели Коллет (Vendrey Collete), франц. цитохимик 5/770

Вендрели Роже (Vendrey Roger), франц. цитохимик 5/770

Верген Э. (Wergen E.) 2/976

Верлей Антуан (Verley Antoine) (р. 1912), франц. химик-органик 3/11, 768

Вернадский Владимир Иванович (1863–1945), рос. ученый 1/553, 1015, 1017, 1019; 3/164; 5/484, 485

Вернер Альфред (Werner Alfred) (1866–1919), швейц. химик 2/778, 934; 3/413, 956; 4/858; 5/484

Вернер Л. (Werner L.), амер. радиохимик 2/1112

Вест Р. (West R.), амер. химик 3/724

Вестерберг Альберт (Westerberg Albert) (1863–1927), швед. химик 1/685

- Вигнер Юджин (Wigner Eugen) (р. 1902), амер. физик-теоретик 1/121  
 Видал Дж. (Vidal J.) 5/71  
 Видеман Густав (Wiedemann Gustav) (1826–99), нем. физик 5/850  
 Видмарк Эрик (Widmark Erick) (1889–1945), швед. физиолог 5/108  
 Виктор Александр Иسمанлович (р. 1956), рос. физикохимик 5/72  
 Виланд Генрих (Wieland Heinrich) (1877–1957), нем. химик-органик и биохимик 1/457; 3/786  
 Виланд Теодор (Wieland Theodor) (р. 1913), нем. химик 3/711  
 Виллигер Виктор (Villiger Victor) (1868–1934), нем. химик-органик 1/450  
 Вильбранд Й. (Wilbrand J.), нем. химик 4/1267  
 Вильгельм Людвиг (Wilhelm Ludwig) (1812–64), нем. физик и химик 2/755; 5/509  
 Вильгеродт Конрад (Wilgerodt Konrad) (1841–1930), нем. химик-органик 1/709  
 Вильсмайер А. (Vilsmeier A.), нем. химик-органик 1/710  
 Вильштеттер Рихард (Willstätter Richard) (1872–1942), нем. химик-органик 1/558; 3/786; 5/725  
 Вильямсон Александр (Williamson Alexander) (1824–1904), англ. химик 1/711  
 Виндаус Адольф (Windaus Adolf) (1876–1959), нем. химик-органик 3/786  
 Винклер Клеменс (Winkler Clemens) (1838–1904), нем. химик 1/1039; 3/413; 5/467, 937  
 Виноград Александр Павлович (1895–1975), рос. геохимик 2/961; 5/349  
 Виноградский Сергей Николаевич (1856–1953), рос. микробиолог 1/33, 558  
 Винтер Э. (Winter E.), нем. химик 4/1125  
 Вислиценус Иоханнес (Wislicenus Johannes) (1835–1902), нем. химик-органик 3/786  
 Витман-Либольд Б. (Wietman-Libold B.), амер. биохимик 1/472  
 Виттиг Георг (Wittig George) (1897–1987), нем. химик-органик 1/753; 3/787  
 Вичель Х. (Wischell H.), нем. химик 5/373  
 Власенко Георгий Яковлевич (р. 1913), рос. химик 5/63  
 Воган Р. (Vogan R.) 3/929  
 Воеводский Владислав Владиславович (1917–67), рос. физикохимик 2/756  
 Воклен Никола Луи (Vauquelin Nicolas Louis) (1763–1829), франц. химик 1/538, 558; 3/1134; 5/111, 612, 937, 938  
 Волкин Эллотт (Voikin Elliot) (р. 1919), амер. биохимик 2/1325  
 Волластон Уильям (Wollaston William) (1766–1828), англ. химик 3/873, 1134; 4/534  
 Воль Альфред (Wohl Alfred) (1863–1939), нем. химик 1/825  
 Воль Курт (Wohl Kurt) (1896–?), нем. физикохимик и биохимик 5/349  
 Вольта Алессандро (Volta Alessandro) (1745–1827), итал. физик и физиолог 3/413; 5/921  
 Вольф Л. (Wolff L.) (1857–1919), нем. химик-органик 1/811; 2/751  
 Ворожцов Николай Николаевич (старший) (1881–1941), рос. химик-органик 2/976  
 Воскресенский Александр Абрамович (1809–80), рос. химик-органик 1/533  
 Вудворд Роберт (Woodward Robert) (1917–79), амер. химик-органик 1/552, 840, 841; 2/945, 1176; 3/92, 787, 965; 4/420, 665; 5/166, 443, 579, 928  
 Вульф Георгий (Юрий) Викторович (1863–1925), рос. кристаллограф и кристаллофизик 4/475  
 Вустер К. (Wooster C.) 1/542  
 Вьель Поль (Vieille Paul) (1854–1934), франц. инженер 4/136  
 Вюрц Шарль (Wurtz Charles) (1817–84), франц. химик-органик 1/204; 2/1188; 3/413, 786
- ## Г
- Габер Фриц (Haber Fritz) (1868–1934), нем. химик 2/664; 5/467  
 Габриель Зигмунд (Gabriel Sigmund) (1851–1924), нем. химик-органик 1/874  
 Гаврилов С.П., рос. инженер-нефтяник 2/166; 3/441  
 Гадолин Юхан (Gadoin Juhan) (1760–1852), фин. химик 1/875; 2/548; 5/937  
 Гайтлер Вальтер (Heitler Walter) (1904–81), физик и химик-теоретик 2/722; 3/627; 5/461  
 Гален (Galenos) (ок. 130 – ок. 200), др.-рим. врач 5/111  
 Галилей Галилео (Galilei Galileo) (1564–1642), итал. физик, механик и астроном 5/507  
 Гальвани Луджиги (Galvani Luigi) (1737–98), итал. анатом и физиолог 3/413; 5/921  
 Гамильтон Вальтер (Hamilton Walter) (1932–73), амер. физиолог 5/108  
 Гаммет Луис Плэк (Hammet Lonis Plack) (1894–1987), амер. физикохимик 2/740; 3/788; 5/424  
 Гамов Джордж (Георгий Антонович) (1904–68), амер. физик 1/1012; 3/211  
 Ган Отто (Hahn Otto) (1879–1968), нем. радиохимик 2/370; 4/214, 318, 335, 336; 5/929, 937, 1017  
 Ган Юхан (Gahn Juhan) (1745–1818), швед. минералог и химик 2/1288; 5/937  
 Ганч Артур (Hantzsch Arthur) (1857–1935), нем. химик-органик 1/981; 2/778; 4/267, 752, 1189  
 Гапон Евгений Никитич (1904–50), рос. физикохимик 3/818  
 Гаркур Вернон (Harcourt Vernon) (1834–1919), англ. химик 2/755  
 Гаттерман Людвиг (Gattermann Ludwig) (1860–1920), нем. химик 1/983  
 Гаусс Карл Фридрих (Gauss Karl Friedrich) (1777–1855), нем. ученый 3/1172  
 Гаффрон Ханс (Gaffron Hans) (1902–79), амер. биохимик 5/349  
 Гаюи Рене Жюст (Haüy René Just) (1743–1822), франц. кристаллограф и минералог 2/1063  
 Гебер (Джебр ибн Хайян) (9–10 вв.), араб. медик и алхимик 5/507  
 Гедройц Константин Казанович (1872–1932), рос. почвовед и агрохимик 1/33  
 Гейдельбергер Михаэль (Heidelberger Michael) (1888–?), австр. иммунолог 2/427  
 Гейзенберг Вернер (Heisenberg Werner) (1901–76), нем. физик-теоретик 2/717, 722  
 Гей-Люссак Жозеф (Gay-Lussac Joseph) (1778–1850), франц. химик и физик 1/293, 471, 558, 576, 988; 2/777; 3/413, 785; 4/1189; 5/508, 554, 937  
 Гейровский Ярослав (Heyrovský Jaroslav) (1890–1967), чеш. химик 1/293  
 Гейтер Антон (Geuther Anton) (1833–89), нем. химик 2/785  
 Геллер И. (Geller J.) 3/724  
 Гелл-Манн Марри (Gell-Mann Murray) (р. 1929), амер. физик-теоретик 5/931  
 Гель Карл (Hell Karl) (1849–1926), нем. химик-органик 1/1005  
 Гельмгольц Герман (Helmholtz Hermann) (1821–94), нем. ученый 2/3; 3/936; 4/773; 5/466, 850  
 Гельмонт (Хелмонт) Ян Батист ван (van Helmont Jan Baptiste) (1579–1644), нидерл. естествоиспытатель 1/33; 5/508  
 Гельригель Герман (Hellriegel Hermann) (1831–95), нем. агрохимик 1/33  
 Гельферих Фридрих (Hefferich Friedrich) (р. 1922), амер. химик 2/1172  
 Гемерт ван А. (van Gemert A.), дат. ученый 5/108  
 Генель В. (Henel W.), нем. химик 3/1223, 1228  
 Генри Д. (Henry D.) 5/851  
 Генри Уильям (Henry William) (1774–1836), англ. химик 1/1014  
 Гёрбе М. (Guerbet M.) 1/1025  
 Герман В. (Hermann W.), нем. химик 3/1223, 1228  
 Гермес Трисмегист (Hermes Trismegistos) 1/189  
 Герцфельд Карл Фердинанд (Herzfeld Karl Ferdinand) (1892–1978), амер. физик 4/870  
 Гесс Герман Иванович (1802–50), рос. химик 1/1046; 3/413; 4/1085; 5/178, 466, 509  
 Гиббс Джозайя (Gibbs Josiah) (1839–1903), амер. физик 1/53, 1065; 2/23, 317, 613, 860, 899; 3/1159, 1172; 4/823, 824; 5/99, 178, 466, 500, 509  
 Гизель Ф. (Giesel F.), нем. ученый 1/131; 4/339  
 Гиймен (Гиллеман) Роже (Guillemin Roger) (р. 1924), франц. физиолог 3/400  
 Гилберт Уолтер (Gilbert Walter) (р. 1932), амер. биофизик 1/472  
 Гиллестин Роналд (Gillespie Ronald) (р. 1924), канад. физикохимик 1/1117; 5/461  
 Гиорсо Альберт (Ghiorsso Albert) (р. 1915), амер. физик и химик 1/228, 541; 2/565, 1107, 1112; 3/57, 488; 5/160  
 Гиппократ (ок. 460 – ок. 370 до н. э.), др.-греч. врач 5/111  
 Глаубер Иоганн (Glauber Johann) (1604–70), нем. химик и врач 1/282  
 Глейденни Лоуренс (Glendenin Lawrence) (р. 1918), амер. радиохимик 4/193, 336  
 Гленсдорф П. (Glensdorf P.) 4/574  
 Глестон Самуэль (Glestone Samuel) (1897–?), амер. физикохимик 4/422  
 Гмелин Иоганн Фридрих (Gmelin Johann Friedrich) (1748–1804), нем. химик и врач 5/467  
 Гмелин Леопольд (Gmelin Leopold) (1788–1853), нем. химик 3/724; 5/492  
 Гобли М. (Gobly M.) 2/1188  
 Годен А. (Goden A.) 2/223  
 Голей Марсель (Golay Marcel) (р. 1902), швейц. химик 2/611  
 Гольдманский Виталий Иосифович (р. 1923), рос. физикохимик 2/1034  
 Гольдшмидт Виктор (Goldschmidt Victor) (1888–1947), норв. геохимик 1/411, 1015, 1017; 2/961, 1064; 5/99, 515  
 Гольдшмидт Стефан (Goldschmidt Stefan) (1889–1971), нем. химик-органик 3/786  
 Гомберг Моисе (Gomberg Moses) (1866–1947), амер. химик 1/1158; 3/786; 4/304, 1255  
 Гомолька Б. (Gomolka B.), нем. химик 5/326  
 Гопкинс (Хопкинс) Фредерик (Hopkins Frederic) (1861–1947), англ. биохимик 5/1  
 Гордон А. (Gordon A.) (р. 1911), англ. физикохимик 3/810  
 Горошенко Яков Гаврилович, укр. химик-неорганик 5/174  
 Гудсмит Самуэль (Goudsmit Samuel) (1902–79), амер. физик 4/787  
 Гофман Август (Hofmann August) (1818–92), нем. химик-органик 1/306, 1181; 2/373, 1176; 3/785  
 Гофмейстер Фридрих (Hofmeister Friedrich) (1850–1922), нем. химик 1/558  
 Гохштейн Александр Яковлевич (р. 1935), рос. физикохимик 5/845  
 Гракаукас В. (Grakauskas V.), амер. химик 1/1184  
 Грассман Герман (Grassmann Hermann) (1809–77), нем. математик, физик и филолог 5/652  
 Граф П. (Граф Р.), нем. химик 4/526  
 Гребс Карл (Graebe Karl) (1841–1924), нем. химик-органик 1/139, 874; 2/976  
 Гребенщиков Илья Васильевич (1887–1953), рос. химик 5/485  
 Грегор Уильям (Gregor William) (1761–1817), англ. минералог 4/1175  
 Грей В. (Gray V.), англ. биохимик 5/801  
 Грив У. (Grive W.), англ. химик 1/1158  
 Гринберг Александр Абрамович (1898–1966), рос. химик-неорганик 1/121; 3/413  
 Гриньяр Виктор (Grignard Victor) (1871–1935), франц. химик-органик 1/1205; 3/786  
 Гресс Иоганн Петер (Griess Johann Peter) (1829–88), нем. химик-органик 1/91; 2/71, 75, 976  
 Гриффитс Дж. (Griffiths J.) 5/627  
 Громека Ипполит Степанович (1851–89), рос. гидрохимик 2/613  
 Громов Сергей Пантелеймонович (р. 1953), рос. химик-органик 2/964  
 Гроссетест Роберт (Grossetest Robert), англ. философ 1/190  
 Грот Пауль Генрих (Groth Paul Heinrich) (1843–1927), нем. кристаллограф и минералог 3/276  
 Гроттус (Гроттус) Теодор [Grothuss (Grothuss) Theodore] (1785–1822), прибалт. физик и химик 5/357  
 Грэм Д. (Graham D.), амер. физик 2/3  
 Грэм Томас (Graham Thomas) (1805–69), англ. химик 2/860  
 Грязнов Николай Сергеевич (1907–91), рос. коксохимик 5/52  
 Губен Иозеф (Houben Josef) (1875–1940), нем. химик 5/450



Губерт Э. (Houbert E.), нем. химик 3/719  
 Губкин Иван Михайлович (1871–1939), рос. геолог 3/457  
 Гувер Теодор (Hoover Theodore) (1871–?), амер. химик и металлург 5/209  
 Гуттенгейм Эдвард (Guggenheim Edward) (1901–70), англ. физикохимик 1/57; 4/368  
 Гудри Эжен (Houdry Eugene) (1892–1962), амер. химик и промышленник 2/678  
 Гуи Луи Жорж (Gouy Louis Georges) (1854–1926), франц. физик 2/3  
 Гук Роберт (Hooke Robert) (1635–1703), англ. физик 1/1212  
 Гуллеид Дж., амер. биохимик 3/593  
 Гульдберг Като (Guldberg Cato) (1836–1902), норв. физикохимик и математик 2/23, 755; 3/413; 5/509  
 Гурвич Джералд (Hurwitz Jerald) (р. 1928), амер. ученый 4/1231  
 Гурвич Лев Гаврилович (1871–1926), рос. нефтяник 3/441  
 Гурон М. (Guron M.) 5/71  
 Гусев Николай Григорьевич (р. 1912), рос. физик 4/289  
 Гухман Александр Адольфович (1897–1992), рос. теплофизик 3/1180  
 Гьельм П. (Huelm P.), швед. химик 3/245

## Д

Давидов Август Юльевич (1823–86), рос. механик и математик 2/613; 3/1172  
 Дагер Луи (Daguerre Louis) (1787–1851), франц. художник и изобретатель 5/330  
 Дайзенхофер Иоганн (Daisenhofer Johann) (р. 1943), нем. биофизик 5/350  
 Дальтон Джон (Dalton John) (1766–1844), англ. химик и физик 1/1221; 2/984; 3/413, 434; 5/508, 936  
 Даниель Джон Фредерик (Daniell John Frederic) (1790–1845), англ. физик и химик 1/1221  
 Данилевский Александр Яковлевич (1838–1923), рос. биохимик 1/558  
 Дарзан Жорж (Георг) (Darzens George) (1867–1954), франц. химик-органик 1/1222  
 Датч Шелдон (Datz Sheldon) (р. 1927), амер. физикохимик 3/240  
 Даунс А. (Downs A.) (1899–?), амер. биохимик 1/1012; 3/211  
 Дафф Джеймс (Duff James) (1888–?), англ. химик-органик 2/1  
 Дебай Петер (Debye Peter) (1884–1966), физик 2/8; 5/923  
 Де Бур Я. Х., см. Бур Я. Х. де  
 Дебьери Андре (Debierne Andre) (1874–1949), франц. химик 1/131; 4/339; 5/937  
 Де Вид Д., нидерл. ученый 3/400  
 Девиль Анри (Deville Henri) (1818–81), франц. химик 4/1202  
 Дегтярева Валентина Феофановна (р. 1940), рос. металлофизик 2/484  
 Де Донде Т. (De Donde T.), бельг. физик 4/1069; 5/506  
 Дейкин Генри (Dakin Henry) (1880–1952), англ. биохимик 2/21, 22  
 Дёйсенс Луис (Demarcay Louis) (р. 1921), нидерл. биофизик 5/349  
 Декруазиль Франсуа (Descroizilles Francois) (1751–1825), франц. химик-технолог 1/293  
 Делепин Марсель (Delepine Marcel) (1871–1965), франц. химик-органик 2/32  
 Демарсе Эжен (Demarcay Eugene) (1852–1903), франц. химик 2/244; 5/937  
 Демокрит (ок. 460 – ок. 370 до н.э.), др.-греч. ученый 5/507  
 Демьянов Николай Яковлевич (1861–1938), рос. химик-органик 2/33  
 Дёринг В. (Doering W.) 2/318  
 Дёринг Уильям (Doering William) (р. 1917), амер. химик-органик 2/37; 5/21  
 Дерягин Борис Владимирович (1902–94), рос. физикохимик 2/613, 860; 3/1174; 4/345; 5/63, 851

Де Фриз Гуго (De Vries Hugo) (1848–1935), нидерл. ботаник и генетик 3/301  
 Джебюр ибн Хайян, см. Гебер  
 Джеймс А. (James A.), амер. биохимик 1/920  
 Джеймс Д. (James D.) 5/627  
 Джеймс Ралф (James Ralph) (р. 1920), амер. химик 1/228; 2/1112  
 Джонсон Трет (Johnson Treat) (1875–1947), амер. химик 5/451  
 Джонсон У. (Johnson W.), англ. биохимик 4/1262  
 Джоуль Джеймс (Joule James) (1818–89), англ. физик 3/936; 4/773  
 Дидро Дени (Diderot Denis) (1713–84), франц. философ 5/508  
 Дикенс Фрэнк (Dickens Frank) (1889–?), амер. биохимик 3/921  
 Дикман Вальтер (Dieckman Walter) (1869–1925), нем. химик-органик 2/111  
 Дильс Отто (Diels Otto) (1876–1954), нем. химик-органик 2/102; 3/787  
 Димрот Отто (Dimroth Otto) (1872–1940), нем. химик-органик 2/124  
 Дирак Пол (Dirac Paul) (1902–84), англ. физик-теоретик 3/892; 4/787, 826  
 Догонадзе Резо Резоевич (1931–86), груз. физик-теоретик 4/410  
 Доннан Фредерик Джордж (Donnan Frederick George) (1870–1956), англ. физикохимик 1/449  
 Донахью Томас Майкл (Donahue Thomas Michael) (р. 1921), амер. физик 5/72  
 Дори Э. (Dorr E.), нем. химик 4/339; 5/850  
 Дорфман Леон (Dorfman Leon) (р. 1922), амер. физикохимик 2/430  
 Дост Фрэнк Норман (Dost Frank Norman) (р. 1926), амер. физиолог и токсиколог 5/108  
 Доти Пол (Doty Paul) (р. 1920), амер. биохимик 3/594  
 Дрексель Эдмунд (Drechsel Edmund) (1843–1897), нем. химик 2/1176  
 Друде Пауль (Drude Paul) (1863–1906), нем. физик 3/773  
 Дрю М. (Dru M.) 5/442  
 Дубинин Михаил Михайлович (1900/01–93), рос. физикохимик 1/58; 2/166, 737  
 Думанский Антон Владимирович (1880–1967), укр. химик 2/860, 1184; 5/486  
 Духин Станислав Самуилович (р. 1931), рос. физикохимик 5/851  
 Дьюар Джеймс (Dewar James) (1842–1923), англ. физик и химик 2/1033; 3/1046  
 Дьюар Майкл (Dewar Michael) (р. 1918), англ. химик 3/236, 964; 5/905  
 Дьякова Мария Кузьминична (1904–76), рос. химик-технолог 5/52  
 Дьяконов Герман Константинович, рос. теплофизик 3/1180  
 Дьярмат Иштван (Gyarmathi Istvan), венг. физик 4/1069  
 Дэви Гемфри (Davy Humphrey) (1778–1829), англ. химик и физик 1/459, 576, 912; 2/562, 580, 777, 1202, 1235; 3/349, 413; 4/876; 5/554, 922, 937  
 Дэви Эдмунд (Davy Edmund) (1785–1857), англ. химик 1/431  
 Дюбрёйфо Огюст Пьер (Dubrunfaut Augustin Pierre) (1797–1881), франц. биохимик 3/299  
 Дю Вилье Винсент (Du Vigneaud Vincent) (1901–78), амер. биохимик 1/552, 559, 661; 3/713, 929  
 Дюгем (Дюэм) Пьер (Duhem Pierre) (1861–1916), франц. физик-теоретик и философ 1/1065  
 Дюко дю Орон Луи (Duko du Oron Louis) (1837–1920), франц. химик 5/326  
 Дюлонг Пьер (Dulong Pierre) (1785–1838), франц. физик и химик 3/413  
 Дюма Жан Батист (Dumas Jean Baptiste) (1800–84), франц. химик 2/242; 3/120, 216, 785

## Е, Ж

Енсен В. (Jensen W.), амер. химик 3/672  
 Еремин Иван Васильевич (р. 1923), рос. геолог и теплофизик 5/52  
 Жаботинский Анатолий Маркович (р. 1938), рос. биофизик 1/486

Жакоб Франсуа (Jacob Francois) (р. 1920), франц. микробиолог и генетик 3/211; 4/1231  
 Жансен Пьер Жюль (Janssen Pierre Jules) (1824–1907), франц. астроном 1/1004  
 Жемчужников Юрий Аполлонович (1885–1957), рос. геолог 5/51  
 Жемчужный Сергей Федорович (1873–1929), рос. химик-неорганик и металлург 4/1006  
 Жерар Шарль (Gerhardt Charles) (1816–56), франц. химик 3/785; 5/509  
 Жинкин Лев Николаевич (1908–71), рос. цитолог 5/770  
 Жирардия М. (Gerarden M.), франц. ученый 5/898  
 Жоб П. (Job P.) 5/176  
 Жолио Пьер (Joliot Pierre) (р. 1932), франц. физиолог растений 5/350  
 Жолио-Кюри Ирен (Joliot-Curie Iren) (1897–1956), франц. физик 4/318, 335  
 Жолио-Кюри Фредерик (Joliot-Curie Frederic) (1900–58), франц. физик 3/566; 4/318, 335  
 Жуков Иван Иванович (1880–1949), рос. химик 2/860  
 Жуховицкий Александр Абрамович (1908–90), рос. физикохимик 5/627  
 Жюрен Джеймс (Jurin James) (1685–1750), англ. физик и врач 2/613; 3/1174

## З

Заварницкий Александр Николаевич (1884–1952), рос. геолог и петрограф 1/1015; 3/996  
 Завойский Евгений Константинович (1907–76), рос. физик 5/893  
 Зайцев Александр Михайлович (1841–1910), рос. химик-органик 2/311; 3/786  
 Зайцев Михаил Михайлович (1845–1904), рос. химик-органик 4/539  
 Замечник Пол (Zamecnic Paul) (р. 1912), амер. ученый 1/559  
 Зандмейер Трауготт (Sandmeyer Traugott) (1854–1922), швейц. химик-органик 2/315  
 Звара Иво (Zvara Ivo) (р. 1934), чеш. химик 3/488  
 Зворыкин Владимир Кузьмич (1888–1982), инженер и изобретатель 5/874  
 Звягинцев Орест Евгеньевич (1894–1967), рос. химик 3/413  
 Зеeman Пнтер (Zeeman Pieter) (1865–1943), нидерл. физик 2/330  
 Зейде Оскар Адольфович, рос. химик 5/778  
 Зервас Леонидас (Zervas Leonidas) (1902–80), греч. химик-органик 3/929  
 Зелинский Николай Дмитриевич (1861–1953), рос. химик-органик 1/552, 1005, 1059; 2/331, 684; 3/448, 786; 5/485  
 Зельдович Яков Борисович (1914–87), рос. физик-теоретик 1/56; 2/318  
 Зигмонди (Жигмонди) Рихард (Zsigmondy Richard) (1865–1929), австр. физикохимик 2/860; 5/62  
 Зидентопф Генри (Siedentopf Henry) (1872–1940), нем. физик 5/62  
 Зимаков Игорь Евгеньевич (р. 1934), рос. радиохимик 2/383  
 Зинин Николай Николаевич (1812–80), рос. химик-органик 1/490, 491; 2/331, 976; 3/531, 785; 5/467  
 Зиньев Юрий Матвеевич (1910–81), рос. химик-органик 3/672  
 Зосима (ок. 350 – ок. 400), др.-греч. алхимик 5/506  
 Зубов Павел Васильевич (1862–1921), рос. химик 1/1025

## И, Й

Ибн Сина (Авиценна) (980–1037), ученый и врач 5/111, 507  
 Иванов Димитр (1894–1976), болг. химик-органик 2/345  
 Измалевский Всеволод Александрович (1885–1973), рос. химик-органик 2/976  
 Измайлов Николай Аркадьевич (1907–61), рос. физикохимик 1/294; 4/1209  
 Ингел Эрст (Eliel Ernst) (р. 1921), амер. химик 4/1216  
 Ильинский Владимир Петрович (1885–1964), рос. химик-технолог 1/972

- Ильинский Михаил Александрович (1856–1941), рос. химик-органик 1/294; 2/976  
 Ингенхауз Ян (Ingen-Hausz Jan) (1730–99), нидерл. врач 1/33, 558; 5/349  
 Инголд(вд) Кристофер (Ingold Christopher) (1893–1970), англ. химик-органик 3/30, 788; 4/859  
 Иогансен Вильгельм (Johansen Wilhelm) (1857–1927), дат. биохимик 1/1010  
 Ионоу Николай Ильич (1913–92), рос. физик 2/1314  
 Иошч Живови Ильич (1870–1914), рос. химик-органик 2/533  
 Ипатьев Владимир Николаевич (1867–1952), рос. химик 2/664; 3/448  
 Йонг де Б., см. Бюнгенберг де Йонг
- К**
- Кабачник Мартин Израилевич (1908–97), рос. химик-органик 2/550  
 Кабулков Иван Александрович (1857–1942), рос. физикохимик 5/923  
 Каванту Жозеф Бьенеме (Caventou Joseph Bienaimé) (1795–1877), франц. химик и токсиколог 1/628; 5/349  
 Кавендиш Генри (Cavendish Henry) (1731–1810), англ. физик и химик 1/779; 5/508, 937  
 Каде Луи Клод (Cadet Louis Claude) (1731–99), франц. химик 3/318  
 Каде Шарль Луи (Cadet Charles Louis) (1769–1821), франц. химик 5/490  
 Кадю Поль (Cadiot Paul) (р. 1923), франц. химик-органик 2/551  
 Каймел У. (Kimmel W.) 2/1110  
 Калвин (Кэ́лвин) Мелвин (Calvin Melvyn) (1911–1997), амер. биохимик 1/558; 5/349  
 Калькар Герман (Kaickar Hermann) (р. 1908), амер. биохимик 3/671  
 Камен Мартин (Kamen Martin), англ. химик 5/349  
 Камерлинг-Оннес Хейке (Kamerlingh-Onnes Huike) (1853–1926), нидерл. физик 4/587  
 Камерон Джон Александер (Cameron John Alexander) (р. 1936), амер. физик-американец 2/1314; 4/335, 336  
 Кан Роберт (Cahn Robert), англ. химик 4/859  
 Канингем Баррис (Cunningham Burriss) (р. 1912), амер. биохимик 1/542  
 Канинциаро Станислао (Cannizzaro Stanislao) (1826–1910), итал. химик 1/497; 2/604; 3/216; 5/508  
 Капица Петр Леонидович (1894–1984), рос. физик 5/602  
 Караваев Николай Михайлович (1890–1979), рос. химик 5/52  
 Караш (Хараш) Морис (Kharasch Maurice) (1895–1957), амер. химик-органик 5/94  
 Каргин Валентин Алексеевич (1907–69), рос. физикохимик 1/861  
 Карнус Людвиг (Carius Ludwig) (1829–75), нем. химик 2/654  
 Карлайль Антона (Carlisle Anthony) (1768–1840), англ. химик 5/922  
 Карно Никола (Carnot Nicolas) (1796–1832), франц. физик и инженер 1/840; 5/178  
 Карозерс Марвин (Carothers Marvin) (р. 1952), амер. биохимик 4/1001  
 Карозерс Уоллес (Carothers Wallace) (1896–1937), амер. химик 1/860; 3/1210  
 Карпов Лев Яковлевич (1879–1921), организатор рос. хим. пром-сти и науки 5/484  
 Карравей Р. (Carravey R.) 3/401  
 Каррер Пауль (Karrer Paul) (1889–1971), швейц. химик-органик 3/786  
 Касаточкин Владимир Иванович (1904–78), рос. химик-технолог 5/52  
 Каспер Дж. (Casper J.) 2/482  
 Касперсон Тобиюорт (Casperson Tobeuort) (р. 1910), швед. биохимик 5/770  
 Кационис Панайотис (Katsoyannis Panajotis) (р. 1924), амер. биохимик 1/471  
 Квинке Георг Герман (Quincke Georg Hermann) (1834–1924), нем. физик 5/850  
 Кворт Харолд (Kwart Harold) (р. 1925), амер. физикохимик и химик-органик 3/607  
 Кедровский Борис Васильевич, рос. цитолог 5/770  
 Кекуле Фридрих (Kekule Friedrich) (1829–96), нем. химик-органик 1/375; 3/413, 785; 5/484, 509  
 Кёлер Георг (Köhler Georg) (р. 1946), нем. иммунолог 2/428  
 Кёнигс Вильгельм (Königs Wilhelm) (1851–1906), нем. химик 2/733  
 Кендрю Джон (Kendrew John) (р. 1917), англ. биохимик 1/471; 3/176  
 Кеннеди Джозеф (Kennedy Joseph) (р. 1917), амер. физикохимик 3/1155  
 Кернер Р. (Kerner R.), англ. химик 3/1046  
 Керр Джон (Kerr John) (1824–1907), англ. физик 2/739  
 Кёртин Дэвид (Curtin David) (р. 1920), амер. химик-органик 2/740  
 Кесслер Г. (Kessler H.), амер. химик 4/1216  
 Кижнер Николай Матвеевич (1867–1935), рос. химик-органик 2/750, 751  
 Киллиан Генрих (Kiliani Heinrich) (1855–1945), нем. химик 2/752  
 Кин Дж. 2/430  
 Кинан Д. (Kinnan D.) 3/936  
 Кинг Лафайетт (King Lafayette) (р. 1914), амер. химик-органик 3/814  
 Киннер А. (Kinneer A.), амер. химик 2/812  
 Киприанов Андрей Иванович (1896–1972), рос. химик-органик 3/1219  
 Кирквуд Джон (Kirkwood John) (1907–59), амер. химик и физик-теоретик 4/748  
 Кирпачев Михаил Викторович (1879–1955), рос. теплотехник и теплофизик 3/1180  
 Кирсанов Александр Васильевич (1901–92), укр. химик-органик 2/765  
 Кирхгоф Густав (Kirchhoff Gustav) (1824–87), нем. физик 2/765; 4/558; 5/657, 937, 938  
 Кирхгоф Константин Сигизмундович (Готлиб Сигизмунд Константинович) (1764–1833), рос. химик 5/152, 158  
 Китабейль Поль (Kitabel Pal или Paul) (1757–1817), австр.-венг. ботаник, химик и минералог 4/1021  
 Киттайгородский Александр Исаакович (1914–85), рос. физик 3/20, 220; 5/515  
 Клайен Людвиг (Claisen Ludwig) (1851–1930), нем. химик-органик 2/785, 787; 3/786  
 Клапейрон Бенуа Поль Эмиль (Clapeyron Benoit Paul Emile) (1799–1864), франц. физик и инженер 2/788, 789  
 Клапрот Мартин Генрих (Klaproth Martin Heinrich) (1743–1817), нем. химик 4/24, 1021; 5/78, 696, 763, 938  
 Кларк Лиланд Чарльз (Clark Leland Charles) (р. 1918), амер. биохимик 5/915  
 Кларк Франк (Clark Frank) (1847–1931), амер. геолог 1/1017; 2/789  
 Кларк Ханс (Clarke Hans) (1887–1972), англ. химик-органик и биохимик 5/1013  
 Клас Юрний, словацкий химик 2/383  
 Клаузуус Рудольф (Clausius Rudolf) (1822–88), нем. физик 1/840; 2/788; 4/1069; 5/178, 957  
 Клаус Карл Карлович (1796–1864), рос. химик 3/1134; 4/565; 5/937  
 Клеве Пер Теодор (Cleve Per Theodore) (1840–1905), швед. химик 1/1157; 5/24, 937, 938  
 Клей Джон (Clay John) (р. 1910), амер. химик 2/812  
 Клейтон Дж. (Clayton J.), амер. химик 3/672  
 Клемменсен Эрх (Clemmensen Erich) (1876–1941), амер. химик-органик 2/810  
 Клемо Жорж Роже (Clemo George Roger) (1889–?), англ. химик-органик 3/1226  
 Клер Эдвин Генри (Cler Edwin Henry) (р. 1932), амер. радиохимик 2/383  
 Клиббене Д. (Clibbens D.), англ. химик 3/499  
 Климова Валентина Алексеевна (1900–58), рос. химик-аналитик 2/960  
 Клингеманн Ф. (Klingemann F.), нем. химик 5/1060  
 Кнёвенагель Эмиль (Knoevenagel Emil) (1865–1921), нем. химик-органик 2/814; 3/786  
 Книплинг Пауль (Knipping Paul) (1883–1935), нем. физик 2/1063; 4/475  
 Кноль Макс (Knoll Max) (1897–?), нем. химик 5/874  
 Кноп Вильгельм (Knop Wilhelm) (1817–91), нем. агрохимик 1/33  
 Кноэр Людвиг (Knorr Ludwig) (1859–1921), нем. химик-органик 2/815; 3/786, 871  
 Кноэр Эдуард (Knorr Eduard) (?–1926), нем. химик 2/733  
 Кобозев Николай Иванович (1903–74), рос. физикохимик 1/1059; 5/847  
 Козловский Р. (Kozlowsky R.) 4/627  
 Кок Б. (Cock B.), амер. биолог 5/350  
 Кокрофт Джон Дуглас (Cockroft John Douglas) (1897–1967), англ. физик 5/1017  
 Коловрат-Червинский Л. (Kolowrat-Tscherwinski L.) (1884–1921), радиохимик 5/947  
 Коль Сидней (Cole Sydney) (1877–1951), англ. химик 5/1  
 Ко́льбе Адольф (Kolbe Adolf) (1818–84), нем. химик 2/863, 864; 3/785  
 Кольрауш Фридрих (Kohrausch Friedrich) (1840–1910), нем. физик и физикохимик 2/864; 5/923  
 Колюцов Николай Константинович (1872–1940), рос. биолог 3/211  
 Коидакос Иван Лаврентьевич (1857–1931), рос. химик-органик 1/860; 2/888  
 Коидратев Виктор Николаевич (1902–79), рос. физикохимик 2/756  
 Коновалов Дмитрий Петрович (1856–1929), рос. химик 2/899; 5/176, 178  
 Коновалов Михаил Иванович (1858–1906), рос. химик-органик 2/900; 3/439, 448  
 Колпингер Г. (Corrynger G.), амер. химик 1/978  
 Корана Хар (Korana Har) (р. 1922), амер. биохимик 1/1010, 1013; 3/211, 212, 787  
 Корвисар Люсьен (Corvisart Lucien) (1824–82), франц. физиолог 1/471  
 Коржинский Дмитрий Сергеевич (1899–1985), рос. геолог 5/99  
 Корн Роберт (Corey Robert) (1897–1971), амер. химик-органик 1/471  
 Корн Элиас Джеймс (Corey Elias James) (р. 1928), амер. химик-органик 2/935; 4/512  
 Корнелл Ч. (Corneil Ch.), амер. радиохимик 4/193, 336  
 Корнберг Артур (Kornberg Arthur) (р. 1918), амер. биохимик 1/1010  
 Корнблюм Натан (Kornblum Nathan) (р. 1914), амер. химик-органик 2/939  
 Корнилло А. 2/888  
 Корнфорт Джон Уоркан (Cornforth John Warcup) (р. 1917), англ. химик-органик 4/859  
 Корсон Дейл (Corson Dale) (р. 1914), амер. физик 1/398; 4/336  
 Коршак Василий Владимирович (1908/09–88), рос. химик 4/32  
 Коршун Мирра Осиповна (1910–81), рос. химик-аналитик 2/960  
 Коссель Альбрехт (Kossel Albrecht) (1853–1927), нем. биохимик 1/471; 3/593  
 Коссель Вальтер (Kossel Walther) (1888–1956), нем. физик 3/787; 5/461  
 Коссович Петр Самсонович (1862–1915), рос. агрохимик и почвовед 1/33  
 Кост Алексей Николаевич (1915–79), рос. химик-органик 2/964  
 Кост Ю. 3/457  
 Костер Дирк (Koster Dirk) (1889–1950), нидерл. физик 1/987; 5/937  
 Костычев Павел Андреевич (1845–95), рос. почвовед 1/33  
 Коттон Эме (Cotton Aimé) (1869–1951), франц. физик 4/859  
 Коулсон Чарльз (Coulson Charles) (1910–74), англ. химик-теоретик 4/420  
 Коуп Артур (Cope Arthur) (1909–66), амер. химик-органик 2/966  
 Кох Г. (Koch H.), нем. химик 2/971  
 Кох Юлиус (Koch Julius) (р. 1912), нем. химик-органик 1/983  
 Кочетков Николай Константинович (р. 1915), рос. химик-органик 2/888  
 Кошкин Лев Николаевич (р. 1912), рос. ученый 4/542  
 Крам Доналд (Cram Donald) (р. 1919), амер. химик-органик 1/391; 3/787  
 Крамер Э. (Kramer E.), нем. химик 4/642

- Крамерс Хендрик Антони (Kramers Hendrick Anthonij) (1894–1952), нидерл. физик-теоретик 4/410
- Кранстон Джон (Cranston John) (1891–?), англ. химик 4/214
- Крапивин Сергей Гаврилович (1868–1927), рос. химик 2/888
- Красуский Константин Адамович (1867–1937), рос. химик-органик 2/983
- Крафтс Джеймс (Crafft James) (1839–1917), амер. химик 3/786; 5/369
- Кребс Ханс Адольф (Krebs Hans Adolf) (1900–81), англ. биохимик 1/558; 3/812; 4/1262
- Крелль Лоренц фон (von Crell Lorenz) (1745–1816), нем. химик 5/477
- Крёнке Фриц (Kröhnke Fritz) (1903–81), нем. химик-органик 2/1033; 3/814
- Кривиц О. (Kriewitz O.) 4/171
- Крик Фрэнсис (Crick Francis) (р. 1916), англ. биолог и генетик 1/559, 1013; 2/877; 3/210, 301, 593; 4/499, 1240
- Крпнякевич П. И., укр. химик-органик 2/480
- Кривчак Исаак Рувимович (1901–93), рос. физикохимик 1/1216
- Кришнан Кариманикхам (Krishnan Karimani-kham) (1898–1961), инд. физик 2/867
- Кронштедт Аксель (Cronstedt Axel) (1722–65), швед. минералог и химик 3/475; 5/937
- Кроуфут-Ходжкин Дороти (Crowthfoot Hodgkin Dorothy) (1910–94), англ. химик и биохимик 1/559
- Кроффорд Адер (Crawford Ader) (1748–95), англ. химик 4/876; 5/937
- Крукс Уильям (Crookes William) (1832–1919), англ. физик и химик 4/975; 5/937, 938
- Крюгер-Тиммер Э. (Krüger-Timmer E.), нем. ученый 5/108
- Кун Вильгельм (Kuhn Wilhelm), нем. физикохимик 1/862; 3/773
- Кун Рихард (Kuhn Richard) (1900–67), нем. химик и биохимик 3/786
- Купер Арчибалд (Couper Archibald) (1831–92), англ. химик 3/785
- Купманс Тьяллинг (Коорманс Tjalling) (1910–85), нидерл. и амер. ученый 2/1104
- Куриаков Николай Семенович (1860–1941), рос. химик 1/972; 3/413, 434; 4/1006; 5/174, 176, 485, 515
- Куртуа Бернар (Courtois Bernard) (1777–1836), франц. химик 2/496; 5/111, 937
- Курциус Теодор (Curtius Theodor) (1857–1928), нем. химик-органик 1/656; 2/751, 1107; 3/929
- Курчатов Борис Васильевич (1905–72), рос. химик 2/370
- Курчатов Игорь Васильевич (1902/03–60), рос. физик 2/370, 1107; 4/336; 5/1017
- Кутателадзе Иовель Григорьевич (1887–1963), груз. фармаколог 5/486
- Кучеров Михаил Григорьевич (1850–1911), рос. химик-органик 2/1108
- Кьельдаль Йохан (Kjeldahl Johan) (1849–1900), дат. химик 2/1108
- Кэлвин М., см. Калвин М.
- Кэллоу Д., амер. химик и металлург 5/209
- Кэмпис Рудольф (Camps Rudolf) (1860–?), нем. химик 2/1109
- Кэрролл М. Ф. (Carroll M. F.) 2/1110
- Кюне Вильгельм (Kühne Wilhelm) (1837–1900), нем. физиолог 1/558
- Кюри Пьер (Curie Pierre) (1859–1906), франц. физик 2/1111, 1237; 3/413; 4/99, 300, 318, 335; 5/937, 1017
- Лазарев Петр Петрович (1878–1942), рос. физик и биофизик 5/357
- Лампадус Вильгельм Август (Lampadius Wilhelm August) (1772–1842), нем. химик 4/178
- Ландау Александр Исаакович (р. 1933), укр. физикохимик 5/99
- Ландау Лев Давидович (1908–68), рос. физик-теоретик 1/341; 5/103
- Ланде Альфред (Lande Alfred) (1888–1975), франц. химик 2/1064
- Ландер Джеймс (Lander James) (р. 1931), амер. физик 3/655
- Ландольт Ханс (Landolt Hans) (1831–1910), нем. физикохимик 5/491
- Ландсберг Григорий Самуилович (1890–1957), рос. физик 2/867
- Ландштейнер Карл (Landsteiner Carl) (1868–1943), австр. иммунолог 1/323
- Лаплас Пьер (Laplace Pierre) (1749–1827), франц. астроном, математик, физик 2/577, 613, 860; 3/1172, 1174; 4/1085
- Лапп К. (Lapp K.), франц. биохимик и фармаколог 5/108
- Ласкорни Борис Николаевич (р. 1915), рос. химик-технолог 1/466
- Лассень Жан (Lassaigne Jean) (1800–59), франц. химик 2/1148
- Латинжер Л. (Latijer L.), англ. химик 3/1216
- Лауэ Макс фон (von Laue Max) (1879–1960), нем. физик 2/1063; 4/475; 5/515
- Лебедев Сергей Васильевич (1874–1934), рос. химик 1/629, 632, 860; 2/665; 3/1266; 4/309; 5/467, 485
- Ле Бел Жозеф Ашиль (Le Bel Josef Achill) (1847–1930), франц. химик 3/786; 4/858; 5/509
- Леблан Никола (Leblanc Nicolas) (1742–1806), франц. химик-технолог 5/467
- Леблон К. (Leblon K.), франц. цитохимик 5/770
- Левин Джорджо (Levi Giorgio) (1895–1965), итал. физикохимик 1/121
- Левни Фибус (Levene Phoebus) (1869–1940), амер. биохимик 3/593; 4/31
- Левкипп (5 в. до н. э.), др.-греч. философ 5/507
- Лейбниц Готтфрид (Leibnitz Gottfried) (1646–1716), нем. философ и математик 4/773
- Лейдлер К. (Leydler K.), амер. физикохимик 4/422
- Лейкарт Рудольф (Leuckart Rudolf) (1854–89), нем. химик-органик 2/1155
- Лейкс Герман (Leucks Hermann) (1879–1945), нем. химик 3/929
- Лекланше Жан (Leclanché Jean) (1832–82), франц. физик 2/1162
- Лекко де Буабодран Поль Эмиль (Lecoq de Boisbaudran Paul Emile) (1838–1912), франц. химик 1/937; 2/157; 3/413; 4/571; 5/937
- Лелюар Луис (Leloir Luis) (1906–87), аргент. биохимик 1/559
- Лемал Дэвид (Lemał David) (р. 1934), амер. химик-органик 3/965
- Леман Кэнон (Leman Canon) (1902–52), франц. химик 1/471
- Леман Отто (Lehmann Otto) (1855–1922), нем. физик 2/289
- Лен Жан Мари (Lehn Jean Mari) (р. 1939), франц. химик-органик 3/787
- Ленард Филлип (Lenard Philipp) (1862–1947), нем. физик 2/1309
- Ленгмюр Ирвинг (Langmuir Irving) (1881–1957), амер. физик и физикохимик 1/56; 2/688, 860; 3/1095, 1160, 1172, 1174
- Леннард-Джонс Джон (Lennard-Jones John) (1894–1954), англ. химик-теоретик 2/722; 5/474
- Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci) (1452–1519), итал. живописец, скульптор, изобретатель 2/613
- Лепти Р. (Lepetit R.) (1865–1928), франц. химик 1/655
- Летзингер Роберт (Letzinger Robert) (р. 1921), амер. химик-органик 4/1002
- Летиний Александр Александрович (1848–83), рос. химик-технолог 3/441
- Лёфлер Карл (Löffler Karl) (1887–1972), нем. химик 1/1181
- Ле Шателье Анри (Le Chatelier Henri) (1850–1936), франц. физикохимик и металлург 5/176, 178, 467
- Ли Ян (Юань Цзели) (Lee Juan) (р. 1936), амер. физикохимик 3/240
- Либавий Андреас (Libavius Andreas) (1550–1616), нем. химик и врач 5/490
- Либманн Карл (Libermann Carl) (1842–1914), нем. химик 1/139; 2/976
- Либих Юстус (Liebig Justus) (1803–73), нем. химик 1/33, 293, 511, 558; 2/365, 777; 3/785; 5/158, 467, 477, 483, 509
- Лизеганг Рафаэль Эдуард (Leezegang Raphael Edward) (1869–1942), нем. химик 2/1259
- Ливен С. (Leemem S.) 3/401
- Линдерстрём-Ланг Кай Ульрих (Linderström-Lang Kay Ulrich) (1896–1959), дат. биохимик 1/471
- Липман (Липпман) Габриэль (Lippmann Gabriel) (1845–1921), франц. физик 3/1174; 5/845
- Липман Фриц (Lippmann Fritz) (1899–1986), амер. биохимик 1/558; 3/921
- Лифшиц Евгений Михайлович (1915–85), рос. физик-теоретик 2/148
- Лобри де Брюйн Корнелиус Адриан (Lobry de Bruyn Cornelius Adriaan) (1857–1904), нидерл. химик-органик 2/1211
- Лович Товий Егорович (Иоганн Тобнас) (1757–1804), рос. химик 2/860; 3/1174; 5/997
- Лозовой Александр Васильевич (1906–76), рос. химик 5/52
- Локкен Эмиль Реие (Locquin Emile René) (1876–1965), франц. химик 1/457
- Лоукер Джекост Норман (Lockyer Josef Norman) (1836–1920), англ. астрофизик 1/1004
- Ломоносов Михаил Васильевич (1711–65), рос. ученый 1/33; 2/860; 3/96, 412, 457; 4/178, 184, 840, 1085; 5/51, 111, 176, 177, 483, 487, 508, 512
- Лонге-Хиггинс Хью (Longuet-Higgins Hugh) (р. 1923), англ. химик-теоретик 4/420
- Лондон Фриц (London Fritz) (1900–54), нем. физик-теоретик 2/722; 3/627; 5/461
- Лоран Огюст (Laurent August) (1807–53), франц. химик 1/350
- Лосев Иван Платонович (1878–1963), рос. химик 3/1122
- Лоссен Вильгельм (Lossen Wilhelm) (1838–1906), нем. химик-органик 2/1214
- Лоуренс Эрнест (Lawrence Ernest) (1901–58), амер. физик 2/1214
- Лоури Томас (Lowry Thomas) (1874–1936), англ. химик 2/778; 3/299
- Лосмидт Иозеф (Loschmidt Joseph) (1821–95), австр. физик 2/1214
- Лугицкий Владимир Федорович (1834–1911), рос. физикохимик 4/1085; 5/509
- Луллий Раймунд (Lullius Raimond) (1236–1315), исп. теолог и философ 5/507
- Льюис Гилберт (Lewis Gilbert) (1875–1946), амер. физикохимик 1/127; 2/778, 1168; 3/787; 4/819; 5/33, 461, 466, 651
- Льюис Уильям (Lewis William) (1708–81), англ. химик и медик 4/1189
- Льюис Чарлтон Майнер (Lewis Charlton Miner) (р. 1905), амер. ученый 5/349
- Лэнгли Джон (Langley John) (1852–1925), амер. биохимик 4/517
- Лэнд Эдвин (Land Edwin) (р. 1909), амер. химик 5/326
- Любарский Василий Васильевич (1795–1852), рос. металлург 4/139
- Любимова Миллица Николаевна (1898–1977), рос. биохимик 1/471, 558; 3/211
- Лямн (Ламн) Клод Огюст (Lamy Claude August) (1820–78), франц. химик 4/975

## Л

## М

- Майкельсон Альберт (Michelson Albert) (1852–1931), амер. физик 5/435
- Майтнер (Мейтнер) Лизе (Meitner Lise) (1878–1968), австр. физик и радиохимик 4/214, 318; 5/929, 937
- Макдональд Роналд (Macdonald Ronald) (р. 1904), амер. физикохимик 5/33
- Макензи (Мак-Кензи) Кеннет (MacKenzie Kennet) (р. 1912), амер. физик 1/398; 4/336
- Мак-Карти Р. (McCarthy R.), англ. физик 2/430
- Мак-Кензи А. (McKenzie A.) (1869–1951), амер. химик 1/388
- Мак-Клинток Барбара (McClintock Barbara) (1902–1993), амер. биолог 3/152, 212
- Мак-Кунстен А. (McQuistan A.), англ. химик-технолог 5/207
- Мак-Лафферти Фред (McLafferty Fred) (р. 1923), амер. химик 2/1252
- Мак-Локлан Алан (McLaughlan Alan) (р. 1936), англ. физикохимик 2/430
- Мак-Льюис У. (McLewis W.) 4/870
- Макмиллан Эдвин (McMillan Edwin) (р. 1907), амер. физикохимик 3/426, 1155; 4/336
- Максам Аллан (Maxam Allan), англ. биохимик 1/472
- Максвелл Джеймс (Maxwell James) (1831–79), англ. физик 2/207; 5/326
- Мак-Фаден Джеймс (McFadyen James) (р. 1908), канад. химик 2/1270
- Малапрад Леон (Malaprade Leon) (р. 1903), франц. химик 2/1271
- Малевинская Екатерина Федоровна, рос. химик-органик 4/536
- Малликен Роберт (Mulliken Robert) (1896–1986), амер. физикохимик 2/722
- Мамедалев Юсуф Гейдарович (1905–61), азерб. химик 5/485
- Мамрин Борис Александрович (р. 1919), рос. физик 2/1314
- Мандельштам Леоид Исаакович (1879–1944), рос. физик 2/867
- Маннасенна Мария Михайловна (1843–1903), рос. биохимик 1/558
- Манних Карл (Mannich Carl) (1877–1947), нем. химик 2/1280; 4/529
- Марголис Лия Яковлевна (р. 1912), рос. физикохимик 4/137
- Марино Джозеф (Marino Joseph) (р. 1942), амер. химик 2/611
- Маринский Джейкоб (Marinsky Jacob) (р. 1918), амер. химик 4/193, 336
- Мариньяк Жан (Marignac Jean) (1817–94), швейц. химик 1/876; 2/546; 5/937
- Марнотт Эдм (Mariotte Edme) (1620–84), франц. физик 1/573
- Марк Герман (Mark Herman) (1895–1992), амер. физикохимик 3/1266
- Марквальд Вильям (Marckwald William) (1864–?), нем. химик 1/388
- Марковников Владимир Васильевич (1837–1904), рос. химик 1/1025; 2/1294; 3/448, 786
- Маркус Рудольф Артур (Markus Rudolph Arthur) (р. 1923), амер. химик 3/258; 4/409; 5/338
- Маррак Джон (Marlack John) (1886–1976), англ. медик и биохимик 2/427
- Мартен Пьер (Martin Pierre) (1824–1915), франц. металлург 2/264
- Мартин Арчер (Martin Archer) (р. 1910), англ. биохимик и физикохимик 1/294, 559, 471, 920
- Марум ван М., см. Ван Марум М.
- Матесон Макс (Matheson Max) (р. 1913), амер. радиохимик 2/430
- Маттен Генрих (Matthaei Heinrich), англ. биохимик 1/1013; 3/212
- Медведев Сергей Сергеевич (1891–1970), рос. физикохимик 1/861; 3/1266; 4/309
- Меевейн Ганс (Meerwein Hans) (1879–1965), нем. химик-органик 1/660; 2/699; 3/170, 11
- Мезел(ь)сон Метью Стелли (Meselson Matthew Stanley) (р. 1930), амер. физикохимик и биолог 2/1325; 4/499
- Мейер Виктор (Meyer Victor) (1848–97), нем. химик 3/33
- Мейер Иоганн (Meyer Johann) (1886–1933), нем. химик 5/790, 791
- Мейер Курт (Meyer Kurt) (1883–1952), нем. химик 3/33
- Мейер Лотар (Meyer Lothar) (1830–95), нем. химик 3/413
- Мейсель Макс Николаевич (1900–87), рос. микробиолог и цитолог 5/770
- Мейстр Герберт (Meistr Herbert) (р. 1904), нем. химик 1/457
- Мейтнер Л., см. Мантнер Л.
- Мёлау Рихард (Möhlau Richard) (1857–1940), нем. химик 1/567
- Мелвилл Гарри (Melvill Harry) (р. 1908), англ. физикохимик 4/165
- Меликшивили Петр Григорьевич (1850–1927), груз. химик-органик 5/486
- Мёллер (Маллер) Герман (Muller Hermann) (1890–1967), амер. генетик 3/293, 301
- Менделеев Дмитрий Иванович (1834–1907), рос. ученый 1/33, 466, 690, 838, 937, 1059; 2/789; 3/57, 413, 441, 448, 457, 955, 963; 4/136, 367, 712, 752; 5/51, 176, 467, 508, 923, 935, 936
- Мендель Грегор (Mendel Gregor) (1822–84), австр. естествоиспытатель 1/558
- Ментен Мод (Menten Maud) (1879–1960), амер. химик 1/558; 5/108
- Меншуткин Николай Александрович (1842–1907), рос. химик 1/294; 2/755; 3/61; 4/748
- Мержанов Александр Григорьевич (р. 1931), рос. физикохимик 4/575
- Мёрнер Карл (Mörner Carl) (1854–1917), нем. химик 5/768
- Меррифилд Роберт Брюс (Merrifield Robert Brus) (р. 1921), амер. биохимик 1/472; 3/929; 4/1001, 1002; 5/158
- Мёрфи Джордж (Murphy George) (р. 1919), амер. химик 5/33
- Мёсбауэр Рудольф (Mößbauer Rudolf) (р. 1929), нем. физик 3/68
- Миллон Эжен (Millon Eugene) (1812–67), франц. химик 3/163
- Мильштейн Сезар (Milstein Cesar) (р. 1927), аргент. биохимик 2/428
- Мислоу Курт (Mislow Kurt) (р. 1923), амер. химик 4/859
- Михаэлис Август (Michaelis August) (1847–1916), нем. химик-органик 3/180
- Михаэлис Леонор (Michaelis Leonor) (1875–1949), нем. химик и биохимик 1/558; 5/108, 152, 158
- Михаэль Артур (Michael Arthur) (1853–1942), амер. химик-органик 2/733; 3/181, 786
- Михель Хартмут (Michel Hartmut) (р. 1948), нем. биофизик 5/350
- Михлер Вильгельм (Michler Wilhelm) (1846–89), нем. химик 3/181
- Мицунобу О. (Mitsunobu O.) 3/187
- Мичерлих (Митчерлих) Эйльхард (Mitscherlich Eilhard) (1794–1863), нем. химик 1/90, 513; 2/371, 1063; 3/531; 4/24; 5/152
- Мишер Карл (Miescher Carl) (1892–1974), нем. химик 1/457
- Мишер Фридрих (Miescher Friedrich) (1844–95), швейц. врач 1/558; 3/593
- Миджоян Арменак Леонович (1904–70), арм. химик-органик 5/485
- Мозли Генри (Moseley Henry) (1887–1915), англ. физик 3/413, 955
- Монбланова В. В., рос. физикохимик 5/847
- Моно Жак (Monod Jacques) (1910–76), франц. биохимик 3/212; 4/1231
- Мор Карл (Mohr Carl) (1806–79), нем. химик 4/394
- Морачевский Алексей Георгиевич (р. 1923), рос. физикохимик 2/899
- Морган Леон (Morgan Leon) (р. 1919), амер. химик 1/228
- Морокума Кейджи (Morokuma Keiji) (р. 1934), амер. физикохимик 3/225
- Мосандер Карл (Mosander Carl) (1797–1858), швед. химик 2/548, 1146; 4/1055; 5/937, 938, 966
- Мoffатт Джон (Moffatt John) (р. 1930), амер. химик-органик 4/277
- Муассан Анри (Moissan Henri) (1852–1907), франц. химик 5/389, 515
- Мукайяма Т. (Mukaiyama T.), япон. химик 3/285
- Мульдер Геррит Ян (Mulder Gerrit Jan) (1802–80), нидерл. химик и врач 1/471
- Мур Доналд (Moore Donald) (р. 1933), амер. химик 5/158, 817
- Мур Стэнфорд (Moore Stanford) (1913–82), амер. биохимик 1/471, 472; 5/158
- Мусин-Пушкин Аполлос Аполлосович (1760–1805), рос. химик и минералог 3/1134
- Мысовский Лев Владимирович (1888–1939), рос. физик 2/370
- Мьюттертис Эрл (Muetterties Earl) (р. 1927), амер. химик-неорганик 4/47
- Мюллер И. (Müller I.), нем. химик 3/133
- Мюллер Карл Алекс (Müller Karl Alex) (р. 1927), швейц. физик 3/415; 4/587
- Мюллер фон Рейхенштейн Ференц (Müller von Reichenstein Ferenc) (1740–1825), венг. инженер и химик-минералог 4/1021; 5/938

## Н

- Надсен (Надсон) Георгий Адамович (1867–1940), рос. биохимик 3/293, 301
- Надь Гейзо (Nagy Geiso) (р. 1927), венг. физикохимик 4/246
- Назаров Иван Николаевич (1906–57), рос. химик-органик 1/552; 3/324
- Найхольм Роналд (Nyholm Ronald) (1917–71), англ. химик-неорганик 1/1117
- Налбандян Арам Багратович (1908–87), арм. физикохимик 2/756; 5/692
- Наметкин Сергей Семенович (1876–1950), рос. химик-органик 2/600; 3/448
- Напиральский Б. (Napieralski B.), нем. химик 1/568
- Настюков Александр Михайлович (1868–1941), рос. химик 3/1122
- Натаисон Якуб (Natanson Jakob) (1832–84), польск. химик 2/976
- Натта Джулио (Natta Giulio) (1903–79), итал. химик 2/665, 922; 3/1216; 4/31
- Неддермейер Сет (Neddermeyer Seth) (р. 1907), амер. физик 5/932
- Неель Луи (Neel Louis) (р. 1904), франц. физик 1/341; 2/1111; 5/163
- Нейберг К., см. Нойберг К.
- Неинцеску Костин (Nenițescu Costin) (1902–70), рум. химик-органик 3/408, 409
- Нернст Вальтер (Nernst Walther) (1864–1941), нем. физикохимик 3/431; 4/1034; 5/178, 466, 467, 484, 509, 682, 922
- Несмеянов Александр Николаевич (1899–1980), рос. химик-органик 2/888; 3/432, 787; 5/485
- Несмеянов Андрей Николаевич (1911–83), рос. радиохимик 4/336
- Несслер Юлиус (Nessler Julius) (1827–1905), нем. химик 3/433
- Неф Джон (Nef John) (1862–1915), амер. химик-органик 3/439
- Нефедов Владимир Дмитриевич (р. 1914), рос. радиохимик 4/336
- Нибелиус А. (Nibelius A.) (1900–?), амер. химик-технолог 5/207
- Ниецкий Рудольф (Nietzki Rudolf) (1847–1917), польск. химик-органик 5/651
- Никол(ь)сон Уильям (Nicholson William) (1753–1815), англ. физикохимик 5/922
- Нильсон Ларс (Nilson Lars) (1840–99), швед. химик 3/413; 4/712; 5/937
- Нир Альфред (Neer Alfred) (1905–94), амер. физикохимик 2/1308, 1309
- Ниренберг Маршалл (Nirenberg Marshall) (р. 1927), амер. биохимик 1/1013; 3/211
- Ниренштайн Максимилиан (Nierenstein Maximilian) (1878–1946), англ. химик 3/499
- Нобель Альфред (Nobel Alfred) (1833–96), швед. промышленник 1/453; 2/126; 3/532; 4/136
- Ноддак Вальтер (Noddack Walter) (1893–1960), нем. физикохимик 4/467; 5/937
- Ноддак-Такке Ида (Noddack-Takke Ida) (1896–1978), нем. физикохимик 4/467; 5/937

Нойберг Карл (Neuberg Carl) (1877–1956), нем. химик 1/557, 1111  
 Нокс Лоуренс (Knox Lawrence) (р. 1907), амер. химик-органик 5/21  
 Норриш Роналд (Norrish Ronald) (1897–1978), англ. физикохимик 2/431  
 Нортруп Джон (Northrup John) (1891–1987), амер. биохимик 1/471, 558; 5/158  
 Нота Г. (Knota G.) 2/611  
 Ньюланд Джулиус Артур (Newland Julius Arthur) (1878–1936), амер. химик 1/860  
 Ньюмен Мелани (Newman Melvin) (р. 1908), амер. химик-органик 3/606, 607  
 Ньютон Исаак (Newton Isaac) (1643–1727), англ. ученый 3/1180; 5/507

## О

Овербек Ян (Overbeek Jan) (р. 1911), нидерл. физикохимик 5/851  
 Овчаренко Федор Данилович (р. 1913), укр. химик 2/1184  
 Отанесян Юрий Солакович (р. 1933), рос. физикохимик 5/929  
 Оже Пьер (Auger Piere) (1899–1993), франц. физик 3/655  
 Олдер Берни (Alder Berni) (р. 1925), амер. физикохимик 3/214  
 Олифант Маркус (Olifant Markus) (р. 1901), австрал. физик 5/5  
 Онсагер Ларс (Onsager Lars) (1903–76), амер. физик и физикохимик 4/748, 1068; 5/923  
 Опеншоу Х. (Oppenshow H.), англ. химик 4/1192  
 Опенауэр Руперт (Oppenauer Rupert) (р. 1910), нем. химик-органик 3/768  
 Орехов Александр Павлович (1881–1939), рос. химик-органик 3/786  
 Орошник Уильям (Oroshnik William) (р. 1914), амер. химик-органик 4/511  
 Ортолева Джованни (Ortoleva Giovanni) (1868–1939), итал. химик-органик 3/814  
 Ортон Кеннеди (Orton Kennedy) (1872–1930), канад. химик 3/815  
 Осен (Озеен) Карл Вильгельм (Oseen Carl Wilhelm) (1879–?), швед. физик 3/773  
 Осмоид Флорис (Osmond Floris) (1849–1912), франц. инженер-металлург 5/176  
 Оствальд Вильгельм (Ostwald Wilhelm) (1853–1932), нем. физикохимик 1/293, 840; 3/413; 4/1189; 5/177, 178, 484, 508  
 Остромыслеский Иван Иванович (1880–1939), рос. химик 5/176  
 Оуэнс Р. (Owens R.), англ. химик 5/937  
 Очоа Северо (Ochoa Severo) (1905–93), амер. биохимик 1/1013; 3/212

## П

Пааль Карл (Paal Carl) (1860–1935), нем. химик 3/871  
 Павлов Иван Петрович (1849–1936), рос. физиолог 1/558  
 Павлов Михаил Григорьевич (1793–1840), рос. философ, физик, агробиолог 1/33  
 Пайен Ансельм (Payen Anselme) (1795–1871), франц. химик 5/158  
 Палатник Лев Самойлович (1909–94), укр. физик 5/99  
 Палисси Бернар (Palissy Bernard) (1510–89), франц. естествоиспытатель 1/33  
 Палладиан Александр Владимирович (1885–1972), рос. биохимик 5/486  
 Панет Фридрих (Paneth Friedrich) (1887–1958), нем. химик 2/385; 4/304  
 Папок Константин Карлович (1908–77), рос. химик-технолог 5/517  
 Паппенгейм И. (Pappenheim I.) 5/158  
 Парацельс Теофраст (Paracelsus Theophrastus) (1493–1541), нем. врач и естествоиспытатель 3/412; 5/111, 507  
 Парк Джозеф (Park Joseph) (р. 1906), амер. химик 3/724  
 Парлоу В. (Parlow W.) 2/1063

Парр Роберт (Parf Robert) (р. 1921), амер. физикохимик 4/420  
 Паскаль Блез (Pascal Bлез) (1623–62), франц. математик, физик, философ 2/613  
 Пассерини Марио (Passerini Mario) (1891–?), итал. химик-органик 3/887  
 Пастер Луи (Pasteur Louis) (1822–95), франц. химик и микробиолог 1/554, 558; 4/858; 5/158, 952  
 Патерно Эмануэле (Paterno Emanuele) (1847–1935), итал. химик и полтик 3/892  
 Патчорник Аарон (Patchornik Aaron), израил. биохимик 4/1002  
 Паули Вольфганг (Pauli Wolfgang) (1900–58), швейц. физик-теоретик 2/719, 1314; 3/892; 4/787; 5/932  
 Паулик Й. (Paulik J.), венг. химик 2/36  
 Паулик Ф. (Paulik F.), венг. химик 2/36  
 Пауэлл Джордж (Powell George) (р. 1910), амер. химик 2/799  
 Пауэлл Сесил (Powell Sесil) (1903–69), англ. физик 5/932  
 Пеан де Сен Жиль Леон (Peau de Saint Gilles Leon) (1832–63), франц. химик 2/755  
 Педерсен Чарльз (Pedersen Charles) (1904–89), амер. химик 3/787  
 Пекар Соломон Исаакович (р. 1917), рос. физик-теоретик 4/409  
 Пелиго Эжен (Peligot Eugene) (1811–90), франц. химик-органик 1/531; 3/120; 5/78  
 Пельтье Пьер Жозеф (Pelleitier Pierre Joseph) (1788–1842), франц. химик 4/1202; 5/349  
 Перей Маргарет (Perey Margaret) (1909–75), франц. радиохимик 5/366  
 Перкин Уильям (старший) (Perkin William senior) (1838–1907), англ. химик 2/976; 3/192, 785, 786, 966; 5/509  
 Перкин Уильям (младший) (Perkin William junior) (1869–1929), англ. химик-органик 3/1226  
 Перков В. (Perkoff W.), нем. химик 3/967  
 Перлмен Исидор (Perlman Isadore) (р. 1915), амер. радиохимик 2/1112  
 Перрен Жан (Perrin Jean) (1870–1942), франц. физик и физикохимик 2/860, 1183  
 Перрен Эдвард (Perren Edward) (1900–78), англ. химик-органик 2/812  
 Перселл Эдвард (Purcell Edward) (р. 1912), амер. физик 5/1030  
 Персо Жан (Persoz Jean) (1805–68), франц. химик и биохимик 5/158  
 Перути (Перуи) Макс (Perutz Max) (р. 1914), англ. биохимик 1/471  
 Перье (Перьер) Карл (Perrier Carl) (1886–1948), итал. химик 4/336, 1113  
 Песков Николай Петрович (1880–1940), рос. физикохимик 2/860  
 Петерсон Джозеф (Peterson Joseph) (р. 1942), амер. физикохимик 1/542  
 Петнод Уильям (Petnod William) (р. 1903), амер. химик-технолог 2/1014  
 Петржак Константин Антонович (р. 1910), рос. радиохимик 4/318; 5/1017  
 Петрий Олег Александрович (р. 1937), рос. физикохимик 5/846  
 Петров Георгий Семенович (1886–1957), рос. химик-технолог 3/1122  
 Петрянов-Соколов Игорь Васильевич (1907–96), рос. физикохимик 1/466  
 Пехман Ганс фон (von Pechmann Hans) (1850–1902), нем. химик 2/71  
 Пикте Аме (Pictet Aме) (1857–1937), швейц. химик-органик 1/874; 3/1023  
 Пилоти Оскар (Piloty Oskar) (1866–1915), нем. химик-органик 4/304  
 Пиментел Джордж (Pimentel George) (р. 1922), амер. химик 2/1034  
 Пиннер Адольф (Pinner Adolf) (1842–1909), нем. химик 3/1029  
 Пирсон Ральф (Pearson Ralph) (р. 1919), амер. химик 2/282  
 Пирсон Уильям (Pearson William), канад. химик 2/481  
 Писаржевский Лев Владимирович (1874–1938), рос. химик 5/486

Питцер Кеннет (Pitzer Kennet) (р. 1914), амер. химик 3/331  
 Пищмука (Пишешмука) Петр Семенович (1879–1965), белорус. химик-органик 3/1091  
 Планк Макс (Planck Max) (1858–1947), нем. физик 2/717; 3/1113; 4/1035; 5/484  
 Плате Гастон (Plante Gaston) (1834–89), франц. физик 1/110  
 Плато Жозеф (Plateau Joseph) (1801–83), бельг. физик 3/1174  
 Плиний Старший (Plinius Maior) (23–79), рим. писатель и ученый 5/490  
 Поваренных Александр Сергеевич (1915–86), укр. ученый 4/1004  
 Полани Джон (Polanyi John) (р. 1929), канад. химик 3/240  
 Полинг (Паулинг) Лайнус (Pauling Linus) (1901–92), амер. физик и химик 1/411, 471, 552, 559, 1067; 2/480, 722, 1064; 3/413, 787; 4/674; 5/461, 474, 515, 896  
 Поллак Герман (Pollak Hermann) (1884–1914), нем. химик 3/1122  
 Полоновский Макс (Polonovski Max) (1861–1939), франц. химик 4/100  
 Поляни (Полани) Майкл (Polanyi Michael) (1891–1976), англ. физикохимик 1/58, 121; 2/692, 756; 4/870; 5/474  
 Понддорф Вольфганг (Ponndorf Wolfgang) (1894–?), нем. химик 3/111, 768  
 Попов Александр Никитович (1840–81), рос. химик-органик 4/129  
 Порай-Кошиз Александр Евгеньевич (1877–1949), рос. химик 2/976  
 Порат Ерке (Porath Jerker) (р. 1921), швед. химик и биохимик 5/817  
 Портер Джордж (Porter George) (р. 1920), англ. физикохимик 2/431, 1034  
 Портер Родни (Porter Rodney) (1917–95), англ. иммунолог и биохимик 2/428  
 Посон Питер (Pauson Peter) (р. 1925), англ. химик-органик 3/92; 5/166  
 Потонье Генри (Potonie Henry) (1857–1913), нем. палеоботаник и геолог 3/457; 5/51  
 Потт Иоганн Генрих (Pott Johann Heinrich) (1692–1777), нем. химик 1/736  
 Прауснитц Джордж (Prausnitz George) (р. 1928), амер. физикохимик и технолог 5/72  
 Праут Уильям (Prout William) (1785–1850), англ. химик и врач 3/281  
 Прево Шарль (Prevost Charles) (1866–1939), франц. химик 4/158  
 Прегль Фриц (Pregl Fritz) (1869–1930), австр. химик 1/293; 3/786, 795; 4/159  
 Прелог Владимир (Prelog Vladimir) (р. 1906), швейц. химик-органик 1/35, 391, 552; 3/1037; 4/859  
 Преображенский Николай Алексеевич (1896–1968), рос. химик-органик 1/552  
 Пригожин Илья Ромаинович (Prigogine Илья) (р. 1917), бельг. физик и физикохимик 4/574, 1068, 1069; 5/466  
 Прилежаев Николай Александрович (1877–1944), рос. химик-органик 4/169  
 Принс Хендрик (Prins Hendrick) (1899–1958), нидерл. химик-органик 4/171  
 Пристли Джозеф (Priestley Joseph) (1733–1804), англ. химик и философ 1/33, 277, 558; 2/769; 5/349, 508  
 Прунт Малькольм (Pruitt Malcolm) (р. 1915), амер. химик-органик 4/31  
 Пруст Жозеф (Proust Joseph) (1754–1826), франц. химик 3/413; 5/508, 515  
 Прадунов Федор Савельевич (1674–1753), рос. промышленник 2/166  
 Прянишников Дмитрий Николаевич (1865–1948), рос. агрохимик, биохимик и физиолог 1/33  
 Пти Алексис (Petit Alexis) (1791–1820), франц. физик 3/413  
 Пуассон Симеон (Poisson Simeon) (1781–1840), франц. физик и математик 3/1172  
 Пуммерер Рудольф (Pummerer Rudolf) (1882–1973), нем. химик 4/273  
 Пунгор Эрне (Pungor Ernő) (р. 1923), венг. химик-аналитик 4/246

- Пуркин Ян (Purkiné Jan) (1787–1869), чеш. химик и физиолог 5/158
- Пфенингер Ф. (Pfenninger F.), нем. химик 5/791
- Пфизнер К. (Pfizner K.) 4/277
- Пшоур Роберт (Pschorr Robert) (1868–1930), нем. химик-органик 4/279
- Р**
- Радзисhevский Бронислав (Radziszewski Bronislaw) (1838–1914), польск. химик 4/288
- Радушкевич Леонид Викторович (1901–72), рос. химик 1/58
- Рауваев Григорий Алексеевич (1895–1989), рос. химик 3/787
- Раймер Карл (Reimer Carl) (1856–1921), нем. химик-технолог 4/341
- Райнес (Рейнес) Фредерик (Raynes Frederick) (р. 1918), амер. физик 5/932
- Райс Оскар Кнефлер (Rice Oscar Knefler) (р. 1903), амер. химик 3/258
- Райссерт Арнольд (Reissert Arnold) (1860–1945), нем. химик-органик 4/342
- Райт Роберт Гамильтон (Write Robert Hamilton) (р. 1906), амер. химик-органик 2/238
- Раман Чандрасекара (Raman Chandrasekhara) (1888–1970), инд. физик 2/867
- Рамберг Людвиг (Ramberg Ludwig) (1874–1940), швед. химик-органик 4/344
- Рамзай Уильям (Ramsay William) (1852–1916), англ. физик и химик 1/364, 1004; 2/1038, 1089; 3/411, 413; 5/937
- Рант Зоран (Rant Zoran) (р. 1910), югосл. ученый 5/804
- Рассел А. (Russel A.), англ. химик 5/331
- Рауль Франсуа (Raoult Francois) (1830–1901), франц. физик и химик 2/1033; 4/388; 5/178
- Расинг Фридрих (Raschig Friedrich) (1863–1928), нем. химик-технолог 4/392, 393
- Ребиндер Петр Александрович (1898–1972), рос. химик 2/155, 860, 1184; 3/1172, 1174; 4/137, 730; 5/171
- Резерфорд Даниел (Rutherford Daniel) (1749–1819), англ. химик, ботаник и врач 1/94; 5/937
- Резерфорд Эрнест (Rutherford Ernest) (1871–1937), англ. физик 3/413, 773, 955; 4/318, 339; 5/5, 929, 932, 1017
- Рей Жан (Ray Jeane) (1583–1645), франц. химик 5/508
- Рейнер Маркус (Reiner Markus) (1886–?), израил. физикохимик 2/112
- Рейнцтиер Фридрих (Reinitzer Friedrich) (1857–1927), нем. химик 2/289
- Рейнольдс Осборн (Reynolds Osborn) (1842–1912), англ. физик и инженер 2/112
- Рейсс Фердинанд Фридрих (Федор Федорович) (1778–1852), рос. врач и химик 2/860; 5/850
- Рейх (Райх) Фердинанд (Reich Ferdinand) (1799–1882), нем. химик 2/445; 5/937
- Рем Д. (Rem D.) 5/339
- Реншоу Раймер (Renschaw Raemer) (1880–1938), амер. химик-органик 3/1249
- Реппе Вальтер (Reppé Walter) (1892–1969), нем. химик-органик 2/640; 3/1226, 1230; 4/501
- Реформатский Сергей Николаевич (1860–1934), рос. химик-органик 4/513
- Рио Андрес Мануэль дель (del Rio Andres Manuel) (1764–1849), мекс. химик и минералог 1/675
- Риттер Джон (Ritter John) (1895–?), амер. химик-органик 4/526
- Ритхаузен Георг (Ritthausen Heinrich) (1826–1912), нем. химик 1/394
- Ритц М. (Ritz M.), амер. химик 4/665
- Рихтер Иеремия Вениамин (Richter Jeremias Benjamin) (1762–1807), нем. химик 4/866
- Рихтер Теодор Иероним (Richter Hieronymus Theodor) (1824–75), нем. химик 2/445; 5/937
- Робертс-Остен Уильям (Roberts-Austen William) (1830–99), англ. металлург 4/1058; 5/176
- Робинсон Иван Максвелл (Robinson Ivan Maxwell) (р. 1920), амер. химик-органик 3/1218
- Робинсон Роберт (Robinson Robert) (1886–1975), англ. химик-органик 1/471; 3/29, 786, 788; 4/529, 530
- Роднонов Владимир Михайлович (1878–1954), рос. химик 2/976; 4/536
- Розе Георг (Rose Heinrich) (1795–1864), нем. химик 1/293; 3/493
- Розебом Хейдрих Виллем Бакхёйс (Roozeboom Hendrik Willem Bakhuis) (1854–1907), нидерл. физикохимик 5/99
- Роземунд Карл (Rosenmund Carl) (1884–1965), нем. химик-органик 4/539
- Розес, см. Абу-ар-Рази
- Рорер Георг (Rohrer Heinrich) (р. 1933), швейц. физик 5/874
- Роско Генри (Roscoe Henry) (1833–1915), англ. химик 5/357
- Росс Джозеф (Ross Joseph) (р. 1925), амер. химик 3/965
- Роутон Фрэнсис (Roughton Francis) (1899–1972), англ. физикохимик 4/881
- Рубен Самуэль (Ruben Samuel) (1913–43), амер. физикохимик 5/349
- Ружичка Леопольд (Ružička Leopold) (1887–1976), швейц. химик-органик 1/685; 3/786
- Ружичка Яромир (Ružička Jaromir) (р. 1933), чеш. химик 2/383; 4/246
- Рунге Фридрих (Runge Friedlieb) (1794–1867), нем. химик 1/306; 3/1080
- Рупе Ганс (Rupe Hans) (1866–1951), швейц. химик 4/562
- Русанов Анатолий Иванович (р. 1932), рос. физикохимик 2/1184
- Руснов Лев Ильич (1907–60), рос. физик 2/370
- Руска Эрнст (Ruska Ernst) (1906–88), нем. физик 5/874
- Рух Эрнст (Ruch Ernst) (р. 1918), нем. математик 4/859
- Руэль Гийом (Rouelle Guillaume) (1703–70), франц. химик 1/558; 3/281
- Рэкер Эфраим (Racker Efraim) (р. 1913), амер. биохимик 3/921
- Рэлей (Стретт) Джон Уильям [Rayleigh (Strutt) John William] (1842–1919), англ. физик 2/860; 3/1174, 1180; 5/937
- Рябушинский М. 3/1180
- С**
- Сабатье Поль (Sabatier Paul) (1854–1941), франц. химик-органик 1/1059; 2/664
- Сабо Наран (Szabo Nara), венг. химик 4/674
- Сагитуллин Рева Сафарович (р. 1931), рос. химик-органик 2/964
- Сазерленд Эрл (Sutherland Erl) (1915–74), амер. биохимик и фармаколог 1/40
- Сакс Юлиус (Sachs Julius) (1832–97), нем. ботаник 1/33; 5/349
- Самнер Джеймс Бетчеллер (Sumner James Betcheller) (1887–1955), амер. биохимик 1/471, 558; 5/158
- Сапожников Леонид Михайлович (1906–70), рос. химик 5/52
- Сахаров Владимир Владимирович (1902–69), рос. генетик 3/293
- Сведберг Теодор (Svedberg Theodore) (1884–1971), швед. физикохимик 1/471, 559; 2/860; 5/678
- Себба Ф. (Sebba F.), южноафрик. химик 5/206
- Севергин Василий Михайлович (1765–1826), рос. минералог и химик 4/394; 5/467, 490
- Сегнер Янош (Segner János) (1704–77), венг. математик и физик 3/1171, 1174
- Сегре Эмилио (Segre Emilio) (1905–89), амер. физик и физикохимик 1/398; 4/336, 1113
- Седов Леонид Иванович (р. 1907), рос. механик 3/1180
- Сейдерс Роберт (Seyders Robert) (р. 1922), амер. химик-органик 3/965
- Сельми Франческо (Selmi Francesco) (1817–81), итал. физикохимик 2/860
- Семенов Николай Николаевич (1896–1986), рос. физик и химик 1/466; 2/692, 756, 1035; 5/474, 485, 684, 686, 690
- Сенгер Фредерик (Sanger Frederick) (р. 1918), англ. биохимик 1/471, 472, 552, 559
- Сенебье Жан (Senebier Jean) (1742–1809), швейц. ботаник 1/33; 5/349
- Сент-Дьердь Альберт (Sent-György Albert) (1893–1986), амер. химик 1/559; 3/225
- Сёренсен Сёрен (Sörensen Sören) (1868–1939), дат. физикохимик и биохимик 1/252
- Сеттерберг (Заттерберг) К. (Setterberg S.), швед. химик 5/657
- Сефстрём Нильс (Sefström Nils) (1787–1845), швед. химик и минералог 1/675; 5/937
- Сиборг Гленн (Seaborg Glenn) (р. 1912), амер. физик и химик 1/131, 228, 541; 2/565, 1112; 3/57, 414, 1155; 4/336; 5/928
- Симмонс Ховард (Simmons Howard) (р. 1929), амер. химик-органик 4/694
- Синг Ричард (Syngé Richard) (р. 1914), англ. биохимик 1/294, 471, 920
- Скаков Юрий Александрович (р. 1925), рос. физикохимик 2/484
- Скита Аладар (Skita Aladar) (1876–1953), нем. химик-органик 1/416
- Склодовская-Кюри Мария (Skłodowska-Curie Marie) (1867–1934), франц. физик и химик 2/1111; 3/413; 4/99, 300, 318, 335; 5/484, 947, 1017
- Скляр Михаил Григорьевич (р. 1930), укр. химик 5/52
- Скот-Арчер Ф. (Scott-Archer F.) (1931–92), англ. химик 5/330
- Скрауп Зленко (Skraup Zdenko) (1850–1910), австр. химик 4/720
- Слейтер (Слэтер) Джон (Slater John) (1900–76), амер. физик-теоретик 2/722; 5/474
- Смайль Сэмюэль (Smiles Samuel) (1871–1953), англ. химик 4/729
- Смидт Дж. (Smidt J.) 4/738
- Смирнов Борис Михайлович (р. 1938), рос. химик 2/505
- Смирнова Наталья Александровна (р. 1933), рос. физикохимик 5/72
- Смит Роналд (Smith Ronald) (р. 1930), амер. химик-органик 4/694
- Смолучовский Мариан (Smoluchowski Marian) (1872–1917), польск. физик 2/860; 5/850
- Соболевский Петр Григорьевич (1782–1841), рос. инженер и ученый 4/139
- Соборовский Леонид Захарович (1900–91), рос. химик 3/672
- Собреро Асканио (Sobrero Ascanio) (1812–88), итал. химик-органик 3/532
- Соваж Жан-Пьер (Souveau Jeane-Piere) (р. 1940), франц. химик 4/1215
- Содди Фредерик (Soddy Frederick) (1877–1956), англ. радиохимик 4/214, 318; 5/937
- Сokolov Владимир Дмитриевич (1855–1917), рос. геолог 3/457
- Сokolov Николай Николаевич (1826–77), рос. химик 5/477
- Соловьев Владимир Николаевич (р. 1921), рос. фармаколог 5/108
- Солонина В. А., рос. химик 1/980
- Сольве Эрнст (Solway Ernst) (1838–1922), бельг. химик-технолог 5/467
- Соммер(с) Генри [Summer(s) Henry] (р. 1914), амер. физик 2/1314
- Соммле Марсель (Sommelet Marsel) (1877–1952), франц. химик-органик 4/760
- Сорби Генри Клифтон (Sorby Henry Clifton) (1826–1908), англ. ученый 5/176
- Сосин Сергей Львович (1914–84), рос. ученый 4/32
- Соссюр Никола (Saussure Nikolas) (1767–1845), швейц. агрохимик 1/33; 5/349
- Спалланциани Ладзаро (Spallanzani Lazaro) (1729–99), итал. биолог 1/558
- Спигелмен Сол (Spigelman Sol) (р. 1914), амер. микробиолог 2/1325
- Спирин Александр Сергеевич (р. 1931), рос. биохимик 2/1325; 3/211, 594
- Стадлер Леон (Stadler Leon) (1881–1951), нем. химик и биохимик 3/301
- Стадников Георгий Леонтьевич (1880–1973), рос. углехимик 2/331; 5/51



Стайн (Стейн) Уильям (Stain William) (1911–80), амер. биохимик 1/471, 472; 5/158  
 Сталь Фрайклин (Stahl Franklin) (р. 1929), амер. генетик 4/499  
 Старик Иосиф Евсеевич (1902–64), рос. радиохимик 2/383  
 Старлинг Эрнст (Starling Ernst) (1866–1927), англ. физиолог 4/609  
 Стары Иржи (Stary Jiri) (1933–91), чеш. химик 2/383  
 Стаханов И. П., рос. химик 2/505  
 Стейн, см. Стайн  
 Стёкли Фриц (Stoekli Fritz) (р. 1940), швейц. физик 1/59  
 Стефен Генри (Stephen Henry) (1889–1965), англ. химик-органик 4/866  
 Стивенс Одри (Stevens Audrey) (р. 1932), амер. биохимик 4/1231  
 Стивенс Томас (Stevens Thomas) (р. 1900), англ. химик-органик 2/1270; 4/867  
 Сторк (Шторк) Гилберт (Stork Gilbert) (р. 1921), амер. химик-органик 4/873  
 Страбон (64 до н. э. – 24 н. э.), др.-греч. ученый 5/750  
 Стрит К. (Street K.), амер. радиохимик 2/565  
 Сторокин Алексей Васильевич (1915–93), рос. физикохимик 2/899  
 Стюарт Джордж (Георг) (Stuart George) (1896–1968), англ. физик 3/228  
 Стюарт Кент (Stewart Kent) (р. 1934), амер. химик 4/246  
 Судзуки Н. (Sudzuki N.) (р. 1932), япон. ученый 2/383  
 Сuida Вильгельм (Suida Wilhelm) (1853–1922), австр. химик-органик 3/127  
 Схрейнемакерс Францискус (Schreinemakers Francisus) (1864–1945), нидерл. физикохимик 4/357

**Т**

Такке И., см. Ноддак-Такке Ида  
 Тальрозе Виктор Львович (р. 1922), рос. физикохимик 2/509  
 Таммаи Густав (Tammam Gustav) (1861–1938), нем. химик 5/515  
 Тананаев Николай Александрович (1878–1959), рос. химик-аналитик 1/294, 543  
 Тандберг Д. (Tandberg D.), швед. физиолог 5/108  
 Тассер Б. М. 2/934  
 Татищев Василий Никитич (1686–1750), рос. историк и гос. деятель 4/178  
 Тафель Юлиус (Tafel Julius) (1862–1918), нем. физикохимик 4/993; 5/923  
 Тейлор Гью (Хью) (Taylor Hugh) (1890–1974), англ. физикохимик 1/1059  
 Тейлор Эллисон (Taylor Ellison) (р. 1913), амер. физикохимик 3/240  
 Тейс Р. В., рос. биохимик 5/349  
 Теллер Эдвард (Teller Edward) (р. 1908), амер. физик 1/57; 5/1056  
 Тельдешни Юрай (Teldeshe Juraj) (р. 1933), чеш. физикохимик 2/383  
 Темин Ховард (Temin Howard) (р. 1934), амер. вирусолог 3/211; 4/1231  
 Тенар Луи (Thenard Louis) (1777–1857), франц. химик 1/471, 576, 780; 5/554, 937  
 Тениант Смитсон (Tenant Smithson) (1761–1815), англ. химик 2/537; 3/825, 1134; 5/937  
 Теорелль Аксель Хуго Теопор (Theorell Axel Hugo Theodor) (р. 1903), швед. биохимик и физиолог 5/108  
 Теренин Александр Николаевич (1896–1967), рос. физикохимик 2/1220; 5/357  
 Тер-Мейлен Т. (Ter-Meilen T.), нем. химик 4/1056  
 Тернер Н. К. (Turner N. K.) 5/627  
 Террелл Росс (Terrell Ross) (р. 1925), амер. химик-органик 4/873  
 Тизелиус Арне (Tizelius Arne) (1902–71), швед. химик 1/559  
 Тил(ь)деи Уильям (Tilden William) (1842–1926), англ. химик-органик 1/860  
 Тиле Фридрих Карл Иоганн (Thiele Friedrich Karl Johannes) (1865–1918), нем. химик 4/1125; 5/725

Тиман Фердинанд (Tiemann Ferdinand) (1848–99), нем. химик 4/341  
 Тимирязев Климент Аркадьевич (1843–1920), рос. ученый 1/33; 5/349  
 Тимошенко Семен Константинович (1895–1970), рос. военачальник 5/487  
 Тиселиус А., см. Тизелиус А.  
 Титов Николай Георгиевич (1897–1989), рос. углехимик 5/52  
 Тиффрено Марк (Tiffeneau Marc) (1873–1945), франц. химик и фармацевт 3/1025; 4/1191  
 Тищенко Вячеслав Евгеньевич (1861–1941), рос. химик-органик 4/1192  
 Тодд Александр (Todd Alexander) (1907–97), англ. химик-органик 1/552; 3/593, 787; 4/1192  
 Толлеис Бернхард (Tollens Bernhard) (1841–1918), нем. химик-органик 4/1108  
 Томас Гарольд (Thomas Harold) (р. 1911), амер. физик 2/1314  
 Томас Роберт Мелвин (Thomas Robert Melvin) (р. 1916), амер. химик-органик 2/699  
 Томпсон Стэнли (Thompson Stanley) (1912–76), амер. физик 1/541; 2/565; 5/160  
 Томсен Хайс (Thomsen Hans) (1826–1909), дат. химик 4/1085  
 Томсон Джозеф (Thomson Joseph) (1856–1940), англ. физик 2/1308; 5/868, 932  
 Томсон (Кельвин) Уильям (Thomson (Kelvin) William) (1824–1907), англ. физик 1/840; 3/1174  
 Тонегава Судзуми (Tonegawa Sudzumi) (р. 1939), япон. иммунолог 2/428  
 Тонок Левин (Tonks Lewi) (1897–1971), амер. физик 3/1095  
 Топичев Александр Васильевич (1907–62), рос. химик 5/485  
 Торп Джоселин (Thorpe Jocelyn) (1872–1940), англ. химик 4/1222  
 Торп Уильям (Thorpe William) (р. 1902), англ. химик 5/108  
 Траверс Моррис (Travers Morris) (1872–1961), англ. химик 2/1038, 1089; 3/411; 5/937  
 Тропш Ганс (Tropsch Hans) (1889–1935), нем. химик 5/199  
 Туркельтауб Нусин Моталевич (1915–65), рос. химик-аналитик 5/627  
 Тьюринг Матисон (Turing Mathison) (р. 1936), англ. математик 4/574

**У**

Уайт К. (White K.), англ. химик и физиолог 5/108  
 Уги Ивар (Ugi Iwar) (р. 1930), нем. химик-органик 4/859; 5/36  
 Уилкинс Морис (Wilkins Morris) (р. 1916), англ. биофизик 5/593  
 Уилкинсон Джеффри (Wilkinson Jeffrey) (р. 1921), англ. химик-органик 3/92, 787; 5/166  
 Уилкок Доналд (Wilcock Donald) (р. 1913), амер. химик-технолог 2/1014  
 Уинтер Роланд (Winter Roland) (р. 1935), амер. химик 2/935  
 Уитмор Франк (Whitmore Frank) (1887–1947), амер. химик 1/860; 2/699  
 Уленбек Джордж (Uhlenbeck George) (р. 1900), амер. физик-теоретик 4/787  
 Уллоа Антонио де (de Ulloa Antonio), исп. химик 5/937  
 Ульман Фриц (Ullmann Fritz) (1875–1939), швейц. химик-органик 5/59  
 Унтерзаухер Йозеф (Unterzaucher Josef) (р. 1901), австр. химик 5/68  
 Унфердорбен Отто (Unferdorben Otto) (1806–73), нем. химик 1/306  
 Уокер Джеймс (Walker James) (1867–1933), англ. химик-органик 1/606  
 Уоллан Эрнст (Wollan Ernst) (1902–84), амер. физик 3/404  
 Уолмен Джордж (Wallmen George) (?–1958), амер. радиохимик 2/1112  
 Уолтон Эрнст (Walton Ernst) (р. 1903), ирланд. физик 5/1017

Уотсон Джеймс Дьюи (Watson James Dew) (р. 1928), амер. биохимик 2/1325; 3/210, 211, 301, 593, 787; 4/499  
 Урбен Жорж (Urbain George) (1872–1938), франц. химик 2/1230; 5/937  
 Урри Уилберт (Urry Wilbert) (р. 1914), амер. химик 5/94  
 Урвэ Наум Борисович (р. 1936), рос. физикохимик 4/137  
 Усаинович Михаил Ильич (1894–1981), рос. физикохимик 2/778  
 Ушаков Сергей Николаевич (1893–1964), рос. химик-органик 3/1122  
 Уэст Рандолф (West Randolph) (1890–1949), амер. биохимик 2/22

**Ф**

Фаворский Алексей Евграфович (1860–1945), рос. химик-органик 3/786; 5/96  
 Файгль Фриц (Feigl Fritz) (1891–1971), австр. химик-аналитик 1/294; 4/394  
 Фарадей Майкл (Faraday Michael) (1791–1867), англ. физик и химик 1/513, 640, 997; 3/413; 5/106, 108, 922  
 Фардинг А. (Farthing A.), англ. химик 3/913  
 Фаулер Ральф (Fauler Ralph) (1889–1944), англ. химик 1/57  
 Фаянс Казимир (Fajans Kasimierz) (1887–1975), амер. физикохимик 4/318, 335  
 Федоров Евграф Степанович (1853–1919), рос. кристаллограф 2/1063  
 Фейни Дж. А. (Feyn J. A.), амер. химик 1/542  
 Фелинг Герман (Fehling Hermann) (1812–85), нем. химик-органик 5/114  
 Ферми Энрико (Fermi Enrico) (1901–54), итал. физик 3/404; 4/336, 826; 5/160, 1017  
 Ферман Александр Евгеньевич (1883–1945), рос. ученый 1/466, 1015, 1017; 2/789; 3/95; 4/1006  
 Фест В. (Fest W.), англ. химик 3/1216  
 Фехер Дьёрдь (Fecher György) (р. 1928), венг. химик 4/246  
 Филдс Эллис (Fields Ellis) (р. 1917), амер. химик 2/550  
 Филиппов Григорий Семенович (1900–34), рос. биолог 3/293, 301  
 Филлипс Дэвид (Phillips David) (р. 1924), англ. биофизик и кристаллограф 5/158  
 Филлипс Кортни (Phillips Courtenay) (р. 1924), англ. химик-аналитик 5/627  
 Филлипс Лайл (Phillips Lyle) (р. 1910), амер. физикохимик 3/57  
 Филон Владимир Александрович (р. 1930), рос. токсиколог 5/108  
 Финк Гарфилд (Finck Garfield) (1881–?), англ. химик 5/372  
 Финкельштайн Г. (Finkelstein H.), нем. химик-органик 5/195  
 Фиттинг Рудольф (Fitting Rudolf) (1835–1910), нем. химик-органик 1/567  
 Фишер Ганс (Fischer Hans) (1881–1945), нем. химик и биохимик 3/786  
 Фишер Карл (Fischer Carl) (1868–1943), нем. химик 5/196  
 Фишер Отто (Fischer Otto) (1852–1932), нем. химик-органик 5/200  
 Фишер Роналд (Fischer Ronald) (1890–1962), амер. химик 3/1106  
 Фишер Р. (Fischer R.), нем. химик 5/326  
 Фишер Франц (Fischer Franz) (1877–1947), нем. химик 5/51, 199  
 Фишер Эмиль (Fischer Emil) (1852–1919), нем. химик-органик 1/388, 471, 558, 669; 2/622, 627, 733, 752; 3/656, 711, 786, 787, 929; 4/192; 5/152, 158, 196, 197, 198  
 Флемминг Вальтер (Flemming Walther) (1843–1905), нем. анатом и цитолог 5/620  
 Флёров Георгий Николаевич (1913–90), рос. физик 2/1107, 1214; 3/414, 488, 566; 4/318; 5/928, 1017  
 Флодин П. (Flodin P.), швед. ученый 5/817  
 Флори Пол (Flory Paul) (1910–85), амер. физикохимик 1/861, 862; 4/309  
 Фогель Г. (Fogel H.) (1834–98), нем. химик 5/331

Фок Владимир Александрович (1898–1974), рос. физик-теоретик 2/722; 4/576  
 Фокс-Талбот Уильям (Fox-Talbot William) (1800–77), англ. химик 5/330  
 Фолин Отто (Folin Otto) (1867–1934), амер. химик 5/217  
 Фольгард Якоб (Volhard Jakob) (1834–1910), нем. химик-органик 1/1005  
 Фольмер Макс (Volmer Max) (1885–1965), нем. физикохимик 2/317, 1183; 5/910  
 Фома Аквинский (Thomas Aquinas) (1225–1274), философ и теолог 1/190  
 Фонтана Феличе (Fontana Felice) (1730–1805), итал. химик 2/860  
 Форлендер Даниэль (Forländer Daniel) (1867–1941), нем. химик-аналитик 4/1189  
 Фрайтаг С. (Freitag S.), нем. химик 1/1181  
 Франк Филипп (Frank Philipp) (1884–1966), австр. физик и математик 2/482  
 Франкленд (Фраикланд) Эдвард (Frankland Edward) (1825–99), англ. химик-органик 3/785; 5/509  
 Франклин Розалинд (Franklin Rosalind) (1921–1958), англ. физикохимик и кристаллограф 3/593  
 Франклин Эдвард (Franklin Edward) (1862–1937), амер. химик 2/778  
 Фрезениус Вильгельм Теодор (Fresenius Wilhelm Theodore) (1856–?), нем. ученый 5/491  
 Фрезениус Карл (Fresenius Carl) (1818–97), нем. химик 1/293; 4/394  
 Фрейдлих Герберт (Freundlich Herbert) (1880–1941), нем. физикохимик 1/55; 2/1183  
 Френель Огюстен (Fresnel Augusten) (1788–1827), франц. физик 3/772  
 Френкель Яков Ильич (1894–1952), рос. физик 2/318; 4/406; 5/515  
 Фридель Шарль (Friedel Charles) (1832–99), франц. химик-органик 3/786; 5/369  
 Фридендер Пауль (Friedländer Paul) (1857–1923), нем. химик-органик 4/1129; 5/370  
 Фридрих Вальтер (Friedrich Walter) (1883–1968), нем. физик и биофизик 2/1063; 4/475  
 Фрис Карл (Fries Karl) (1875–1962), нем. химик 5/372  
 Фриш Пауль (Fritsch Paul) (1859–1913), нем. химик 5/373  
 Фриш Отто (Frisch Otto) (р. 1904), австр. физикохимик 4/318  
 Фрумкин Александр Наумович (1895–1976), рос. электрохимик 2/692; 3/1172; 5/485, 846, 910, 922, 924  
 Фукуи Кэнити (Fukui Keniti) (р. 1918), япон. химик 3/236, 787, 788; 4/419  
 Фукухара Н. (Fukushima N.), япон. химик 1/992  
 Фуркруа Антуан (Fourcrou Antoine) (1755–1809), франц. химик 3/1134  
 Фурье Жан (Fourier Jean) (1768–1830), франц. математик и физик 3/1180

## X

Хаак А. (Haack A.), нем. химик 1/710  
 Хааф В. (Haaf W.), нем. химик 2/971  
 Хайнс В. (Huynes W.), англ. химик-технолог 5/206  
 Хайнс Курт (Heyns Kurt) (р. 1908), нем. химик 1/222  
 Хакен Герман (Haken Hermann) (р. 1927), нем. физик и физикохимик 4/574  
 Хансен Эло (Hansen Elo), дат. физикохимик 4/246  
 Хараш М., см. Караш М.  
 Харбордт К. (Harbordt K.), англ. химик 3/1210  
 Харди Элизабет (Hardy Elisabeth) (р. 1915), амер. химик-органик 2/966  
 Харитон Юлий Борисович (р. 1904), рос. физик и физикохимик 5/686  
 Харичков Константин Васильевич (1865–1921), рос. химик-органик 3/441, 448  
 Харкинс Уильям (Harkins William) (1873–1951), амер. физикохимик 3/1160  
 Харкнесс Рой (Harkness Roy) (р. 1900), амер. химик 2/509  
 Хартек Пауль (Harteck Paul) (р. 1902), нем. физикохимик 5/5  
 Хартли Брайан (Hartley Brian) (р. 1926), англ. биохимик 5/801

Хартри Дуглас (Hartree Douglas) (1897–1958), англ. физик-теоретик 2/722; 4/576  
 Хартридж Гамильтон (Hartridge Hamilton) (1896–1976), англ. физикохимик 4/881  
 Хассель Олд (Hassel Odd) (1897–1981), норв. химик 4/859  
 Хасснер Альфред (Hassner Alfred) (р. 1930), амер. химик-органик 4/425, 426  
 Хатчетт Чарльз (Hatchett Charles) (1765–1847), англ. химик 3/493; 5/937  
 Хауэлл Ф. Дж. (Howell F. J.), англ. химик 2/1109  
 Хацоупулос Д. (Hatsopoulos G.), амер. физик 3/936  
 Хевеш Дьёрдь (Георг) (Hevesy Györgi) (1885–1966), австр. и амер. радиохимик 1/121, 987; 2/383, 385; 5/937  
 Хеденстрём А. (Hedenström A.), швед. химик 3/1213  
 Хей Доналд (Hey Donald) (р. 1904), англ. химик 1/1158  
 Хейвуд Роберт (Haywood Robert) (1919–94), англ. химик 3/936  
 Хейльброннер Эдгар (Heylbrønner Edgar) (р. 1922), швейц. химик 4/1214  
 Хек Ричард (Heck Richard) (р. 1931), амер. химик-органик 5/440  
 Хеммонд Дж., см. Хэммонд Дж.  
 Хензелейт Курт (Henseleyt Kurt), нем. химик 3/812  
 Хелп Э. (Hepp E.) (1851–1917), нем. химик 5/200  
 Хёрс Кристофер (Hirs Christopher) (р. 1923), амер. химик и биохимик 1/471  
 Хершбах Далли (Herschbach Dudley) (р. 1932), амер. химик 3/240  
 Хеуорс У., см. Хоуорс У.  
 Хеш Курт (Hoesch Kurt) (1882–1932), нем. химик-органик 5/450  
 Хиггинс Гери (Higgins Gery) (р. 1927), амер. химик 5/160  
 Хизингер Вильгельм (Hisinger Wilhelm) (1766–1852), нем. химик 5/696, 938  
 Хилберт Гвидо (Hilbert Guido) (р. 1901), амер. биохимик 5/451  
 Хилл Роберт (Hill Robert) (1899–?), англ. биохимик 5/349  
 Хилл Террелл (Hille Terrell) (р. 1917), амер. физикохимик 1/57; 3/20, 220  
 Хинкель Леонард (Hinkel Leonard) (1882–1962), англ. химик-органик 1/983  
 Хиншелвуд Сирил (Hinschelwood Seryl) (1897–1967), англ. физикохимик 2/756; 5/474, 516, 688  
 Хипл Джон (Hipple John) (р. 1911), амер. физик 2/1314  
 Хлопик Виталий Григорьевич (1890–1950), рос. радиохимик 4/300, 335; 5/55, 484  
 Хобби Рассел (Hobby Russel) (р. 1934), амер. химик 2/383  
 Хоггесс Торфин (Hogbess Thorfin) (1894–1976), амер. физикохимик 2/509  
 Ходкевич Владислав (Chodkiewicz Wladislaw) (р. 1921), франц. химик 2/551  
 Ходнев Алексей Иванович (1818–83), рос. химик 1/1059  
 Холанд Томас (Holland Thomas) (1868–1947), англ. химик (жил в Индии) 4/1062  
 Холли Роберт (Holley Robert) (р. 1922), амер. биохимик 3/593  
 Хоппе-Зейлер (Зайлер) Эрнст Феликс (Hoppe-Seyler Ernst Felix) (1825–95), нем. биохимик 2/1188  
 Хорекер Бернард (Horecker Bernard) (р. 1914), амер. биохимик 3/921  
 Хорнер Леопольд (Horner Leopold) (р. 1911), нем. химик-органик 5/607  
 Хоуорс (Хеуорс) Уильям (Haworth William) (1883–1950), англ. химик-органик 3/786; 5/607  
 Хофман Ролд (Hoffmann Rold) (р. 1937), амер. химик-органик 2/363; 3/787, 965; 4/420, 665; 5/443, 928  
 Хубер Роберт (Huber Robert) (р. 1937), нем. биохимик 5/350  
 Худ Лерой (Hood Leroy) (р. 1938), амер. биохимик 1/472  
 Хунд Фридрих (Hund Friedrich) (р. 1896), нем. физик-теоретик 2/722; 5/474, 640

Хунсдиккер Хайнц (Hunsdiecker Heinz) (р. 1904), нем. химик 1/593; 5/641, 642  
 Хьюз Эдвард (Hughes Edward) (1906–63), амер. химик 4/859  
 Хьюсмей Хендрик (Huisman Hendrick) (р. 1923), амер. химик и биохимик 4/511  
 Хэммонд Джордж (Hammond George) (р. 1921), амер. физикохимик 5/642  
 Хэниэ Альберт (Henne Albert) (р. 1901), амер. химик 1/995  
 Хюккель Эрх (Hückel Erich) (1896–1980), нем. физик и химик-теоретик 1/542; 2/8, 722; 5/643, 851, 923

## Ц

Цан Хельмут (Zahn Helmut) (р. 1916), нем. химик-органик 1/471  
 Цвейг Джордж (Zweig George) (р. 1937), амер. физик 5/931  
 Цвет Михаил Семенович (1872–1919), рос. физиолог и биохимик растений 1/293, 559; 2/299; 5/625  
 Цейзель Симон (Zeisel Simon) (1854–1933), австр. химик 5/659  
 Церевитинус Федор Васильевич (1874–1947), рос. химик 5/693  
 Циглер Джордж (Георг) (Ziegler George) (р. 1916), амер. физикохимик 4/1069  
 Циглер Карл (Ziegler Karl) (1898–1973), нем. химик-органик 1/825; 2/665, 922; 3/1266; 4/1222; 5/710, 711  
 Циммерман Говард (Zimmermann Howard) (р. 1926), амер. химик 3/964  
 Цыбакова Е. Т., рос. химик 3/671

## Ч

Чанс Бриттон (Chanse Britton) (р. 1913), амер. биофизик 1/558; 4/881  
 Чалмен Дэвид (Chapman David) (1869–1958), англ. химик 2/3  
 Чаргафф Эрвин (Chargaff Erwin) (р. 1905), амер. биохимик 1/559; 3/593  
 Чадвик (Чадвик) Джеймс (Chadwick James) (1891–1974), англ. физик 5/932  
 Челмен Артур (Chapman Arthur) (1898–?), англ. химик 4/165; 5/775  
 Чернов Дмитрий Константинович (1839–1921), рос. металлург 5/176  
 Черняев Илья Ильич (1893–1966), рос. химик-неорганик 3/413  
 Черняк Джозеф (Cherniac Josef) (1851–1928), англ. химик 1/106  
 Чижевский Николай Прокофьевич (1873–1952), рос. металлург, кокохимик 5/52  
 Чиффи Г. (Chieffi G.), итал. химик 3/892  
 Чичибабин Алексей Евгеньевич (1871–1945), рос. химик-органик 3/786; 5/778  
 Чубар Бынка (Tchoubar Bianca) (1910–90), франц. химик-органик 4/1191  
 Чугаев Лев Александрович (1873–1922), рос. химик 1/294; 2/622; 3/413, 773; 4/394; 5/484, 693, 779

## Ш, Щ

Шалл Клиффорд (Shall Clifford) (р. 1915), амер. физик 3/404  
 Шалли Эндрю (Shalli Andrew) (р. 1926), амер. эндокринолог 3/400  
 Шальников Александр Иосифович (1905–86), рос. физик 2/1035  
 Шатеништейн Александр Исасевич (1906–92), рос. физикохимик 2/780  
 Шванн Теодор (Schwann Theodor) (1810–82), нем. гистолог и физиолог 1/471; 5/158  
 Шверин Бото (Schwerin Botho) (1865–1917), нем. химик 4/304  
 Шеврёль Мишель (Chevreul Michael) (1786–1889), франц. химик-органик 2/1188; 3/785  
 Шееле Карл Вильгельм (Scheele Carl Wilhelm) (1742–86), швед. химик 1/459, 558, 815, 941;

2/769, 860, 1188, 1288; 3/245; 5/111, 389, 554, 937

Чемякин Михаил Михайлович (1908–70), рос. химик и биохимик 1/552; 5/485

Шёнбейн Христиан (Schönbein Christian) (1799–1868), нем. химик 3/658

Шёнигер В. (Schöniger W.), нем. химик 5/781

Шеннон Роберт (Shannon Robert) (р. 1935), амер. кристаллограф 1/411; 2/527

Шёнфлис Артур (Schönfliess Arthur) (1853–1928), нем. химик 2/1063

Шеппард Самуэль (Sheppard Samuel) (1882–?), амер. химик 4/627

Шөпф Клеменс (Schöpf Clemens) (1899–1970), нем. химик 4/530

Шилл Готфрид (Schill Gottfried), нем. химик 3/787; 4/1215

Шиман Гюнтер (Schiemann Günter) (1899–1967), нем. химик-органик 5/781

Ширакава Хидэки (Shirakawa Hideki) (р. 1931), япон. химик 3/1216

Шифф Гуго (Schiff Hugo) (1834–1915), итал. химик 5/782

Шихан Джон (Sheehan John) (р. 1915), амер. химик-органик 3/711

Широ Валентин Михайлович (р. 1942), рос. физик 4/575

Шленк Вильгельм младший (Schlenk Wilhelm junior) (р. 1907), нем. химик 2/799

Шлоттербек Фриц (Schlotterbeck Fritz) (1876–1940), нем. химик-органик 1/656

Шмидт Карл (Schmidt Carl) (1864–1938), нем. химик-органик 5/785

Шмидт Франц (Schmidt Franz) (1874–1943), нем. химик-органик 1/989

Шмидт Эрнст (Schmidt Ernst) (1845–1921), нем. химик-органик 5/450

Шмидт Я. (Schmidt J.), нем. химик 2/788

Шмитт (Шмидт) Рудольф (Schmitt Rudolf) (1830–98), нем. химик-органик 1/573; 2/864

Шмушкович Дж. (Szmuskowicz J.), амер. химик-органик 4/873

Шорыгин Павел Полиевктович (1881–1939), рос. химик-органик 5/786

Шоттен Карл (Schotten Carl) (1853–1910), нем. химик 5/786

Шоттки Вальтер (Schottky Walter) (1886–1976), нем. физик 5/515

Шрайер А. (Schrayner A.), нем. химик-органик 5/197

Шпеглер Т. (Spengler T.), швейц. химик-органик 3/1023

Шрадер Герхардт (Schraeder Gerhardt) (р. 1903), нем. химик 4/972

Шрайбер Мария Соломоновна (1904–92), рос. химик-аналитик 1/294; 4/1209

Шредер Иван Федорович (1858–1918), рос. физико-химик 5/176

Шредингер Эрвин (Schrodinger Erwin) (1887–1961), нем. физик 2/717

Шрейнемакерс Ф., см. Схрейнемакерс Ф.

Шрётер Георг (Schroter George) (1869–1943), нем. химик 1/811

Штайер А. (Steier A.), нем. химик-органик 5/197

Штайнвендель Хельмут (Steinwendel Helmut) (р. 1921), нем. физик 2/1314

Шталь Георг (Stahl George) (1659–1734), нем. химик 5/508

Штарк Иогани (Stark Johann) (1874–1957), нем. физик 5/790

Штаудингер Герман (Staudinger Hermann) (1881–1965), нем. химик 1/860; 3/1266; 4/309; 5/790, 791

Штейн Герхард (Stein Gerhard) (р. 1902), нем. физикохимик 1/200

Штерн Отто (Stern Otto) (1888–1969), нем. физик 2/3

Штиглиц Юлиус (Stieglitz Julius) (1867–1937), нем. химик 5/792

Штоббе Ханс (Stobbe Hans) (1860–1938), нем. химик-органик 5/793

Штоль Артур (Stoll Arthur) (1887–1971), швейц. химик 1/558

Штрассман Фриц (Strassmann Fritz) (1902–80), нем. физик и химик 4/318, 336; 5/1017

Штрекер Адольф (Strecker Adolf) (1822–71), нем. химик-органик 1/138, 471; 5/794

Штроемейер Фридрих (Stromeyer Friedrich) (1776–1835), нем. химик 2/553; 5/937

Шубников Александр Васильевич (1887–1970), рос. физик-кристаллограф 5/515

Шульце Эрнст (Schulze Ernst) (1840–1912), нем. химик и биохимик 5/121

Шустер Карл (Schuster Carl) (1898–?), нем. химик-технолог 3/33

Шухов Владимир Григорьевич (1853–1939), рос. инженер 2/166; 3/441

Щербаков Леонид Михайлович (р. 1919), рос. физикохимик 2/613

Щукин Евгений Дмитриевич (р. 1928), рос. физико-химик 2/1184; 4/137

## Э

Эбельман Ж. (Ebelman G.), нем. химик 2/223

Эванс Мередиэт (Evans Meredith) (1904–52), англ. физикохимик 1/121; 2/692; 3/964; 4/419; 5/474

Эггерс Дэвид Фрэнк (Eggers David Frank) (р. 1922), амер. физикохимик 2/1314

Эдельман Джералд Морис (Edelman Gerald Maurice) (р. 1929), амер. биохимик 2/428

Эдджердинг Д. 3/724

Эдман Пер (Edman Per) (1916–77), швед. биохимик 1/472; 5/801

Эдуардс Дж. (Edwards G.), англ. химик 3/1216

Эйблсон Филип (Abelson Philip) (р. 1913), амер. физикохимик 3/426; 4/336

Эйвери Освальд Теодор (Avery Oswald Theodore) (1877–1955), амер. микробиолог 3/211, 593

Эйген Манфред (Eigen Manfred) (р. 1927), нем. физикохимик 2/431; 4/1032

Эйкман Христиан (Eykman Christian) (1858–1930), нидерл. врач и микробиолог 1/558

Эйлер (Эйлер-Хельпин) Ульф фон (von Euler-Schelpin Ulf) (1905–83), швед. физиолог 1/558

Эймур Джон (Aymoore John) (р. 1930), амер. биохимик 2/238

Эйнштейн Альберт (Einstein Albert) (1879–1955), физик-теоретик 2/717, 727, 860; 4/826; 5/357, 802, 932

Эйринг Генри (Eyring Henry) (1901–81), амер. физикохимик 1/121; 2/756; 4/422; 5/474

Эйхман Р. К., рос. химик 2/976

Экеберг Андерс (Ekeberg Anders) (1767–1813), швед. химик и минералог 4/982; 5/938

Экештейн Виллем Альберда ван (van Ekenstein Willem Alberda) (1858–1937), нидерл. химик 2/1211

Эллман Дж. (Ellman J.), амер. биохимик 5/942

Элмор Ф. (Elmor F.), англ. технолог 5/206

Элуэр Фаусто де (de Elhuyar Fausto) (1755–1833), исп. химик 1/815

Эльбс (Элбс) Карл (Elbs Karl) (1858–1933), нем. химик 5/942, 943

Эльтеков Александр Павлович (1846–94), рос. химик-органик 5/943

Эмануэль Николай Маркович (1915–84), рос. физикохимик 2/756; 5/485, 692

Эмде Герман Карл (Emde Hermann Karl) (1880–1935), нем. химик 5/947

Эмерсон Роберт (Emerson Robert) (1903–59), амер. ученый 5/349

Эммет Пол Хью (Emmet Paul Hugh) (1900–85), амер. физикохимик 1/57

Энгельгардт Александр Николаевич (1832–93), рос. химик 1/33

Энгельгардт Владимир Александрович (1894–1984), рос. биохимик 1/471, 558; 3/211, 671; 5/477

Энгельман Теодор Вильгельм (Engelmann Theodor Wilhelm) (1843–1909), нем. ученый 5/349

Энгле Карл Освальд Виктор (Engler Carl Oswald Victor) (1842–1925), нем. химик-органик 3/448

Энглин Михаил Абрамович (р. 1915), рос. химик-органик 3/672

Эрдеи Ласло (Erdey Laslo) (1910–70), венг. химик-аналитик 2/36

Эрдеи-Груз Тибор (Erdey-Gruz Tibor) (1902–76), венг. физикохимик 5/910, 923

Эрленмейер Эмиль (Erlenmeyer Emil) (1825–1909), нем. химик-органик 1/1222; 5/943

Эрлих Пауль (Ehrlich Paul) (1854–1915), нем. врач, бактериолог и биохимик 5/970

Эрстед Ханс (Ørsted Hans) (1777–1851), дат. физик 1/209; 5/937

Эссон Уильям (Esson William) (1838/39–1916), англ. химик 2/755

Этар Александр (Étard Alexandre) (1852–1910), франц. химик-органик 5/976

Этвеш Роланд (Eötvös Roland) (1848–1919), венг. физик 4/673

Эшвайлер В. (Eschweiler W.) (1860–?), нем. химик 5/1013

Эшенмосер Альберт (Eschenmoser Albert) (р. 1925), швейц. химик-органик 2/945

## Ю, Я

Юкава Хидэки (Yukawa Hideki) (1907–81), япон. физик-теоретик 5/932

Юм-Розери Уильям (Hume-Rothery William) (1899–1968), англ. металлург 4/1004

Юнг (Янг) Томас (Young Thomas) (1773–1829), англ. ученый 2/613, 860; 3/1174

Юри Гаролд (Urey Harold) (1893–1981), амер. физик и физикохимик 2/25, 961; 5/33

Яблонский Александр (Jablonski Aleksander) (1898–1980), польск. физик 2/728

Якоби Борис Семенович (Мориц Герман) (1801–1874), рос. физик 1/1221; 5/922

Яковлев Владимир Петрович (р. 1930), рос. фармаколог 5/108

Якубович Аркадий Яковлевич (1905–70), рос. химик-органик 3/1219

Ямаширо Д., япон. биохимик 4/1001

Ян Г. А. (Jan H. A.), амер. физик 5/1056

Янг В. (Yang W.), амер. физикохимик 4/420

Яновский И. В., рос. химик 5/1058

Яновский Моисей Иосифович (1916–90), рос. физикохимик 5/627

Янсен Баренд (Jahnsen Barend) (1884–1962), нидерл. ученый 2/634

Япп Фрэнсис Роберт (Japp Francis Robert) (1848–1925), англ. химик 5/1060

## ЛАУРЕАТЫ НОБЕЛЕВСКОЙ ПРЕМИИ

ПО ХИМИИ		
1901	Вант Гэрф Я.Х. (Нидерланды)	Открытие законов в области химической кинетики и осмотического давления
1902	Фриш Э.Г. (Германия)	Работы по синтезу сахаров и пуринов
1903	Аренсмаус С.А. (Швеция)	Создание теории электролитической диссоциации
1904	Рамзай У. (Великобритания)	Открытие благородных (инертных) газов и определение их места в периодической системе
1905	Бауер А. фон (Германия)	Синтез органических красителей и гидроароматических соединений
1906	Муассан А. (Франция)	Получение химически чистого фтора, создание электродуговой печи, названной его именем
1907	Бухвер Э. (Германия)	Открытие спиртового брожения в дрожжевых экстрактах, что доказало возможность ферментативных реакций без участия целостных клеток
1908	Резерфорд Э. (Великобритания)	Исследования радиоактивного распада элементов и химии радиоактивных веществ
1909	Оствальд В. (Германия)	Работы по катализу и исследования принципов управления химическим равновесием и скоростями реакций
1910	Валлах О. (Германия)	Вклад в развитие органической химии (алициклические соединения) и химической промышленности
1911	Склодовская-Кюри М. (Франция)	Открытие радия и полония, получение чистого радия и исследование его соединений
1912	Гриньяр В. (Франция)	Открытие т. наз. реактива Гриньяра, применение которого способствовало развитию органической химии
	Сабатье П. (Франция)	Открытие метода гидрирования органических соединений в присутствии мелкодисперсных металлов в качестве катализаторов
1913	Вернер А. (Швейцария)	Основопологающие работы в области координационных соединений
1914	Ричардс Т.У. (США)	Точное определение атомных масс ряда химических элементов
1915	Вильштеттер Р.М. (Германия)	Исследования растительных пигментов, установление формулы хлорофилла
1918	Габер Ф. (Германия)	Синтез аммиака из составляющих его элементов
1920	Нерист В. (Германия)	Работы в области термодинамики
1921	Содди Ф. (Великобритания)	Развитие химии радиоактивных веществ и исследование природы изотопов
1922	Астон Ф.У. (Великобритания)	Изобретение масс-спектрографа и открытие с его помощью изотопов большого числа нерадиоактивных элементов; формулирование правила целых чисел
1923	Прегль Ф. (Австрия)	Разработка метода микроанализа органических соединений
1925	Зигмоиди Р. (Австрия)	Установление гетерогенной природы коллоидных растворов
1926	Сведберг Т. (Швеция)	Работы в области дисперсных систем
1927	Вилаид Г. (Германия)	Исследование строения желчных кислот
1928	Виндаус А. (Германия)	Изучение строения стероидов и их связи с витаминами
1929	Гарден А. (Великобритания), Эйлер-Хельпин Х. фон (Швеция)	Исследование ферментации сахаров и ферментов, участвующих в этом процессе
1930	Фишер Г.Э. (Германия)	Исследования строения молекул гемоглобина и хлорофилла, синтез гемина
1931	Бергиус Ф., Бош К. (Германия)	Разработка и применение в химии методов высокого давления
1932	Ленгмюр И. (США)	Открытия и исследования в области химии поверхностных явлений
1934	Юри Г.К. (США)	Открытие тяжелого водорода (дейтерия)
1935	Жолио-Кюри И., Жолио-Кюри Ф. (Франция)	Синтез новых радиоактивных элементов
1936	Дебай П. (Нидерланды)	Исследования структуры молекул (дипольных моментов) и дифракции рентгеновских лучей и электронов в газах
1937	Каррер П. (Швейцария)	Исследование каротиноидов и флавинов, а также витаминов А и В <sub>2</sub>
	Хоуорс (Хеуорс) У.Н. (Великобритания)	Исследования углеводов и витамина С
1938	Кун Р. (Германия)	Изучение каротиноидов и витаминов
1939	Бутенандт А. (Германия)	Работы по половым гормонам
	Ружичка Л. (Швейцария)	Работы по полиметиленам и высшим терпенам
1943	Хевеши Д. (Швеция)	Применение изотопов в качестве индикаторов для изучения химических реакций
1944	Ган О. (Германия)	Открытие деления ядер тяжелых атомов
1945	Виртанен А.И. (Финляндия)	Изобретение метода консервации кормов
1946	Самнер Дж.Б. (США)	Первое получение фермента (уреазы) в кристаллическом виде и доказательство его белковой природы
	Стэйли У.М., Нортроп Дж. (США)	Получение в кристаллическом виде ряда ферментов и вирусов
1947	Робинсон Р. (Великобритания)	Исследование растительных алкалоидов и др. биологически важных природных веществ

1948	Тиселиус А. (Швеция)	Разработка методов электрофоретического и адсорбционно-хроматографического анализа и их применение для разделения сывороточных белков
1949	Джюк У.Ф. (США)	Вклад в развитие химической термодинамики, в частности изучение свойств веществ при сверхнизких температурах
1950	Альдер К., Дильс О. (Германия)	Открытие и развитие метода диенового синтеза
1951	Макмиллан Э.М., Сиборг Г.Т. (США)	Открытие и изучение трансураниевых элементов
1952	Мартин А.Дж.П., Синг Р.Л.М. (Великобритания)	Открытие метода распределительной хроматографии
1953	Штаудингер Г. (Германия)	Работы в области химии высокомолекулярных веществ
1954	Поллинг Л.К. (США)	Исследование природы химической связи
1955	Дю Вилье В. (США)	Первый синтез полипептидных гормонов
1956	Семенов Н.Н. (СССР), Хиншелвуд С.Н. (Великобритания)	Исследование механизма химических реакций (цепные реакции)
1957	Тодд А. (Великобритания)	Синтез нуклеотидов и нуклеотидных коферментов
1958	Сейгер Ф. (Великобритания)	Установление строения молекулы инсулина
1959	Гейровский Я. (СССР)	Открытие и развитие метода полярографического анализа
1960	Либби У.Ф. (США)	Разработка метода датирования в археологии, геологии и др. при помощи углерода-14
1961	Калвин М. (США)	Открытие последовательности химических превращений диоксида углерода при фотосинтезе (цикл Калвина)
1962	Кендрю Дж.К., Перуц М.Ф. (Великобритания)	Установление строения глобулярных белков (миоглобина, гемоглобина) методом рентгеновского структурного анализа
1963	Натта Дж. (Италия), Циглер К. (Германия)	Открытие в области химии и технологии полимеров
1964	Кроуфут-Ходжкин Д. (Великобритания)	Установление методом рентгеновского структурного анализа строения биологически активных веществ (витамина В <sub>12</sub> и др.)
1965	Вудворд Р.Б. (США)	Исключительный вклад в развитие органического синтеза (синтез стероидов, хлорофилла и др. природных веществ)
1966	Малликен Р.С. (США)	Изучение химических связей и электронного строения молекул методом молекулярных орбиталей
1967	Норриш Р.Дж.Р., Портер Дж. (Великобритания), Эйген М. (Германия)	Изучение сверхбыстрых химических реакций импульсными методами
1968	Онсагер Л. (США)	Вклад в термодинамику необратимых процессов
1969	Бартои Д.Х.Р. (Великобритания), Хассель О. (Норвегия)	Вклад в развитие конформационного анализа и его применение в органической химии
1970	Лелуар Л.Ф. (Аргентина)	Открытие роли нуклеотидов в биосинтезе углеводов
1971	Герцберг (Херцберг) Г. (Канада)	Исследования электронной структуры и строения молекул, особенно свободных радикалов
1972	Амфинсеи К.Б., Мур С., Стайн У.Х. (США)	Изучение молекулярной структуры фермента рибонуклеазы и ее связи с каталитической активностью
1973	Фишер Э.О. (Германия), Уилкинсон Дж. (Великобритания)	Работы по химии металлоорганических соединений сэндвичевой структуры
1974	Флори П.Дж. (США)	Достижения в области теоретической и экспериментальной физической химии макромолекул
1975	Корнфорт Дж.У. (Великобритания)	Работы по выяснению путей биосинтеза холестерина
	Прелог В. (Швейцария)	Работы по стереохимии органических соединений
1976	Липском (Липскомб) У.Н. (США)	Установление структуры борводородов и вклад в изучение природы химической связи
1977	Пригожин И.Р. (Бельгия)	Вклад в термодинамику необратимых процессов
1978	Митчелл П. (Великобритания)	Исследование процесса переноса энергии в клетках и разработка хемиосмотической теории
1979	Браун Г. (США), Виттиг Г. (Германия)	Разработка новых методов синтеза бор- и фосфорсодержащих органических соединений
1980	Берг П. (США)	Исследования биохимических свойств нуклеиновых кислот, в особенности рекомбинантных ДНК
	Гилберт У. (США), Сейгер Ф. (Великобритания)	Установление нуклеотидной последовательности в молекулах нуклеиновых кислот
1981	Фукуи К. (Япония), Хофман Р. (США)	Разработка теории протекания химических реакций
1982	Клуг А. (Великобритания)	Работы по электронной микроскопии кристаллов и определение структуры нуклеопротеиновых комплексов
1983	Таубе Г. (США)	Изучение механизма переноса электрона в реакциях с участием комплексов металлов
1984	Меррифилд Р.Б. (США)	Создание метода твердофазного химического синтеза
1985	Карле Дж., Хауптман Х.А. (США)	Вклад в развитие методов определения кристаллических структур
1986	Поланн Дж. (Канада), Ли Ян, Хершбах Д. (США)	Вклад в исследование механизма и кинетики химических реакций
1987	Крам Д., Педерсен Ч. (США), Леи Ж.М. (Франция)	Развитие химии макрогетероциклических соединений, способных к комплексообразованию

1988	Дайзеихофер И., Михель Х., Хубер Р. (Германия)	Определение трехмерной структуры фотосинтетического реакционного центра у пурпурных бактерий
1989	Олтмен С., Чек Т.Р. (США)	Открытие ферментативной активности рибонуклеиновых кислот
1990	Кори Э.Дж. (США)	Развитие теории и методов органического синтеза
1991	Эрист Р. (Швейцария)	Разработка новых методов спектроскопии ЯМР высокого разрешения
1992	Маркус Р. (США)	Исследования по перемещению электронов в химических системах
1993	Муллис К. (США)	Открытие метода полимеразной цепной реакции – получения новых молекул ДНК с помощью фермента ДНК-полимеразы
	Смит М. (Канада)	Разработка метода направленного мутагенеза и его применение для установления структуры белков
1994	Ола Дж. А. (США)	Развитие химии карбкатионов
1995	Крутцен П. (Германия), Молина М., Роулэнд Ш. (США)	Работы по химии атмосферы, в особенности исследование образования и разложения озона
1996	Кёрл Р., Смолли Р. (США), Крото Х. (Великобритания)	Открытие новой формы углерода – фуллеренов
1997	Скоу Е.Х. (Дания)	Изучение фермента натрий, калий-зависимой аденозинтрифосфатазы (т. наз. натрий-калиевый насос)
	Бойер П., Уокер Дж. (США)	Изучение строения и механизма действия фермента протон-транспортирующей аденозинтрифосфатазы
<b>ПО ФИЗИКЕ</b>		
1901	Рентген В.К. (Германия)	Открытие «х»-лучей (рентгеновских лучей)
1902	Зеeman П., Лоренц Х.А. (Нидерланды)	Исследование влияния магнетизма на процессы излучения
1903	Беккерель А.А. (Франция)	Открытие естественной радиоактивности
	Кюри П., Склодовская-Кюри М. (Франция)	Исследование явления радиоактивности, открытого А.А. Беккерелем
1904	Стретт (лорд Рэлей) Дж.У. (Великобритания)	Исследование плотностей наиболее распространенных газов и открытие аргона
1905	Ленард Ф.Э.А. (Германия)	Исследование катодных лучей
1906	Томсон Дж. Дж. (Великобритания)	Исследование электрической проводимости газов
1907	Майкельсон А.А. (США)	Создание высокоточных оптических приборов; спектроскопические и метрологические исследования
1908	Липман Г. (Франция)	Открытие способа цветной фотографии
1909	Браун К.Ф. (Германия), Маркони Г. (Италия)	Работы по созданию беспроволочного телеграфа
1910	Ваальс (Ван дер Ваальс) Я.Д. (Нидерланды)	Исследование уравнения состояния газов и жидкостей
1911	Вин В. (Германия)	Открытия законов теплового излучения
1912	Дален Н.Г. (Швеция)	Изобретение устройства для автоматического зажигания и гашения маяков и светящихся буйв
1913	Камерлинг-Оннес Х. (Нидерланды)	Исследование свойств вещества при низких температурах и получение жидкого гелия
1914	Лауэ М. фон (Германия)	Открытие дифракции рентгеновских лучей в кристаллах
1915	Брэгг У.Г., Брэгг У.Л. (Великобритания)	Исследование структуры кристаллов с помощью рентгеновских лучей
1917	Баркла Ч. (Великобритания)	Открытие характеристического рентгеновского излучения элементов
1918	Планк М.К. (Германия)	Открытие квантов энергии
1919	Штарк И. (Германия)	Открытие эффекта Доплера в канальных лучах и расщепления спектральных линий в электрическом поле
1920	Гильом (Гийом) Ш.Э. (Швейцария)	Создание железоникелевых сплавов для метрологических целей
1921	Эйнштейн А. (Германия)	Вклад в теоретическую физику, в частности открытие закона фотоэлектрического эффекта
1922	Бор Н.Х.Д. (Дания)	Исследования в области изучения строения атома и испускаемого им излучения
1923	Милликен Р.Э. (США)	Работы по определению элементарного электрического заряда и фотоэлектрическому эффекту
1924	Сигбаи К.М.Г. (Швеция)	Исследования в области рентгеновской спектроскопии
1925	Герц Г., Франк Дж. (Германия)	Открытие законов соударения электронов с атомами
1926	Перрен Ж.Б. (Франция)	Работы по дискретной природе материи, в частности за открытие седиментационного равновесия
1927	Вильсон Ч.Т.Р. (Великобритания)	Создание метода визуального наблюдения траекторий электрически заряженных частиц с помощью конденсации пара
	Комптои А.Х. (США)	Открытие рассеяния рентгеновских лучей на свободных электронах, сопровождающегося увеличением длины волны (эффект Комптона)
1928	Ричардсон О.У. (Великобритания)	Исследование термоэлектронной эмиссии и установление зависимости плотности эмиссионного тока от температуры (формула Ричардсона)
1929	Бройль Л. де (Франция)	Открытие волновой природы электрона



1930	Рамаи Ч.В. (Индия)	Работы по рассеянию света и открытие комбинационного рассеяния света (эффект Рамана)
1932	Гейзенберг В. (Германия)	Создание квантовой механики в матричной форме и применение ее к предсказанию двух состояний молекулы водорода
1933	Дирак П.А.М. (Великобритания), Шрёдингер Э. (Австрия)	Открытие новых продуктивных форм атомной теории, т.е. создание уравнений квантовой механики
1935	Чедвик Дж. (Великобритания)	Открытие нейтрона
1936	Андерсон К.Д. (США) Гесс В.Ф. (Австрия)	Открытие позитрона в космических лучах Открытие космических лучей
1937	Дэвиссон К.Дж. (США), Томсон Дж.П. (Великобритания)	Открытие дифракции электронов в кристаллах
1938	Ферми Э. (Италия)	Открытие искусственной радиоактивности, вызванной медленными нейтронами
1939	Лоуренс Э.О. (США)	Изобретение циклотрона и получение с его помощью искусственных радиоактивных элементов
1943	Штерн О. (США)	Развитие метода молекулярных пучков и открытие магнитного момента протона
1944	Раби И.А. (США)	Разработка резонансного метода измерения магнитных свойств атомных ядер
1945	Паули В. (Швейцария)	Открытие принципа запрета (принцип Паули)
1946	Бриджмен П.У. (США)	Открытия в области физики сверхвысоких давлений
1947	Элтон Э.В. (Великобритания)	Исследование физики верхних слоев атмосферы, открытие слоя ионосферы, отражающего радиоволны (слой Элтона)
1948	Блэккетт П.М.С. (Великобритания)	Усовершенствование камеры Вильсона и сделанные в связи с этим открытия в области ядерной физики и физики космических лучей
1949	Юкава Х. (Япония)	Предсказание существования мезонов
1950	Пауэлл С.Ф. (Великобритания)	Разработка фотографического метода исследования ядерных процессов и открытие мезонов
1951	Кокрофт Дж. Д. (Великобритания), Уолтон Э.Т.С. (Ирландия)	Исследования превращений атомных ядер с помощью искусственно ускоренных атомных частиц
1952	Блох Ф., Перселл Э.М. (США)	Открытие ядерного магнитного резонанса
1953	Цернике Ф. (Нидерланды)	Создание фазово-контрастного метода, изобретение фазово-контрастного микроскопа
1954	Бори М. (Германия)  Боте В. (Германия)	Фундаментальные исследования по квантовой механике, статистическая интерпретация волновой функции Разработка метода совпадений и его применение в физике космических лучей и ядерной физике
1955	Куш П. (США) Лэмб У.Ю. (США)	Точное определение магнитного момента электрона Открытия в области тонкой структуры спектров водорода
1956	Бардин Дж., Браттейн У., Шокли У.Б. (США)	Исследование полупроводников и открытие транзисторного эффекта
1957	Ли (Ли Цундао), Янг (Ян Чжэньини) (США)	Постулирование нарушения закона сохранения четности в слабых взаимодействиях
1958	Тамм И.Е., Франк И.М., Черенков П.А. (СССР)	Открытие и создание теории эффекта Черенкова – Вавилова
1959	Сегре Э., Чемберлен О. (США)	Открытие антипротона
1960	Глазер Д.А. (США)	Изобретение пузырьковой камеры
1961	Мёссбауэр Р.Л. (Германия)  Хофстедтер Р. (США)	Открытие и исследование резонансного поглощения гамма-излучения в твердых телах (эффект Мёссбауэра) Исследования рассеяния электронов на атомных ядрах и связанные с ними открытия в области структуры нуклонов
1962	Ландау Л.Д. (СССР)	Теория конденсированной материи, в особенности жидкого гелия
1963	Вигнер Ю.П. (США) Гёпперт-Майер М. (США), Йенсен Й.Х.Д. (Германия)	Вклад в теорию атомного ядра и элементарных частиц Открытие оболочечной структуры атомного ядра
1964	Басов Н.Г., Прохоров А.М. (СССР), Таунс Ч.Х. (США)	Работы в области квантовой электроники, приведшие к созданию генераторов и усилителей нового типа – мазеров и лазеров
1965	Томонага С. (Япония), Фейнман Р.Ф., Швингер Дж. (США)	Работы по квантовой электродинамике, имеющие важные следствия для физики элементарных частиц
1966	Кастлер А. (Франция)	Создание методов оптического резонанса и оптической накачки
1967	Бете Х.А. (США)	Вклад в теорию ядерных реакций, особенно за открытия, касающиеся источников энергии звезд
1968	Альварес Л.У. (США)	Вклад в физику элементарных частиц, в т.ч. открытие многих резонансов с помощью водородной пузырьковой камеры
1969	Гелл-Ман М. (США)	Открытия, связанные с классификацией элементарных частиц и их взаимодействий (гипотеза кварков)
1970	Альвеи (Альфвеи) Х. (Швеция)	Работы и открытия в области магнитной гидродинамики и их приложение в различных областях физики

1970	Несль Л.Э.Ф. (Франция)	Работы и открытия в области антиферромагнетизма и ферромагнетизма и их приложения в физике твердого тела
1971	Габор Д. (Великобритания)	Изобретение и развитие голографии
1972	Бардия Дж., Купер Л., Шриффер Дж.Р. (США)	Создание теории сверхпроводимости
1973	Джайвер А., Эсаки Л. (США) Джозефсон Б. (Великобритания)	Исследование туннельного эффекта в полупроводниках и сверхпроводниках Предсказание квантовых эффектов при протекании тока через туннельный барьер (эффекты Джозефсона)
1974	Райл М., Хьюиш Э. (Великобритания)	Новаторские работы по радиоастрофизике (метод апертурного синтеза, открытие пульсаров)
1975	Бор О., Моттelson Б. (Дания), Рейнуотер Дж. (США)	Разработка т.наз. обобщенной модели атомного ядра
1976	Рихтер Б., Тинг С. (США)	Открытие тяжелой элементарной частицы нового типа
1977	Андерсон Ф., Ван Флек Дж.Х. (США), Мотт Н. (Великобритания)	Исследования в области электронной структуры магнитных и неупорядоченных систем
1978	Вильсон Р.В., Пензиас А.А. (США) Капица П.Л. (СССР)	Открытие микроволнового реликтового излучения Открытия в области физики низких температур
1979	Вайнберг (Уэйнберг) С., Глэшоу Ш. (США), Салам А. (Пакистан)	Создание объединенной теории слабого и электромагнитного взаимодействий между элементарными частицами (т.наз. электрослабое взаимодействие)
1980	Кроинн Дж.У., Фитч В.Л. (США)	Открытие нарушения фундаментальных принципов симметрии при распаде нейтральных К-мезонов
1981	Бломберген Н., Шавлов А.Л. (США)	Развитие лазерной спектроскопии
1982	Сигбан К.М.Б. (Швеция)	Развитие электронной спектроскопии высокого разрешения
1982	Вильсон К. (США)	Разработка теории критических явлений при фазовых переходах
1983	Фаулер У.А. (США) Чандрасекар С. (США)	Разработка теории образования химических элементов Вселенной посредством ядерных реакций в звездах Работы в области строения и эволюции звезд
1984	Мер (Ван дер Мер) С. (Нидерланды), Руббин К. (Италия)	Вклад в исследования в области физики высоких энергий и в теорию элементарных частиц (открытие промежуточных векторных бозонов)
1985	Клитцинг К. фон (Германия)	Открытие квантового эффекта Холла
1986	Биннинг Г. (Германия), Рорер Г. (Швейцария) Руска Э. (Германия)	Создание сканирующего туннельного микроскопа Работы по электронной оптике и созданию электронного микроскопа
1987	Бедиорц И.Г. (Германия), Мюллер К.А. (Швейцария)	Открытие высокотемпературной сверхпроводимости
1988	Ледерман Л.М., Стейнбергер Дж., Шварц М. (США)	Доказательство существования двух типов нейтрино
1989	Демелт Х.Дж. (США), Пауль В. (Германия) Рамзей Н.Ф. (США)	Развитие метода удержания одиночных ионов, используемого в прецизионной спектроскопии высокого разрешения Разработка метода пространственно разделенных осциллирующих полей, что привело к созданию цезиевых атомных часов и водородного лазера
1990	Кендалл Г., Фридман Дж. (США), Тейлор Р. (Канада)	Основополагающие исследования, имеющие важное значение для развития кварковой модели
1991	Жен П.Ж. де (Франция)	Исследование молекулярного упорядочения в сложных конденсированных системах, особенно в жидких кристаллах и полимерах
1992	Шарпак Ж. (Франция)	Вклад в развитие детекторов элементарных частиц
1993	Тейлор Дж., Халс Р. (США)	Открытие двойных пульсаров
1994	Брокхауз Б. (Канада), Шалл К. (США)	Технология исследования материалов путем бомбардирования нейтронными пучками
1995	Перл М., Райнес Ф. (США)	Вклад в физику лептонов
1996	Ли Д., Ошеров Д., Ричардсон Р. (США)	Открытие сверхтекучести гелия-3
1997	Чу С. (США), Коэн-Таниуджи К. (Франция), Филлипс У. (Великобритания)	Работы по охлаждению и захвату атомов лазерным излучением

## ПО ФИЗИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

1901	Беринг Э.А. (Германия)	Открытие лечебных свойств сыворотки крови и ее использование в борьбе с дифтерией
1902	Росс Р. (Великобритания)	Открытие пути проникновения в организм и развития в нем возбудителя малярии
1903	Финзен Н.Р. (Дания)	Открытие способа лечения кожных болезней (особенно волчанки) световым облучением
1904	Павлов И.П. (Россия)	Работы по физиологии пищеварения
1905	Кох Р. (Германия)	Открытие возбудителя туберкулеза («палочка Коха»)
1906	Рабинович-Кахаль С. (Испания), Гольджи К. (Италия)	Работы по гистологии и морфологии нервной системы
1907	Лавровский Ш.Л.А. (Франция)	Открытие безответственной роли простейших
1908	Мечников И.И. (Россия), Эрлих П. (Германия)	Работы по исследованию механизмов иммунитета

1909	Кохер Т. (Швейцария)	Исследования в области физиологии, патологии и хирургии щитовидной железы
1910	Коссель А. (Германия)	Исследования по химии белков и других макромолекул клетки
1911	Гульстранд А. (Швеция)	Труды по оптике глаза
1912	Каррель А. (Франция)	Работы по шиванию сосудов и пересадке органов и кровеносных сосудов
1913	Рише Ш. (Франция)	Открытие и исследование анафилаксии
1914	Барани Р. (Австрия)	Работы по физиологии и патологии вестибулярного аппарата
1919	Борде Ж. (Бельгия)	Открытия в области иммунитета
1920	Крэг А. (Дания)	Открытие механизма капиллярного кровообращения
1922	Мейергоф О. (Германия)	Открытие связи между потреблением кислорода мышцами и образованием в них молочной кислоты
1922	Хилл А.В. (Великобритания)	Открытия в области теплопродукции мышц
1923	Баитинг Ф.Г., Маклеод Дж.Дж.Р. (Канада)	Открытие инсулина
1924	Эйнтховен В. (Нидерланды)	Разработка метода электрокардиографии
1926	Фибигер Й. (Дания)	Труды по экспериментальной онкологии
1927	Вагнер-Яурегт Ю. (Австрия)	Открытие лечебного действия малярии при прогрессирующем параличе
1928	Николь Ш. (Франция)	Установление переносчика сыпного тифа – платяной вши
1929	Хопкинс Ф.Г. (Великобритания), Эйман Х. (Нидерланды)	Открытие витаминов, стимулирующих рост организма
1930	Ландштейнер К. (США)	Открытие групп крови человека
1931	Варбург О.Г. (Германия)	Открытие природы и функций дыхательных ферментов
1932	Шеррингтон Ч.С., Эдриан Э.Д. (Великобритания)	Открытие функций нейронов
1933	Морган Т.Х. (США)	Создание хромосомной теории наследственности
1934	Майлот Дж.Р., Мерфи У.П., Уипл Дж.Х. (США)	Открытие метода лечения анемий препаратами, получаемыми из печени
1935	Шлеман Х. (Германия)	Открытие «организаторов» – частей зародыша, влияющих на направление эмбрионального развития других его частей
1936	Дейл Г.Х. (Великобритания), Лёви О. (Германия)	Исследование химической природы передачи нервного импульса
1937	Сент-Дьёрдьи А. (США)	Работы по биологическому окислению и выделение в кристаллическом виде витамина С
1938	Хейманс (Гейманс) К. (Бельгия)	Открытие роли каротидных синусов и аорты в регуляции дыхания и кровообращения
1939	Домагк Г. (Германия)	Открытие первого антибактериального препарата – протозила
1943	Дам Х. (Дания), Дойзи Э.А. (США)	Открытие витамина K <sub>1</sub> и установление его химической природы
1944	Гассер Г.С., Эрлангер Дж. (США)	Открытие функциональных различий между отдельными нервными волокнами
1945	Флеминг А., Флори Х.У., Чейн Э.Б. (Великобритания)	Открытие пенициллина и его терапевтического действия при инфекционных болезнях
1946	Мёллер (Маллер) Г.Дж. (США)	Экспериментальное получение мутаций под действием реиттеновских лучей
1947	Кори К.Ф., Кори Г.Т. (США)	Открытие путей ферментативного превращения гликогена в организме
	Усан Б.А. (Аргентина)	Открытие роли гормонов гипофиза в углеводном обмене
1948	Мюллер П. (Швейцария)	Синтез и исследования пестицидных свойств ДДТ
1949	Хесс (Гесс) В.Р. (Швейцария)	Исследование функциональной организации промежуточного мозга
	Моинш А.К. (Португалия)	Разработка хирургических методов лечения некоторых психических заболеваний
1950	Кендалл Э., Хенч Ф. (США), Рейхштейн (Швейцария)	Исследование строения, биологического и терапевтического действия гормонов коры надпочечников
1951	Тейлер М. (ЮАР)	Открытие возбудителя желтой лихорадки и создание вакцин против нее
1952	Ваксман З. (США)	Открытие стрептомицина
1953	Кребс Х.А. (Великобритания)	Открытие цикла трикарбоновых кислот (цикл Кребса)
	Липман Ф.А. (США)	Открытие кофермента А и его роли в обмене вещества
1954	Роббинс Ф.Ч., Уэллер Т.Х., Эндерс Дж. (США)	Открытие метода культивирования вируса полиомиелита в культуре тканей
1955	Теорелль А.Х.Т. (Швеция)	Изучение природы и механизма действия окислительных ферментов
1956	Куриан А.Ф., Ричардс Д. (США), Форсман В. (Германия)	Открытие метода катетеризации сердца
1957	Бове Д. (Италия)	Синтез и выяснение механизма действия фармакологических препаратов нервно-паралитического действия
1958	Билл Дж.У., Тейтем Э. (США)	Открытие регуляции генами биохимических реакций
	Ледерберг Дж. (США)	Работы в области генетики бактерий и открытие генетической рекомбинации
1959	Очоа С., Кориберг А. (США)	Открытие механизмов биосинтеза нуклеиновых кислот
1960	Бёрнет Ф.М. (Австралия), Медавар П.Б. (Великобритания)	Открытие явления приобретенной иммунологической толерантности

1961	Бекеш Д. (США)	Исследование функций внутреннего уха
1962	Криг Ф.Х.К., Уилкинс М. (Великобритания), Уотсон Дж.Д. (США)	Установление структуры молекулы ДНК и ее роли в передаче наследственной информации
1963	Хаксли А.Ф., Ходжкин А.Л. (Великобритания), Эклс Дж.К. (Австралия)	Исследования ионных механизмов передачи возбуждения и торможения нервными клетками
1964	Блох К.Э. (США), Линен Ф. (Германия)	Открытие в области обмена холестерина и жирных кислот
1965	Жакоб Ф., Львов А.М., Моно Ж.Л. (Франция)	Исследования генетического контроля синтеза ферментов и вирусов
1966	Роус Ф.П. (США) Хатгинс Ч.Б. (США)	Открытие онкогенных вирусов Разработка гормональных методов лечения рака предстательной железы
1967	Грант Р. (Швеция), Уолд Дж., Хартлайн Х. (США)	Исследования физиологических и химических механизмов зрения
1968	Корана Х.Г., Ниренберг М.У., Холли Р.У. (США)	Расшифровка генетического кода и его роли в биосинтезе белков
1969	Дельбрюк М., Лурья С.Э., Херши А.Д. (США)	Исследования в области размножения вирусов и генетики вирусов и бактерий
1970	Аксельрод Дж. (США), Кап Б. (Великобритания), Эйлер (Эйлер-Хельпин) У. фон (Швеция)	Открытие и исследование медиаторов – химических веществ, участвующих в передаче и блокировании нервного импульса
1971	Сазерленд Э.У. (США)	Исследование механизмов действия гормонов
1972	Портер Р.Р. (Великобритания), Эдельман Дж.М. (США)	Установление химической структуры антител
1973	Лоренц К., Фриш К. фон (Австрия), Тинберген Н. (Великобритания)	Исследования в области индивидуального и социального поведения животных
1974	Де Дюв К.Р., Клод А., Паладе Дж.Э. (США)	Исследование структурной и функциональной организации клетки
1975	Балтимор Д., Дульбекко Р., Темин Х.М. (США)	Работы по генетике онкогенных вирусов и открытие фермента обратной транскриптазы
1976	Бламберг Б., Гайдусек Д.К. (США)	Открытия в области эпидемиологии и профилактики инфекционных заболеваний (сывороточный гепатит, медленные вирусные инфекции)
1977	Гиймен (Гиллемен) Р., Шалли Э.В. (США) Ялоу Р.С. (США)	Открытия, связанные с секрецией пептидных гормонов мозга Разработка радиоиммунологических методов определения пептидных гормонов
1978	Арбер В. (Швейцария), Натанс Д., Смит Х. (США)	Открытие рестриктаз и их применение в молекулярной генетике
1979	Кормак А.М. (США), Хаунсфилд Г.Н. (Великобритания)	Разработка метода компьютерной рентгеновской томографии
1980	Бениасерраф Б., Сиелл Дж.Д. (США), Доссе Ж. (Франция)	Открытие генетически контролируемых структур на поверхности клеток, регулирующих иммунологические реакции организма
1981	Визел (Висель) Т.Н. (Швеция), Хьюбел Д.Х. (США) Сперри Р.У. (США)	Вклад в развитие нейрофизиологии зрения Открытия в области функциональной специализации полушарий головного мозга
1982	Бергстрём С., Самуэльсон Б. (Швеция), Вейн Дж.Р. (Великобритания)	Открытия в области простагландинов и родственных им биологически активных веществ
1983	Мак-Клинток Б. (США)	Открытие мобильных генетических элементов
1984	Эрне Н.К. (Великобритания) Келер Г. (Германия), Мильштейн С. (Аргентина)	Разработка клонально-селекционной теории иммунитета Разработка методов получения моноклональных антител с помощью гибридом
1985	Браун М.С., Голдштейн Дж.Л. (США)	Раскрытие механизма регуляции холестерина обмена в организме
1986	Кози С. (США), Леви-Монтальчини Р. (Италия)	Открытие и исследование факторов роста клеток и органов
1987	Тонегава С. (Япония)	Установление структуры генов, кодирующих антитела и рецепторы Т-лимфоцитов
1988	Блэк Дж.У. (Великобритания), Хитчингс Дж.Х., Элайон Г.Б. (США)	Создание и применение новых противоопухолевых и противовирусных препаратов
1989	Бишоп Дж.М., Вармус Х. (США)	Исследование клеточных механизмов онкогенеза
1990	Марри (Муррей) Дж.Э., Томас Э.Д. (США)	Открытия в области трансплантации органов и разработки методов предотвращения реакций отторжения
1991	Закман Б., Нейер (Неэр) Э. (Германия)	Исследование функций ионных каналов в клеточной мембране
1992	Фишер Э., Кребс Э. (США)	Открытие роли фосфорилирования белков как регулирующего механизма клеточного метаболизма
1993	Робертс Р., Шарп Ф. (США)	Открытие прерывистой структуры гена
1994	Гилман А., Родбелл М. (США)	Открытие белков-посредников (G-белков), участвующих в передаче сигналов между клетками и внутри клеток, и выяснение их роли в молекулярных механизмах возникновения ряда инфекционных болезней (холера, коклюш и др.)
1995	Вишаус Э.Ф., Льюис Э.Б. (США), Нюслайн-Фольхард Х. (Германия)	Исследование генетической регуляции раннего эмбрионального развития
1996	Дохерти (Дозрти) П. (Австралия), Цицикернагель Р. (Швейцария)	Исследование механизма распознавания иммунной системой чужеродных клеток
1997	Пружниер С. (США)	Открытие прионов – новых возбудителей инфекционных заболеваний

## ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ И ОШИБКИ В 1–4-м ТОМАХ ХИМИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

Страница	Столбец	Строка	Напечатано	Следует читать
В 1-м томе				
86	147	12 сверху	(отсутствует подпись автора)	<i>В. И. Виноградова</i>
155	286	5 сверху	с NH <sub>4</sub>	с NH <sub>3</sub>
162	300	5 абзац, 4 строка снизу	рокси-5-андрост-17-он	рокси-5-андростен-17-он
165	306	4 снизу	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S
179	334	Табл., 17 строка сверху	1,4-феиленди мин	1,4-феилендиамины
181	338	Ф-ла I	(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub>	(CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub>
238	452	12 сверху	класса Галобактериум	вида Галобактериум
238	452	34 сверху	в галографин	в голографин
269	514	3 абзац, 1 строка	Триметиллитовый	Тримелитовый
272	519	2 абзац, 3–4 строки сверху	квертици	кверцетин
292	559	15 снизу	Основы химии	Основы биохимии
293	561	1 снизу	<i>В. Н. Скулачев</i>	<i>В. П. Скулачев</i>
315	606	36 сверху	открыта ... в 1981	открыта ... в 1891
400	775	30 сверху	ат. м. 1,0794	ат. м. 1,00794
414	Табл. 1	3–4 сверху	хлорирование	хлорированное
450	876	3 сверху	в 1880 Ж. Мариньяком	в 1886 П. Леккоком де Буабодраном
491	958	4 снизу	гидрокси(гозилокси)нодаренов	гидрокси(гозилокси)нодаренов
532	1039	25 снизу	произ-во ... 65 кг	произ-во ... 110 т
548	1071	2 абзац, 7 строка снизу	1,2,6-гексантринтрил	1,2,6-гексантринтрил
583	1141	10 снизу	этандиал	этаидиаль
593	1162	8 сверху	к гомологическим	к гомолитическим
594	1163	12 сверху	пропилен C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	пропилен C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>
Во 2-м томе				
21	34	Предпоследний абзац, 1 строка снизу	энниаитины	энниатины
63	117	18 сверху	CH <sub>3</sub> CONHN × (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> CONHN(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
71	133	1 снизу	пироксид	пероксид
91	174	6 сверху	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N=NC(S)NHNHC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N=NC(S)NHNHC <sub>6</sub> H <sub>5</sub>
206	403	4 абзац, 3 строка снизу	1,2-азетидин-2,4-дионы	1,3-азетидин-2,4-дионы
224	439	9–10 снизу	«дифацион»	«дифацинн»
227	445	1 снизу	И. Рихтером	Т. И. Рихтером
248	487	6–7 сверху	дедецилсульфата	додецилсульфата
281	553	11 снизу	1917	1817
311	613	32 сверху	А. Ю. Давыдова	А. Ю. Давыдова
497	985	32 снизу	1,4,7,10,13-тетра	1,4,7,10-тетра
503	998	33 снизу	CuSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O
509	1010	36–37 сверху	Ж. Л. Гей-Люссаком и Л. Ж. Тенаром в 1811	Й. Берцелиусом в 1823
665	1322	3 сверху	ритордин	ритодрин
В 3-м томе				
9	10	4 абзац, 4–5 строки сверху	1-арил-2,3-бутадиены	1-арил-1,3-бутадиены
138	267	15 сверху	D-галакто-иноновой	D-галакто-инонановой
162	315	4 абзац, над стрелкой	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> HgCl <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> HgCl
245	482	16 снизу	никюель (15% Cu, никюель (15% Cr,	
253	498	31 сверху	1,2-циклогександиоксид	1,2-циклогександиондиоксид
266	524	8 сверху	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
280	552	8 снизу	гексаметаиол	гексаметапол

Страница	Столбец	Строка	Напечатано	Следует читать
291	574	7 снизу	Субстративная	Субтрактивная
491	973	25 сверху	термохроны	термохромы
529	1049	Последний абзац, 3-4 строки сверху	метолкетонов	метилкетонов
549	1089	14 сверху	нитрилотриметилфосфовая	нитрилотриметиленфосфовая
550	1091	22 снизу	$\begin{array}{c} \text{S} \\    \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{OPCl} \end{array} \xrightarrow{t} \text{C}_2\text{H}_5\text{SPCl}_2$	$\begin{array}{c} \text{S} \qquad \qquad \text{O} \\    \qquad \qquad \quad    \\ \text{C}_2\text{H}_5\text{OPCl} \xrightarrow{t} \text{C}_2\text{H}_5\text{SPCl}_2 \end{array}$
567	1125	3 снизу	изовиалонтона	изовиолантона
611	1213	8 снизу	тетраминов	тетрааминов

## В 4-м томе

47	86	3 снизу	феноттетрахлорэтана	фенол : тетрахлорэтан
143	277	1 сверху	N-имидазоль -	N-имидазоль-
317	625	Табл., 3 строка снизу	тиатетракарбониин	тиатетракарбониин
452	895	3 абзац, 2 строка снизу	N-гидроксиэтилсукцинимид	N-гидроксиэтилсукцинимид
474	939	4 снизу	в тетраметилсульфоне	в тетраэтилсульфоне
474	940	15 сверху	2O <sub>2</sub> <sup>+</sup>	2O <sub>2</sub> <sup>+</sup>
625	1242	15 сверху	гликоген(крахмал)синтаза	гликоген(крахмал)синтаза

**BOOKS.PROEKTANT.ORG**

**БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОННЫХ  
КОПИЙ КНИГ**

**для проектировщиков  
и технических специалистов**