

АНРИ
ПУАНКАРЕ
И НАУКА
НАЧАЛА XX ВЕКА

М.И.Панов, А.А.Тяпкин
А.С.Шибанов

Огромные успехи науки последних десятилетий и осознание ее важной роли в развитии человеческого общества способствовали появлению особого интереса к творчеству и мировоззрению выдающихся ученых, которые заложили основы происшедшего грандиозного преобразования естествознания Пуанкаре был одним из тех немногих, кто принял непосредственное участие в величайшем научном перевороте, происшедшем в начале XX века. Его неутомимая деятельность в самых различных областях математики и физики оставила неизгладимый след в умах современников и до сих пор поражает обилием глубочайших идей и плодотворных методов

Анри Пуанкаре родился 29 апреля 1854 года в городе Нанси, в семье профессора медицины. Еще в лицее он привлек к себе внимание выдающимися математическими способностями. В 1872 году ему присуждается первое место на Общем конкурсе по элементарной математике, проводившемся для всех лицеев Франции, а в следующем, 1873 году он занял первое место на Общем конкурсе по специальной математике. Осенью того же года Пуанкаре поступает в Политехническую школу — наиболее прославленное высшее учебное заведение Франции. По правилам того времени вслед за Политехнической школой он оканчивает в начале 1879 года специальное высшее учебное заведение — Горную школу. Проработав несколько месяцев горным инженером на шахтах Везуля, Анри Пуанкаре защищает в Париже диссертацию и отбывает в Каи, где преподает математический анализ на Факультете наук. Блестящие достижения молодого ученого, связанные с открытием автоморфных функций, создали ему известность в европейских научных кругах. В 1881 году ему предлагают должность преподавателя в столичном университете, и он переезжает в Париж. С осени 1886 года Пуанкаре возглавляет кафедру математической физики и теории вероятностей Парижского университета, а в январе 1887 года его избирают членом Академии наук. В 1889 году за исследование по небесной механике «О проблеме трех тел и об уравнениях динамики» ему присуждается международная премия короля Оскара II.

Выдающиеся научные труды французского ученого получили признание во всем мире. Многие зарубежные академии и университеты избрали его своим иностранным членом или членом-корреспондентом (в том числе Петербургская академия наук). В 1900 году ему вручают золотую медаль Королевского астрономического общества в Лондоне, а через год — медаль Сильвестра от Лондонского королевского общества. В 1904 году Казанское физико-математическое общество присуждает Пуанкаре золотую медаль Лобачевского¹⁾. А в 1905 году он удостоивается наиболее авторитетного научного приза того времени — премии имени Бояи Венгерской академии наук. Предназначалась она тому ученому, чьи достижения за последнюю четверть века внесли наибольший вклад в развитие математики.

Жизненный путь знаменитого математика, механика и физика оборвался 17 июля 1912 года; он скончался в Париже

¹⁾ Премия имени П. И. Лобачевского была присуждена Д. Гильберту, а Пуанкаре был удостоен золотой медали за его высокоинтересный отзыв на работы Гильберта.

после перенесенной операции «Вместе с великим французским математиком от нас ушел единственный человек, разум которого мог охватить все, что создано разумом других людей, проникнуть в самую суть всего, что постигла на сегодня человеческая мысль, и увидеть в ней нечто новое. Преждевременная утрата столь поразительной интеллектуальной силы означает для нас катастрофу», — выразил тогда общее мнение известный ученый и политический деятель Поль Пенлеве¹⁾

Современники видели в Пуанкаре человека, обладающего наиболее обширной ученостью среди всех представителей науки. Но он не был энциклопедистом в общепринятом понимании этого слова. Не просто широкое собрание самых различных и разнородных знаний отличало этот великий ум Пуанкаре. Он владел науками во всей их глубине, проникая мысленным взором в тончайшие и сокровеннейшие нюансы их идей и методов, словно человек, целиком посвятивший свою жизнь изучению одной какой-нибудь научной дисциплины. Это позволило ему плодотворно творить сразу во многих областях физико-математического знания, двигаться вперед одновременно в нескольких направлениях.

К концу XIX века математика уже разрослась в грандиозное и обширное здание, состоящее из большого числа примыкающих друг к другу частей, творчески трудиться в которых могли только узкие специалисты. Даже выдающиеся умы ограничивались в своей деятельности лишь немногими из ее разделов. «Нет такого математика, даже среди обладающих самой обширной эрудицией, который бы не чувствовал себя чужеземцем в некоторых областях огромного математического мира», — пишет коллектив французских авторов под псевдонимом Бурбаки в своих «Очерках по истории математики», — что же касается тех, кто подобно Пуанкаре или Гильберту оставляет печать своего гения почти во всех его областях, то они составляют даже среди наиболее великих редчайшее исключение».

Исключительность разностороннего гения Пуанкаре отмечает и американский историк науки С. Белл, назвав его «последним универсалистом». Последним, потому что им и Гильбертом замыкается шеренга великих математиков, снискавших славу «универсалистов». За тридцать с небольшим лет своей напряженной творческой деятельности Пуанкаре оставил первоклассные труды практически во всех областях математической науки. Его не смущал гигантски разросшийся лабиринт математики, в котором он смело, а порой и дерзновенно прокладывал новые пути в неизведанных еще направлениях. Фундаментальность и обилие работ сделали его общепризнанным лидером этой науки в глазах современников. «Первым авторитетом времени» величали его коллеги за Рейном. В библиографической книге К. Рид о Гильберте неоднократно подчеркивается, что только всемирная слава Пуанкаре не позволяла Гильберту занять первое место среди математиков начала XX века.

¹⁾ Более подробно о жизненном и творческом пути великого французского ученого рассказывается в книге А. Тяпкина и А. Шибанова «Пуанкаре», изданной в серии «Жизнь замечательных людей» издательством «Молодая Гвардия» в 1979 г.

Но круг проблем, охваченных Пуанкаре, не ограничивается только лишь математикой. Необратимость термодинамических процессов и дифракция света, космогонические гипотезы и природа рентгеновских лучей, теория морских приливов и десятичная мера времени — все волновало его всеобъемлющий ум, всюду оставил он неизгладимый след своего универсального дарования. В самом конце XIX века Пуанкаре критически пересмыслил и обновил складывавшийся в течение двух столетий математический аппарат небесной механики. Первая же его работа в этом направлении произвела в научных кругах впечатление настоящей сенсации неожиданностью и значительностью достигнутых результатов «Значение мемуара столь велико, — писал патриарх немецкой математики К. Вейерштрасс, — что опубликование его откроет новую эру в истории небесной механики». Действительно, основополагающие методы Пуанкаре на многие десятилетия определили характер исследований в теории движения небесных тел, став незаменимым инструментом решения самых различных задач. С полным основанием мог заявить о нем один из министров народного просвещения Франции. «он олицетворял единство науки под бесконечной множественностью ее проявлений» На заре развития радиотехники Пуанкаре выступает с теоретическим анализом достигнутых в этой области результатов и читает лекции о беспроволочной телеграфии. А в двенадцатитомном «Курсе математической физики», прочитанном им в течение ряда лет в Сорбонне, рассмотрены все разделы современной ему теоретической физики.

Начал он этот курс в годы, когда здание физики казалось прочно и неизбежно покоящимся на фундаменте классической ньютоновской механики. Последние же лекции приходится на период, когда над развалинами старых научных представлений уже возносились стены новой теории, противоречившей всему, что было до того времени известно и принято. Его творческая биография вместила в себя величайшую из всех революций, происходивших в естествознании. И гений Пуанкаре не остался в стороне от этой самой радикальной перестройки в науке. Им были высказаны исходные принципы новой теории, пришедшей на смену классической механике и потребовавшей пересмотра физических представлений о времени и пространстве. Именно в его работах впервые были сформулированы в достаточно полной и ясной математической форме все основные положения специальной теории относительности. Он же первым поставил вопрос о необходимости кардинального изменения теории тяготения Ньютона в соответствии с требованиями нового принципа относительности и рассмотрел первый вариант такой релятивистской теории тяготения. Кроме того, в одной из своих последних статей он обосновывает неизбежность новых квантовых представлений в физике, вопрос о которых весьма оживленно обсуждался в то время научной общественностью. Поэтому с не меньшим основанием можно утверждать, что фигура Пуанкаре олицетворяет собой тот гигантский переворот в наших взглядах на мир, который произошел в начале XX века.

Даже если бы научная деятельность Пуанкаре ограничилась только разработкой специальной теории относительности, этого вполне было бы достаточно для того, чтобы навеки вписать его

имя в летопись науки. Но революционные, основополагающие исследования Пуанкаре пронизывали самые различные области физико-математического знания, что позволяло уже современникам единодушно относить замечательного французского ученого к числу самых выдающихся представителей точного естествознания. Созданная им качественная теория дифференциальных уравнений стала одним из ведущих разделов современной математики, находя широкое применение в механике и физике. Рожденная его творческой мыслью новая математическая дисциплина — топология — ныне успешно развивается и прогрессирует, привлекая внимание специалистов из других областей знания. Открытый молодым Пуанкаре новый класс функций, называемых теперь автоморфными, обогатил математиков новыми возможностями. А те плодотворные методы, которыми он вооружил специалистов по небесной механике, оказались столь действенными и столь универсальными, что до сих пор их причисляют к основным средствам теоретического исследования. Все это далеко не полностью охватывает его вклад в общий прогресс науки.

Необычайны творческая активность и поразительная, почти легендарная продуктивность выдающегося французского ученого. Одному человеку просто не под силу охватить ту огромную сумму знаний, которая составляет его научное наследие и содержится в более чем 500 статей и книг. Особое место среди них занимают статьи и доклады по общим вопросам науки. В этих выступлениях Пуанкаре откликается на самые злободневные дискуссионные вопросы, возникающие в процессе развития современного ему естествознания, обсуждает происхождение тех или иных научных положений, дает критическую оценку намечившихся тенденций и путей преодоления трудностей в математике, механике и физике. При этом нередко он затрагивает фундаментальные методологические проблемы научного познания. Впоследствии эти статьи, написанные в разное время и по различным поводам, автор объединил в три отдельные книги, отличающиеся многогранностью и широтой содержания, глубиной и оригинальностью суждений

* * *

Книги Анри Пуанкаре по общим проблемам науки имели громкий успех. Впрочем, удивляться этому не приходится. Наука к тому времени превратилась уже в важнейший институт общественной жизни. Перестав быть монополией замкнутых каст людей, она вошла в коллективное сознание цивилизованных народов, стала достоянием всего культурного человечества. Сенсационные открытия в физике конца XIX века вызвали в самых различных кругах общества живейший интерес к собственно научным проблемам. Все хотят знать, как изменили эти открытия картину мира? Куда идет наука в своем развитии? В широкой читательской публике пробудилась жажда обобщающих научно-познавательных произведений. Особым спросом пользуются выступления корифеев науки, умеющих с высоким мастерством, доступно и в то же время с профессиональной глубиной рассказать о происходящих в физике драматических событиях. Значительное влияние на интеллектуальный климат

того времени имели общенаучные книги Пуанкаре и немецкого ученого Оствальда. Но рассматривать произведения Пуанкаре (так же, как и Оствальда) только как научно-просветительские — это значит обеднить и исказить их подлинное значение. В этот переломный для науки период ученые ощущают потребность в общих методологических и гносеологических установках, которые позволили бы им ориентироваться в нагромождении новых, совершенно неожиданных открытий и фактов. Надвигающееся столетие как бы приглашало ведущих естествоиспытателей к обобщающим выводам и предсказаниям, к мировоззренческому подходу в оценке сложившейся в науке ситуации. К этому обобщающему творчеству Пуанкаре идет от своих многообразных исследований по конкретным вопросам той или иной науки.

Вступление в новый век Пуанкаре отметил подведением некоторых итогов своей личной научной деятельности. У него вообще была склонность к упорядочиванию и к систематизации, теперь эта страсть обратилась на его собственное творчество. В 1901 году он составил «Аналитическое резюме» своих работ. Любопытный документ, быть может, не имеющий прецедента: ученый итожит созданное и сотворенное им за прошедший период. Одно только перечисление разделов науки, в которых плодотворно работала его мысль, уже говорит о многом: дифференциальные уравнения, теория функций, различные вопросы чистой математики, небесная механика, математическая физика, философия науки. Помимо этого есть еще седьмая, заключительная часть, озаглавленная: «Преподавание, популяризация, разное». Но это не просто перечисление и классификация изданных заметок и статей, а весьма содержательный и емкий анализ. Свои достижения Пуанкаре расставляет в системе наук так, как они ему видятся.

Около 25 своих публикаций Пуанкаре отнес к разделу «Философия науки». Но довольно широкий круг рассмотренных в этих статьях проблем делает весьма условным объединение их в этом разделе. Подобные работы ученых-естествоиспытателей нередко классифицируют как философские. На самом же деле их авторы лишь отдельными своими высказываниями вторгаются в область собственно философии, как правило, не придерживаясь при этом сколько-нибудь последовательной системы. И ценность таких произведений заключается вовсе не в этих суждениях философского характера, а в тех методологических выводах и обобщениях естественнонаучного материала, для которых необходимы глубокие специальные знания и особая склонность к широкому охвату научных теорий и фактов. Именно эти обобщения и выводы ученых составляют ценнейший материал для последующего философского анализа сложных разделов точного естествознания, для историко-научных и логико-методологических исследований. Непоследовательность и противоречивость естествоиспытателей, путаница их философских воззрений, конечно, затрудняют такой анализ, создают опасность сбиться только на «гневные» обвинения в идеализме. Поэтому при чтении их трудов следует помнить, с какой тщательностью В. И. Ленин анализировал взгляды того или иного ученого, строго разграничивая философские, методологические и конкретнонаучные аспекты в его творчестве. «Сам В. И. Ленин очень хорошо отделял естественнонаучное (и ценное методоло-

гическое) содержание трудов ученых от уродливых философских наростов, которыми это содержание обрастает иногда в изложении самих открывателей, а чаще — их истолкователей и эпигонов¹⁾. Все это в полной мере относится и к работам Пуанкаре из раздела «Философия науки», вошедшим в его знаменитые книги

Первая книга — «Наука и гипотеза» — вышла в 1902 году в парижском издательстве «Фламарион» тиражом 16 тысяч экземпляров. Она была распродана в течение нескольких дней и сразу же стала редкостью. По свидетельству виднейшего механика и математика П. Аппеля, люди, прочитав ее, передавали своим друзьям и знакомым, так что каждый экземпляр побывал в руках многих читателей. По его оценкам, в том же году с книгой ознакомились около ста тысяч человек. Через четыре года вышло второе ее издание. Громкий успех книги на родине автора привлек к ней внимание за рубежом. Очень скоро, буквально вслед за первым изданием, ее стали переводить на другие языки. В России были изданы сразу два независимых перевода «Науки и гипотезы». Предисловие к одному из них написал известный физик Н. А. Умов.

Основное содержание первой книги Пуанкаре составили его доклады на философском, математическом и физическом международных конгрессах 1900 года, а также некоторые его более ранние статьи. Вторая книга, выпущенная в 1905 году под названием «Ценность науки», включала в себя среди других работ статьи «Измерение времени», «Пространство и три его измерения» и доклад на Международном конгрессе в Сент-Луисе. На долю этого произведения выпал такой же успех в широких читательских массах. Еще три года спустя, в 1908 году, издается третья книга ставшего уже популярным автора, которая носит название «Наука и метод». В ней продолжен рассказ об общих проблемах науки.

Четвертая книга «Последние мысли» была подготовлена и издана уже посмертно, в 1913 году. В нее включены статьи и доклады последних лет жизни Пуанкаре. Они естественно дополняют и развивают его взгляды по некоторым вопросам, обсуждаемым в первых книгах.

Каждая книга состоит из глав, посвященных различным, не связанным между собой темам. Однако ряд обсуждаемых научных проблем повторяется от книги к книге, например, тема относительности движения, проблема статуса геометрии и физических законов, вопрос о значении условно выбираемых соглашений для построения теоретических моделей физических явлений, проблема соотношения логического и интуитивного в математическом творчестве и другие. По этой причине мы сочли целесообразным вместо последовательного обсуждения отдельных книг рассмотреть излагаемые в них общие проблемы с учетом вносимых автором последующих уточнений и изменений.

* * *

Начиная с последнего десятилетия XIX века Пуанкаре демонстрирует свою склонность к глубокому анализу общих

¹⁾ Лешин как философ. — М.: Политиздат, 1969, — С. 138.

проблем развития точных наук. Его неутомимый интеллект и в этой новой для него области творчества поразил всех обилием интереснейших мыслей и смелых суждений, которые может себе позволить только ученый, сочетающий широкий взгляд на процесс научного познания с глубоким и свободным владением идеями и методами конкретных наук. Но далеко не все его оригинальные высказывания философского характера заслужили в последующие годы всеобщее признание и одобрение, как это было с многочисленными естественнонаучными достижениями выдающегося математика, механика и физика В своих философских отступлениях Пуанкаре довольно ярко проявляет непоследовательность, а порой и противоречивость. На страницах одной и той же его книги можно встретить прямо противоположные утверждения. Некоторые взгляды французского ученого были отвергнуты материалистической философией как явные заблуждения. В этом отношении В. И. Ленин вполне обоснованно высмеивал тех, кто пытался «брать его всерьез как философа»¹⁾, и убедительно доказывал, насколько ненадежный фундамент избрала себе «новейшая» реакционная философия, опирающаяся на общенаучные труды Пуанкаре, пестрящие противоречивыми суждениями.

Представляет интерес проследить, как сквозь все эти колебания философской позиции Пуанкаре проступает тенденция к сдвигу его взглядов в сторону материалистического толкования научного познания. Это можно было бы считать одним из частных проявлений того неминуемого отхода естествоиспытателей от физического идеализма, который, как указывал В. И. Ленин, является единственно верным выходом из кризиса науки начала XX века. Непрямолинейность пути Пуанкаре могла бы послужить наглядной иллюстрацией предсказанной В. И. Лениным особенности преодоления этого кризиса, когда физика «идет к единственно верному методу и единственно верной философии естествознания не прямо, а зигзагами, не сознательно, а стихийно, не видя ясно своей «конечной цели», а приближаясь к ней ощупью, шатаясь...»²⁾.

Обсуждая вопрос о достоверности научного знания, Пуанкаре не мог избежать тесно связанного с ним вопроса об объективности истины. Всякое познание начинается с той информации, которая получается нами через ощущения. Но человек не может передавать свои ощущения другим лицам, в этом смысле ощущения субъективны. Как же тогда понимать объективность научных истин? «Гарантией объективности мира, в котором мы живем, служит общность этого мира для нас и для других мыслящих существ», — утверждает Пуанкаре на страницах книги «Ценность науки» (с 356)³⁾. По его мнению, «что объективно, то должно быть обще многим умам и, значит, должно иметь способность передаваться от одного к другому...» (с. 356). Понятие объективности он сводит к понятию общезначимости, даже не касаясь вопроса о том, существует ли внеш-

¹⁾ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 309.

²⁾ Там же, с. 332.

³⁾ Здесь и далее в скобках указаны номера страниц настоящего издания.

ний мир, как источник наших ощущений. Что находится по ту сторону ощущений — это он старается не обсуждать.

Рассматриваемая сама по себе, вне связи с внешней реальностью, общезначимость не могла, конечно, привести Пуанкаре к объективности знания, содержание которого не зависит ни от отдельного человека, ни от всего человечества. Хотя объективной истине присущ элемент общезначимости, объективность ее к этому не сводится. Выступая против попыток некоторых теоретиков провести подобную трактовку объективности в марксистскую философию, В. И. Ленин с иронией замечал, что общезначима и религия, отрицающая объективную истину.

В тех случаях, когда мысль Пуанкаре все же прорывается за пределы человеческих ощущений, он говорит о реальности только отношений между вещами. «Истинные соотношения между этими реальными предметами представляют единственную реальность, которую мы могли бы постигнуть», — таково его мнение (с. 131). Порой он говорит о внутренней «гармонии мира», являющейся той самой истиной, которую постигает наш разум. «Наилучшее выражение этой гармонии — это закон» (с. 202).

Именно в трактовке сущности научных законов проявился совершенно новый, глубоко своеобразный взгляд Пуанкаре на научное познание. Уже в книге «Наука и гипотеза» он утверждает, что «некоторые основные начала науки следует понимать как конвенции, то есть условно принятые соглашения, с помощью которых ученые выбирают конкретное теоретическое описание физических явлений среди ряда различных и одинаково возможных описаний. По убеждению Пуанкаре, эти конвенции, предписания, принимаемые учеными, должны быть взаимонепротиворечивыми и должны отражать отношения между вещами. Эти «предписания налагаются на нашу науку, которая без них была бы невозможна, они не налагаются на природу. Однако произвольны ли эти предписания? Нет, иначе они были бы бесплодны. Опыт предоставляет нам свободный выбор, но при этом он руководит нами, помогая выбрать путь, наиболее удобный» (с. 8). Если бы наука строилась на основе произвольных конвенций, то она «была бы бессильна. Но мы постоянно видим перед своими глазами ее плодотворную работу. Этого не могло бы быть, если бы она не открывала нам чего-то реального..» (с. 8).

Сами по себе естественнонаучные конвенции еще не означают конвенционализма как философского направления, и имеют только внутринаучное значение. Конвенциональность некоторых элементов научной теории, например, формы математического представления законов физических процессов, в наше время стала общепризнанной и не оспаривается ни философами, ни представителями точных наук. Но обоснованный Пуанкаре естественнонаучный конвенционализм тут же был распространен некоторыми приверженцами идеалистических взглядов на процесс познания в целом, развернут в философский конвенционализм, отрицающий объективное содержание в любых научных построениях и в науке вообще. И повод для таких идеалистических спекуляций, для извращения своей позиции давал порой сам Пуанкаре. Утверждая, что выбор той или иной формы теоретического описания среди ряда равноправных форм произво-

дится лишь на основе «удобства», «полезности», он породил толки о том, что ученые творят научные теории, подчиняясь своей прихоти или капризу. Построениям науки стали приписывать исключительно субъективный характер. Такое же субъективистское толкование научных положений можно найти и в отдельных высказываниях Пуанкаре, за что он был подвергнут В. И. Лениным суровой и справедливой критике. «Пуанкаре, например, вполне в духе Маха выводит законы природы — вплоть до того, что пространство имеет три измерения, — из «удобства»¹⁾), — пишет он в своей книге «Материализм и эмпириокритицизм»²⁾). Подобные суждения авторитетнейшего ученого тут же подхватывались и широко использовались идеалистами всех мастей, что способствовало рождению его славы, как основателя конвенционализма в идеалистическом понимании этого термина.

Представители идеалистической философии всегда стремились заручиться поддержкой крупнейших ученых, подкрепить свои позиции их авторитетным мнением. Любые неопределенности и недомолвки в выступлениях этих ученых они используют для того, чтобы представить их своими сторонниками в борьбе с материалистическим направлением. Об этой вероломной тактике своих противников писал В. И. Ленин: «...Идеалистические философы ловят малейшую ошибку, малейшую неясность в выражении у знаменитых естествоиспытателей, чтобы оправдать свою подновленную защиту фидеизма»³⁾). Поэтому в трудах Пуанкаре по общим проблемам науки нужно строго разграничивать положения, касающиеся проблем естественнонаучного познания, и высказывания сугубо философского характера, в которых он был крайне непоследователен. С точки зрения сегодняшнего дня некоторые взгляды и суждения этого выдающегося представителя точных наук, казалось бы, свидетельствуют о его отступлении от материалистического понимания объективной истины. Но в то время, в начале нашего столетия, когда четкие и последовательные положения диалектического материализма еще не были известны подавляющей массе европейских ученых⁴⁾), когда многие из них находились под влиянием позитивистских течений, главным образом, махизма, Пуанкаре своей позицией по ряду вопросов научного познания резко противо-

¹⁾ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 314.

²⁾ Впоследствии Пуанкаре и сам осознавал уязвимость использованного им термина «удобство». Так, в книге «Последние мысли», изданной в 1913 году, на которую, следовательно, В. И. Ленин не мог сослаться в своем произведении «Материализм и эмпириокритицизм», Пуанкаре пишет по поводу трехмерности пространства: «Но слово «удобный», пожалуй, в данном случае недостаточно сильно. Существо, которое приписало бы пространству два или четыре измерения, оказалось бы в мире, подобном нашему, менее приспособленным к борьбе за существование» (с. 573).

³⁾ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 300—301.

⁴⁾ Книга В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» вышла на русском языке в 1909 году, но западным ученым она стала известна значительно позднее, когда некоторые из ведущих естествоиспытателей перешли на позиции марксизма,

стоял философам-идеалистам, проповедовавшим агностицизм и неверие в силу человеческого разума. К сожалению, не этим он был популярен среди большей части своих современников, читавших его общенаучные работы, и не на этом концентрировалось их внимание.

Общественная атмосфера того времени как нельзя более благоприятствовала расцвету агностицизма и неверия в возможности науки. Это было время кризиса во всем: в науке, в искусстве, в политике. Ромен Роллан писал в те годы. «За последние полвека наш духовный мир преобразился больше, чем за предшествующие двадцать веков; меняются основы науки и верований: головокружительные открытия современной физики и химии колеблют представления, на основе которых люди жили прежде, сдвигают ось мира и получают в истории человечества гораздо более глубокий резонанс, нежели ссоры политических партий и наций...». Ученые сами отчасти были повинны в той сумятице умов, которую вызвали в обществе последние научные открытия. Еще совсем недавно они категорически объявляли законы Ньютона истинной в последней инстанции. Когда же стала очевидной иллюзорность этого убеждения, у широких масс непосвященных случилось некоторое головокружение, создавшее благодатную почву для процветания всякого рода идеалистических доктрин. Люди настолько привыкли к устоявшимся представлениям, что любое изменение воспринимали как катастрофу. Ведь у науки не было еще опыта таких крутых переломов и столь радикальных сдвигов.

Широкие круги читателей, далеких от научной деятельности, весьма избирательно воспринимали из знаменитых книг Пуанкаре именно критическую сторону его высказываний, всячески преувеличивали, гиперболизировали присутствовавший в них мотив сомнения. Если автор говорил о неизбежном падении старых физических теорий и замене их новыми, многим мерещились лишь дымящиеся «руины» поверженных научных теорий; когда он указывал на угрозу, нависшую над основными принципами науки, для многих это означало всеобщий разгром научных принципов. Толпе непосвященных нравилось видеть в выдающемся представителе естествознания вождя интеллектуального нигилизма, разрушителя всяких ценностей, созданных человеческим разумом. «Вы, с одной стороны, усомнились в официальной науке, с другой стороны, вы проникли в ее бездну. Ваш труд двойной: в математике вы создали научной истине храм, доступный редким посвященным, вашими же философскими минами вы заставили взлететь на воздух часовни, вокруг которых собираются для славословия чудес самозванной религии толпы рационалистов и свободомыслящих...», — с такими словами обращался к Пуанкаре в своем публичном выступлении член Французской академии Ф. Массон. — Какое побоище производят ваши доказательства... Аксиомы, мудрость веков, становятся там, где вы прошли, только определениями, законы — только гипотезами, а гипотезам этим вы даете только временное существование...».

В своем докладе 1904 года на Международном конгрессе в Сент-Луисе (США) Пуанкаре действительно говорил о кризисе в физике и о предстоящем коренном изменении ее законов. Но заостряя внимание на этой части его выступления, широкие

круги общественности искусственно отрывали ее от более важной позитивной части доклада, где автор, вопреки представлению о всеобщем крушении основ классической физики, утверждает неизбежность сохранения некоторых общих принципов, составляющих, по его мнению, остов любого нового теоретического построения. Игнорировались также высказанные там конкретные предсказания выдающегося ученого о новых физических теориях и о путях преодоления кризиса физики начала XX века. Между тем, уже в первой своей книге Пуанкаре замечает, что люди, представляющие как «банкротство науки» закономерный процесс обновления научных теорий, «не отдают себе никакого отчета в том, что составляет цель и назначение научных теорий, иначе они поняли бы, что и руины еще могут быть для чего-нибудь полезны» (с. 130—131).

Общенаучные работы Пуанкаре, на страницах которых сталкиваются весьма контрастные его мысли, сводятся стоустой молвой только к одному цвету, только к одному звучанию — к всеразрушающему скептицизму. В широких дилетантских кругах, не осознавших глубоко идей автора этих работ, он знаменит приписываемой ему всеразрушающей, ничего не щадящей силой. За Пуанкаре тянется длинный шлейф «пристегнутой» к нему славы неистового ниспровергателя научных истин, не оставляющего в науке камня на камне. И эта слава немало его беспокоит. Он вынужден порой публично выступать против тенденциозного восприятия некоторых своих высказываний.

Вскоре после выхода в свет книги «Наука и гипотеза» в широкой печати поднялась волна скандальной сенсации. Поводом для этого послужило одно неправильно понятое утверждение автора. Поскольку абсолютное пространство, введенное в науку Ньютоном, не существует, а наблюдению доступно лишь относительное движение, Пуанкаре приходит к заключению, что не существует никакой системы отсчета, к которой можно было бы отнести вращение Земли. «Если нет абсолютного пространства, то как можно вращаться, не вращаясь по отношению к чему-либо, а с другой стороны, как могли бы мы принять заключение Ньютона и верить в абсолютное пространство?» — вопрошает он (с. 97). Поэтому «утверждение: «Земля вращается» — не имеет никакого смысла, ибо никакой опыт не позволит проверить его, ибо такой опыт не только не мог бы быть ни осуществлен, ни вызван смелой фантазией Жюль Верна, но даже не мог бы быть понят без противоречия Или, лучше сказать, два положения: «Земля вращается» и «Удобнее предположить, что Земля вращается» — имеют один и тот же смысл; в одном ничуть не больше содержания, чем в другом» (с. 99). Широкие читательские круги, не способные проникнуть во все тонкости его рассуждений, перевели эту мысль на общедоступный язык в искаженном и категоричном виде: «Земля не вращается».

Вспоминая об этом эпизоде много лет спустя, Пуанкаре говорит, что, высказав мимоходом свои соображения, он «приобрел этим известность, от которой охотно отказался бы. Все реакционные французские газеты приписывали мне, будто я доказываю, что Солнце вращается вокруг Земли; в знаменитом процессе Галилея с инквизицией вся вина оказывалась, таким образом, на стороне Галилея» (с. 647).

В мае 1904 года он выступает в «Бюллетене астрономического общества Франции» со статьей «Вращается ли Земля?», в которой заявляет, что ему надоели та шумиха, которая поднята вокруг некоторых фраз, вырванных из его работы, и те нелепые мнения, которые ему приписывают. Пуанкаре пытается объяснить истинное положение дел. Такие же разъяснения он приводит на страницах своей второй книги «Ценность науки». Говоря о том, что с кинематической точки зрения отдавать предпочтение утверждению «Земля вращается» перед утверждением «Земля не вращается» — это значит допускать существование абсолютного пространства, автор добавляет: «Однако, если одно из них открывает нам верные соотношения, которые не вытекают из другого, то можно считать первое физически более верным, чем другое, потому что оно имеет более богатое содержание. И в этом отношении не может быть никаких сомнений. Перед нами видимое суточное движение звезд, суточное движение других небесных тел, а с другой стороны — сплюснутые Земли, вращение маятника Фуко, вращение циклопов, пассатные ветры и так далее. Для последователя Птолемея все эти явления ничем не связаны между собой, с точки зрения последователя Коперника они производятся одной и той же причиной. Говоря: «Земля вращается», я утверждаю, что все эти явления по существу находятся в соответствии друг с другом, и это верно, и это останется верным, хотя нет и не может быть абсолютного пространства» (с. 363). Но вопреки всем стараниям Пуанкаре французские газеты не хотели так просто расстаться с сенсационной темой, щекочущей нервы широкой публики. Немало еще было израсходовано по этому поводу чернил и типографской краски.

Не высокие завоевания науки попадают под прицел критики выдающегося математика, механика и физика, а только упрощенное, примитивное их понимание, и не ниспровергает он узаконенные разумом великие истины, а углубляет и уточняет их. «...Истина, за которую пострадал Галилей, остается истинною, хотя она имеет и не совсем тот смысл, какой представляется профану, и хотя ее настоящий смысл гораздо утонченнее, глубже и богаче» (с. 364).

Не только против мнения несведущей толпы выступает Пуанкаре, но и против тех философов-идеалистов, которые, используя неудачные высказывания выдающегося ученого, пытаются причислить его к своему лагерю. Одним из первых взялся трактовать на свой лад взгляды Пуанкаре реакционный французский философ Э. Леруа¹⁾. Именно он в серии публи-

¹⁾ Эдуард Леруа (1870—1954) отличался крайней эклектичностью взглядов и за долгую жизнь сменил множество философских «исповеданий»: был бергсонистом, являлся лидером католического модернизма, пытался создать синтез идеалистических концепций самого различного толка. С 1909 года был профессором математики в Сент-Луисе, с 1921 года — профессором философии в Коллеж де Франс, где возглавлял бывшую кафедру Бергсона. Занимался палеонтологией и антропологией, оказал заметное влияние на философские воззрения Пьера Тейяра де Шардена, был избран членом Французской академии и Академии моральных и политических наук.

каций, помещенных в журнале «Revue de Metaphysique et de Morale» на рубеже веков, оформил конвенционализм как философское течение. Отталкиваясь от положений естественнонаучного конвенционализма, он приходит к крайне идеалистическому выводу о том, что вся наука — не более, чем искусственное, умственное построение ученых. Законы ее не в состоянии открыть нам истину, а служат лишь правилами действия, наподобие правил игры. Поэтому значение науки ограничено только определенной областью практических действий. Религия же призвана заполнить всю остальную часть человеческой деятельности и мировоззрение.

Критике взглядов Леруа посвящена целая глава второй книги Пуанкаре. Решительно отмежевываясь от столь идеалистического истолкования своих положений, он обращается к материалистической трактовке происхождения научного знания. Учение Леруа «антиинтеллектуалистично», пишет автор и противопоставляет критерий практики его доктрине неверия в объективность науки. «...Если научные «рецепты» имеют ценность как правило для действия, то это потому, что в общем и целом они, как мы знаем, имеют успех. Знать это — значит уже знать кое-что, а раз так, то какое вы имеете право говорить нам, что мы не можем ничего знать?» — полемизирует Пуанкаре с философ-идеалистом (с. 329). По его мнению, объективность научной теории раскрывается, помимо всего прочего, в ее предсказательной роли: «Наука предвидит; и именно потому, что она предвидит, она может быть полезной и служить правилом действия» (с. 329). Он исходит из безоговорочного признания ценности добытых наукой результатов, о критерии объективности которых Пуанкаре писал, что он «тот же самый, как и критерий нашей веры во внешние предметы. Эти предметы реальные, поскольку ощущения, которые они в нас вызывают, представляются нам соединенными, я не знаю, каким-то неразрушимым цементом, а не случаем дня. Так и наука открывает нам между явлениями другие связи, более тонкие, но не менее прочные.. Они не менее реальны, чем те, которые сообщают реальность внешним предметам» (с. 361). Имея в виду подобные высказывания французского физика, В. И. Ленин писал, что «теория» его, которую противопоставляли материализму, «при первом же натиске фидеизма спасается под крылышко материализма! Ибо это чистейший материализм, если вы считаете, что ощущения вызываются в нас реальными предметами и что «вера» в объективность науки такова же, как «вера» в объективное существование внешних предметов»¹⁾.

Крайности агностицизма — лишь одна сторона мишени, в которую нацелены критические стрелы Пуанкаре. «Сомневаться во всем или верить всему — два одинаково удобных решения: и то, и другое избавляют нас от необходимости размышлять», — таково его мнение (с. 7). Одинаково неверно было бы сомневаться в истинности научных теорий или верить в абсолютную непогрешимость науки, отрицать ценность добытых учеными знаний или приписывать их творениям статус окончательной, непрерываемой истины. Он, не задумываясь, перешагивает тес-

¹⁾ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 309.

ные границы застывших догм метафизического материализма, оказавшись впереди подавляющего большинства своих коллег.

Среди ученых, стоявших на стихийно материалистических позициях, вера в прежние грандиозные успехи научного познания породила догматическую переоценку достигнутого. В их понимании дальнейший прогресс науки сводился лишь к незначительным изменениям уже существующих знаний, к постепенному уточнению уже доказанных истин. В XIX веке эти ограниченные представления не противоречили известным фактам о развитии точных наук, и естествоиспытатели могли безнаказанно оставаться в счастливом неведении диалектики познания. На рубеже веков перед наукой открылись новые области физических явлений, где действуют законы, принципиально отличные от прежних механистических представлений. Требовалось радикальное преобразование физической картины мира, что никак не согласовывалось с укоренившимися взглядами на развитие науки, как на непрерывный и монотонный процесс. Вот тогда-то незнание диалектики обернулось для естествоиспытателей тяжелым кризисом, из которого далеко не всем удалось благополучно выбраться. Крушение веры в свой идеал — механистическую картину мира — некоторые из них восприняли как «банкротство науки» вообще, кинувшись в противоположную крайность — полное неверие во что-либо прочное и неизблемое в научных знаниях.

Пуанкаре был одним из тех весьма немногих естествоиспытателей, которые еще до создания новых физических теорий заговорили о процессе познания на языке диалектики. В своей первой книге «Наука и гипотеза» он подчеркивает, что к научным теориям нужно относиться как к своего рода гипотезам, плодотворным подходам к истине, каждая из которых не умирает целиком, а оставляет нечто устойчивое, непреходящее, и «это нечто и надо стараться распознать, потому что здесь, и только здесь, лежит истинная реальность» (с. 10). Внятно и недвусмысленно звучит в его словах диалектика познания, отчетливость научных истин, если предыдущую цитату дополнить другой из той же книги: «материя в собственном смысле представляется все более и более сложной, все, что о ней говорится, всегда имеет только приближенное значение, и наши формулы ежеминутно требуют новых членов» (с. 145). Но непоколебима его вера в непрестанный прогресс научного познания, который «хотя и медлен, но непрерывен; так что ученые, становясь смелее и смелее, обманываются все менее и менее» (с. 330).

Наука для Пуанкаре есть вечно живой, развивающийся организм. Там, где представители метафизического материализма видели лишь навечно окостеневшую структуру научных знаний, он предрекает грядущие потрясения. На смену существующим физическим теориям придут новые, но обязательным и неизменным условием останется, по его мнению, преемственность знаний «Можно спросить себя, будут ли те приближения, которые делает сегодняшняя наука, подтверждены наукой завтрашнего дня, — обращается Пуанкаре к своим читателям. — .. Сначала нам представляется, что теории живут не долее дня, и что руины нагромождаются на руины. Сегодня теория родилась, завтра она в моде, послезавтра она делается классической, на третий день она устарела, а на четвертый — забыта. Но если

всмотреться ближе, то увидим, что так именно падают, собственно говоря, те теории, которые имеют притязание открыть нам сущность вещей. Но в них есть нечто, что чаще всего **выживает**. Если одна из них открыла нам истинное отношение, то это отношение является окончательным приобретением; мы найдем его под новым одеянием в других теориях, которые будут последовательно водворяться на ее месте» (с. 360).

Пуанкаре предвосхищает будущий методологический принцип соответствия, требующий, чтобы каждая новая физическая теория находилась в определенном соответствии со старыми законами, подтвержденными опытами. Как своевременно было его выступление по этому вопросу в канун самой грандиозной перестройки всей теоретической физики! Каким образным становится его язык, когда он вскрывает глубочайшую закономерность диалектики научного познания: «Движение науки можно сравнивать не с перестройкой какого-нибудь города, где старые здания немилосердно разрушаются, чтобы дать место новым постройкам, но с непрерывной эволюцией зоологических типов, которые беспрестанно развиваются и, в конце концов, становятся неузнаваемыми для простого глаза, но в которых опытный глаз всегда откроет следы предшествовавшей работы прошлых веков. Итак, не нужно думать, что вышедшие из моды теории были бесплодными или не нужны» (с. 158).

Однако в последующем Пуанкаре, к сожалению, не всегда обнаруживал материалистическое понимание сложного, противоречивого процесса познания при обсуждении вопросов, связанных с проблемой соотношения абсолютной и относительной истин. В речи на IV Международном конгрессе философов, состоявшемся в 1911 году, которая была включена в книгу «Последние мысли» под названием «Эволюция законов», Пуанкаре связывает изменчивость наших представлений о законах природы с относительностью знаний, что полностью соответствует его прежним установкам, а саму замену законов более общими и всеобъемлющими представляет основной целью научного познания. Но возможность такого бесконечного развития наших знаний он не обосновывает существованием объективных законов природы, присущих материи независимо от познания их человеком. Он предпочитает говорить только о приближенности научных представлений, уходя от обсуждения того, что служит объектом для теоретических моделей и абсолютным пределом для всех приближенных законов природы.

В другой своей работе последних лет — «Новые концепции материи» — Пуанкаре, развивая очень интересную мысль о вечной борьбе концепций дискретности и непрерывности в физической картине мира, обосновывает это прозорливое суждение не присущими материи свойствами, а двумя непримиримыми потребностями разума, двумя стилями мышления. И несмотря на формальное признание в начале статьи материалистичности науки, «поскольку науки о природе, и в частности физика и химия, имеют своим объектом именно материю» (с. 632), в целом основной вывод автора о двух подходах в истолковании физических явлений получил идеалистическую окраску, как проистекающий из особенностей человеческого разума.

Мы не останавливаемся подробно на критическом анализе отступлений А. Пуанкаре в кантианство, априоризм, философ-

ский релятивизм и субъективный идеализм. Критика этих философских шатаний французского ученого блестяще дана В. И. Лениным в «Материализме и эмпириокритицизме» (см. Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 47, 170, 190, 267, 271, 300, 308—310, 314—316, 321, 324, 327, 329) и в замечаниях на книге А. Рея «Современная философия» (см. Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 479—481, 489, 504). К тому же, эти вопросы обстоятельно рассмотрены в ряде исследований творчества Пуанкаре, приведенных в конце данной статьи.

Проявляя постоянство и последовательность в отрицании метафизических (недиалектических) воззрений на процесс научного познания, Пуанкаре, как и многие другие естествоиспытатели того времени, свою критику обращал против основ материализма, не сумев выделить в метафизическом материализме того ценного для теории познания материалистического начала, которое связано с признанием объективной реальности. Отсюда и проистекала вся непоследовательность ученого в трактовке объективного содержания научных истин. Тем не менее, отдельные идеалистические наслоения не могут помешать читателю, владеющему основами материалистической философии, увидеть в трудах Пуанкаре обилие ценных критических мыслей, сыгравших в свое время важную роль в освобождении естествознания от сковывающих его метафизических представлений.

Первым выступив с ценной конкретной критикой таких понятий, как механический эфир, абсолютное время и абсолютная одновременность, Пуанкаре первым же с диалектических позиций объяснил появление в науке таких умозрительных построений, за которыми не скрывается никакая реальность. Создавая свои теории, ученые нередко бывают вынуждены выходить за пределы установленных или подтвержденных на опыте фактов, мысленно дорисовывать физическую картину изучаемых явлений. Так в науку проникают гипотезы, недоступные на данном уровне ее развития экспериментальной проверке. Пуанкаре считал естественным и допустимым использование таких гипотез, помогающих человеческому разуму строить предположительные соображения о более полной картине физических явлений, чем это дает порой ограниченный опыт. Немало физических понятий зародилось первоначально именно в виде умозрительных предположений, остававшихся до поры, до времени за пределами возможностей эксперимента. Так вошли в науку атомы, эфир, поле и особая субстанция тепла — теплород. Но подобные догадки о скрытой от нас объективной реальности человеческий разум склонен принимать за истинное проявление материи. Особенно характерно это для представителей метафизического материализма, претендовавших на полное познание сущности вещей и явлений.

Самым категоричным образом выступает Пуанкаре против маскировки этих умозрительных построений под научные положения, якобы вскрывающие сущность реальных вещей. Он строго разграничивает подлинные научные истины и вынужденные домыслы, представляющие неподтвержденные опытом гипотезы. В этом проявилась необычайная острота его мысленного зрения, сумевшего распознать подлинную суть некоторых научных образований, легко сходящих за полноправные научные истины. Уяснение этих сторон научного познания было особенно

важным в тот критический период, когда наука готовилась к решающему прыжку в глубь материи. В этих условиях первостепенное значение приобретал критический подход к широко распространенным (но научно необоснованным) представлениям о скрытых свойствах материальных объектов. Если вспомнить о том, что понятие эфира, ни разу не подвергнувшись прямой экспериментальной проверке, сумело прочно вклиниться в физику и даже рассматривалось одно время как естественнонаучная основа материализма, то станет ясно, сколь осторожно следовало подходить к утверждению, что за каждым физическим понятием стоит объективная реальность. Именно об этой осторожности в обращении с некоторыми научными понятиями и говорит Пуанкаре.

Но вскрыв природу этих гипотетических построений, Пуанкаре не учитывает подвижности границы, отделяющей вопросы, доступные научным методам познания, от гипотетических посылок о скрытых свойствах вещей. С развитием экспериментальной техники и теоретических подходов вчерашние гипотезы о «вещах в себе» воплощаются в конкретные соотношения между величинами, доступные опытной проверке. И тогда эти умозрительные понятия либо превращаются в строго научные, как это было с понятиями атома и электромагнитного поля, либо же оказываются отброшенными логикой научных фактов, как это было с теплотородом и эфиром.

Весьма поразил современников, да и не только современников, его подход к вопросу о том, какая из геометрий соответствует нашему миру. Именно здесь особенно ярко и неожиданно проявился научный конвенционализм Пуанкаре. Казалось бы, ответ на этот вопрос должны дать опыты с физическими объектами, служащими реализацией геометрических понятий в пространстве. Однако все оказалось гораздо сложнее и серьезнее, чем это предполагали. Именно Пуанкаре вскрыл истинную сущность данной проблемы. По его утверждениям, геометрия реального пространства в принципе не допускает экспериментальной проверки. Аргументирует он это тем, что ни в каком опыте нельзя проверить чистую геометрию, как таковую. Проверке подлежит только совокупность «геометрия плюс физика» в целом. Допустим, наблюдения показали, что распространяющийся в пространстве луч света искривляется. Объяснить этот факт можно различным образом: либо предполагая пространство неевклидовым, либо предполагая, что в евклидовом пространстве какая-то сила искривляет световой луч. Один и тот же экспериментальный результат совмещается с совершенно различными геометриями, можно выбирать любую из них. Но физические законы для этих двух геометрических картин будут различными. Ценой изменения, подгонки физики можно подобрать любую геометрию пространства для одного и того же наблюдаемого факта. Геометрия и физика дополняют друг друга — таков основной вывод Пуанкаре. Поэтому он приходит к заключению, что «никакая геометрия не может быть более истинна, чем другая; она может быть *более удобной*» (с. 49). Вопрос о выборе геометрического описания реального мира свелся для Пуанкаре исключительно к соглашению. Но поскольку евклидова геометрия обладает наибольшей простотой и удобством, то физики, по его мнению, всегда будут сохранять свою приверженность

к ней. «Геометрия есть некоторое условное соглашение, — пишет он, — своего рода компромисс между нашей любовью к простоте и нашим желанием не слишком далеко удаляться от того, что нам сообщают наши инструменты» (с. 546).

Критерий «удобства», неоднократно использованный Пуанкаре для выбора предпочтительной геометрии и объяснения трехмерности пространства, стал причиной многих недоразумений. Не разъясняя смысл, вкладываемый им в этот неудачный термин, Пуанкаре давал повод для искажения своей позиции. В последующем ему не раз приходилось возражать против попыток явно субъективистски трактовать высказываемые им мысли. Однако в некоторых своих работах он все же отметил объективное основание выбора той или иной теоретической схемы из условий удобства. Так еще в 1887 году в работе «Об основных гипотезах геометрии», впервые поставив вопрос о выборе геометрии для описания физических явлений, Пуанкаре поясняет: «Мы выбрали между всеми возможными группами одну особенную для того, чтобы к ней относить физические явления, подобно тому как мы выбираем систему трех координатных осей, чтобы к ним относить геометрические фигуры. Что же определило наш выбор? Это, во-первых, простота выбранной группы; но есть и другое основание: в природе существуют замечательные тела, называемые твердыми, и опыт говорит нам, что связь различных возможных перемещений этих тел выражается со значительной степенью приближения теми же самыми соотношениями, как и различные операции выбранной группы»¹⁾. Пуанкаре прямо указывает, что выбор геометрии и группы движений определяется соответствием их движению реальных тел. Почти то же самое пишет он 20 лет спустя в книге «Наука и метод» Язык трех измерений, по его убеждению, приспособлен «к миру, имеющему определенные свойства, и главное из этих свойств заключается в том, что в этом мире существуют твердые массы, перемещающиеся по таким законам, которые мы называем законами движения неизменяющихся твердых тел» (с. 452—453).

Пуанкаре ошибался, заранее предрекая выбор в пользу геометрии Евклида. В то же время, он утверждал, что можно в принципе использовать любую другую внутренне непротиворечивую геометрию. Но эти общие соображения остались неподкрепленными конкретными физическими описаниями явлений на основе различных геометрий. Поэтому долгое время ученые, не принимая геометрический конвенционализм Пуанкаре, пытались его как-то преодолеть. И лишь в последние десятилетия исчезли сомнения в справедливости этого вывода о возможности описания одних и тех же явлений с применением различных геометрий пространства и времени.

То обстоятельство, что наблюдаемые физиками факты укладываются в рамки различных геометрий, вовсе не снимает вопроса о геометрической структуре пространства-времени, отвечающей установленным физическим законам движения материи.

¹⁾ Об основаниях геометрии. Сборник классических работ по геометрии Лобачевского и развитию ее идей, — М.: Гостехиздат, 1956, с. 398.

Разные геометрические представления одних и тех же физических явлений еще не свидетельствуют о произвольности и условности законов физики или пространственно-временных свойств реального мира, как не свидетельствуют об этом выбор различных единиц измерения физических величин или применение различных систем координат. Истинная или, вернее, естественная геометрия реального пространства-времени только одна, и выделена она тем, что наиболее полно отражая с ее помощью физические явления, ученые в то же время обходятся без вынужденного усложнения физической теории¹⁾. Используя другие, отличные от нее геометрии, они одновременно подправляют физические законы введением в них дополнительных сил, называемых универсальными, чтобы согласовать теоретическое описание с опытными данными. Эти универсальные силы, одинаковым образом действуя на все материальные объекты, например, на лучи света, на космические частицы, на кометы, позволяют объяснить различные особенности их движения силовым воздействием, а не искривлением пространства. Тем самым, физические теории, включающие универсальные силы, берут на себя часть «геометрической нагрузки». Их уравнения фактически учитывают некоторые геометрические свойства мира.

* * *

В своих работах Пуанкаре неоднократно обращался к обсуждению общих и методологических проблем математики и математического творчества. Ни один сколько-нибудь значительный вопрос из области математических наук, дискутировавшийся в то время научными кругами, не был обойден его вниманием. И нередко бывало, что именно он выступал инициатором такой дискуссии или же становился ее активным центром. Многие из рассмотренных им математических проблем и сейчас представляют немаловажный интерес. Так, до сих пор не получили однозначного разрешения обсуждавшиеся им проблемы, связанные с парадоксами теории множеств и классической логики, статусом аксиомы Цермело, взаимоотношением интуиции и логики в математическом познании и некоторые другие вопросы.

В начале нашего века острая полемика разгорелась вокруг весьма общей и принципиальной проблемы: откуда математика черпает свое основное содержание? Целый ряд ученых, отвергая роль интуиции и наглядных представлений, категорически утверждали, что математическое знание выводится чисто логическим путем. В конце XIX — начале XX веков складывается учение логицизма, сводившее всю математику к логике. В этот же период бурно развивается и математическая логика. Итальянский математик Пеано в пяти томах своего «Математического формуляра» дает комментированное изложение математики на

¹⁾ Тяпкин А. А. Конвенциональные определения и объективные инварианты // Вопросы философии. — 1970. — № 7. — С. 64—71; Денисов В. И., Логунов А. А., Мествиришвили М. А. Полевая теория гравитации и новые представления о пространстве и времени // Элементарные частицы и атомное ядро. — 1981. — Т. 12, № 1. — С. 12—18.

языке логических действий с помощью разработанных им специальных обозначений для понятий логики, используемых в математических рассуждениях. В этом же направлении работают немецкие ученые Фреге и Дедекинд, а также англичане Рассел и Уайтхед. С развитием математической логики противники интуиции получили в свои руки (в дополнение к имеющимся доказательствам недостоверности ссылок на наглядность) мощное оружие, которое, как им казалось, дает возможность полностью и без всяких надежд на реабилитацию изгнать из математического познания столь опорочившее себя понятие — интуицию.

В 1901 году Рассел пишет статью «Новейшие работы о началах математики», где излагает развернутую программу логицизма. Затем выходят в свет знаменитые расселовские «Принципы математики» (Кембридж, 1903). Вскоре французский ученый Кутюра публикует несколько статей, в которых дает всестороннюю и детально разработанную оценку результатов Рассела и Пеано и яростно обрушивается на учение о математической интуиции.

Логицисты решили полностью изгнать из математики интуицию во всех ее видах. С их точки зрения многолетний заочный спор между Лейбницем и Кантом, то есть спор между логикой и интуицией в математике, благодаря трудам Пеано и Рассела раз и навсегда решен в пользу логики. В этом отношении примечательны взгляды Рассела, который считал, что интуитивные способности «лучше развиты в детях, чем у взрослых, у собак их, вероятно, больше, чем когда-либо было у людей. Но кто в этих фактах увидел бы рекомендацию для интуиции, должен был бы сделать из них вывод и снова бегать дикарем в лесах, ярко размалеваться и питаться акридами и диким медом».

Не приходится удивляться тому, что логицисты с негодованием отменили саму мысль иметь дело с подобным понятием в математике. Вся математика, утверждали они, может быть выведена из нескольких неопределяемых понятий и недоказуемых предложений, которые кладутся в основу логики.

В это время, когда казалось, что интуиция окончательно будет изгнана из математики, Пуанкаре единственный из европейских ученых выступает с целой серией статей, в которых подверг сокрушительной критике программу логицизма. Часть этих статей вошла затем в виде отдельных глав в его книги «Ценность науки», «Наука и метод», «Последние мысли». Свое выступление против логицистов Пуанкаре сравнивает с борьбой Геракла против лернейской гидры, у которой на месте одной отрубленной головы вырастали две. Но и находясь, практически, в одиночестве, он не только защитил интуицию от необоснованных нападок, но и предсказал крах логицизма в пору его наивысшего расцвета, когда, по словам Рассела, «великие триумфы пробуждали великие надежды».

Пуанкаре выдвигает следующие принципиальные возражения против логицизма: новые результаты в математике нельзя получить только при помощи логики — нужна еще и интуиция; доказательство уже полученных математических истин невозможно без обращения к интуиции; символика логицистов является путями для математического творчества. И как общий итог этих возражений — невозможность сведения математики

к логике и необходимость наличия интуиции в математическом познании. Пуанкаре не ограничивается только критикой программы логицистов, он одновременно рассматривает многие стороны проблемы интуиции и противопоставляет идеям логицистов хорошо разработанное учение. Пуанкаре не отрицал той роли, которую играет в математическом творчестве логический вывод. Но, по его мнению, одной только логикой математика никак не исчерпывается. Необходим еще один род творчества, который столь беспепелляционно отвергли логицисты: интуиция. Логика может только разворачивать, раскрывать то знание, которое изначально заложено в исходных посылах. «Доказательство, основывающееся по-настоящему на принципах аналитической логики, должно состоять из ряда предложений; одни из них, служащие посылками, будут представлять тождества или определения, другие будут выводиться из первых шаг за шагом, но, хотя связь между каждым предложением и следующим замечается непосредственно, нельзя будет сразу же увидеть, как совершился переход от первого предложения к последнему, и явится искушение рассматривать его, как новую истину. Но, если последовательно заменять различные, фигурирующие в нем выражения их определениями и если продолжить эту операцию до тех пор, пока это возможно, то под конец останутся только тождества, так что все сведется к одной колоссальной тавтологии. Следовательно, логика, если только она не оплодотворена интуицией, остается бесплодной»¹). Только интуиция, постижение истины не путем доказательства, а непосредственным интеллектуальным усмотрением ее содержания, позволяет сделать скачок к принципиально новому знанию.

В споре с Пеано, Расселом и их единомышленниками Пуанкаре использует термин «интуиция» в самых различных смыслах. При этом необходимо подчеркнуть, что интуиция Пуанкаре не имеет ни малейшего оттенка чего-то иррационального или мистического. Он, специально отмечая это, очень много внимания уделяет конкретному анализу роли интуиции. Неоднократно говорит он, например, об интеллектуальной и чувственной интуиции. Первая, по его мнению, лежит в основе математического творчества. Интеллектуальная интуиция позволяет математикам «не только доказывать, но еще и изобретать. Через нее-то они подмечают сразу общий план логического здания» (с. 218). Это очень редкий и богатый дар, считает Пуанкаре, лишь немногие владеют им. В то же время, он далек от того, чтобы преувеличивать достоинства интуитивного метода. «Интуиция не может дать нам ни строгости, ни даже достоверности — это замечается все больше и больше» (с. 208). Поэтому неизбежен, по его мнению, логический элемент в математике. «Логика и интуиция имеют каждая свою необходимую роль. Обе они неизбежны. Логика, которая одна может дать достоверность, есть орудие доказательства, интуиция есть орудие изобретательства» (с. 215).

По Пуанкаре, разум — слуга двух господ: логика доказывает, а интуиция творит. И та, и другая равно необходимы в математических исследованиях. И все же, чаша весов заметно

¹) Пуанкаре А. Математика и логика // Новые идеи в математике. — Пг.: Образование, 1915. — С. 146.

склоняется у Пуанкаре в пользу интуиции. Впрочем, это не удивительно. Ведь сколько раз именно интуиция приводила его к новым результатам, позволяла увидеть скрытые возможности. Об интуитивном характере своего творчества свидетельствует и он сам в знаменитом докладе 1908 года на заседании «Психологического общества», который вошел в книгу «Наука и метод» в виде главы под названием «Математическое творчество». Здесь Пуанкаре приводит примеры из раннего этапа своей научной деятельности, когда он работал над автоморфными функциями. Примеры эти стали ныне хрестоматийными и много раз уже цитировались в литературе о психологии научного творчества. Свидетельствуют они о том, что счастливая мысль осеняет творца, как правило, не в то время, когда он трудится над проблемой, а после того, как, не найдя решения и устав от бесплодных усилий, он временно откладывает задачу, забывает о ней. Идея рождается либо благодаря ничтожному намеку, либо же без всякого видимого толчка, свидетельствуя о подсознательной работе, совершающейся в мозгу независимо от воли и сознания. Эти наблюдения Пуанкаре полностью совпадают с тем, что сообщали до него Гельмгольц и Гаусс

Как и Гельмгольц, Пуанкаре отмечает, что «эти внезапные внушения не происходят иначе, как после нескольких дней волевых усилий, казавшихся совершенно бесплодными, так что весь пройденный путь в конце концов представлялся ложным. Но эти усилия оказываются в действительности не такими уж бесплодными, как это казалось, это они пустили в ход машину бессознательного, которая без них не стала бы двигаться и ничего бы не произвела» (с. 407). Скачок воображения лишь венчает длительные и упорные размышления над проблемой.

В процессе творческой работы, таким образом, Пуанкаре выделяет несколько этапов: после некоторого периода сознательной работы и неудачных попыток добиться результата наступает более или менее длительный перерыв, в течение которого бессознательная работа не прерывается, затем внезапно появляется решающая мысль. Наконец, последний этап — обязательная проверка результата. Известный голландский математик Бет сформулировал эту концепцию Пуанкаре так: «Подготовка, инкубация, вдохновение и проверка»¹⁾. Процесс инкубации идей или процесс бессознательной работы, как подчеркивал Пуанкаре, возможен, или, по меньшей мере, плодотворен, если ему предшествует и за ним следует период сознательной работы. Сознательная работа особенно необходима для обработки результатов вдохновения.

Не следует ли отсюда, что «я» подсознательное является чем-то высшим, чем «я» сознательное? — таким вопросом задается Пуанкаре после обсуждения своих примеров. Вопрос этот возник у него не даром. Именно к такому выводу пришел выступавший на заседании Психологического общества двумя месяцами раньше Эмиль Бутру, известный в то время философ-спиритуалист. По его мнению, бессознательное, к которому он относит и религиозное чувство, является источником наиболее

¹⁾ Beth E. W., Piaget J., *Mathematical Epistemology and Psychology*. — Dordrecht, 1966. — P. 89.

тонкого, истинного познания. Пуанкаре опасается, что доложенные им факты могут быть истолкованы как подтверждение идеалистических умозаключений Бутру. Поэтому он категорически заявляет: «Что касается меня, то я, признаюсь, отнесся бы к такому ответу далеко не сочувственно» (с. 409).

Столь же критически высказывается он о взглядах Бутру в другом своем докладе «Эволюция законов», сделанном им в 1911 году на IV Международном конгрессе по философии и включенном в книгу «Последние мысли». В целом ряде своих работ, например, «О случайности законов природы», «Об идее закона природы в современной науке и философии», Э. Бутру утверждает, что «законы природы не абсолютны, что их основа заключается в причинах, господствующих над ними, и что поэтому рассудочная точка зрения не может быть окончательной точкой зрения в познании вещей».

Пуанкаре был в прекрасных отношениях с самим Бутру, который был женат на его сестре, часто бывал в их доме и питал особую симпатию к их сыну, талантливому молодому математику Пьеру Бутру. Но это не мешало ему публично выступать, и неоднократно, против идеалистических философских доктрин Эмиля Бутру

Пуанкаре оказался прав, отдавая должную дань роли интуиции в математике и говоря о невыполнимости основной задачи логицизма — сведении математики к логике. Подход логицистов к математике был типично идеалистическим: все многообразие развития диалектически противоречивого реального мира они пытались втиснуть в прокрустово ложе формально логических принципов. Эта программа принципиально не могла быть реализована. Но прежде чем логицисты действительно столкнулись с неразрешимыми трудностями, Пуанкаре своей критикой уже развенчал их идеи¹⁾.

Борьба Пуанкаре против логицизма имела еще одно последствие. Она нанесла серьезный удар по логическому позитивизму, одной из опаснейших разновидностей неопозитивизма. Дело в том, что представители логического позитивизма, исходя из основных идей логицистов, пытаются свести философию к логике. Сущность философии, как заявлял Рассел, это формальная логика, и вообще, философия не отличима от логики И. С. Нарский справедливо подчеркивает, что основная идея логицизма — сведение математики к логике — для Рассела соответствовала отрицанию «роли математики, как науки о количественных и пространственных соотношениях объективного мира»²⁾. Что же касается проводимого Расселом по аналогии сведения философии к логике, то подобная попытка превращала «философию в науку о формальных преобразованиях чувственного «мате-

¹⁾ Подробнее анализ взглядов Пуанкаре на роль интуиции в математическом познании, характеристика воздействия Пуанкаре на становление математического интуитионизма см. в работе: Панов М. И. Анри Пуанкаре как предшественник интуитионизма в учении о математической интуиции // Некоторые философские вопросы физики и математики. — Краснодар, 1971. — С. 112—136.

²⁾ Нарский И. С. Философия Бертрана Рассела. — М.: Изд-во МГУ, 1962. — С. 27.

риала» познания, что уже соответствовало идеям неопозитивизма»¹). Поэтому выступления Пуанкаре против приверженцев логицизма имели значение не только для самой математики, но и для философии, для критики современного неопозитивизма. «Выступления Пуанкаре с критикой логицизма, поддержанные Бутру, Мейерсоном, Бреншвигом, имели важнейшее значение для ориентации французской философии. Они преградили в ней дорогу неопозитивизму, одним из источников которого был именно логицизм. В этом заключается позитивное философское значение антилогистской позиции А. Пуанкаре, поскольку она была одновременно направлена против той идеалистической интерпретации, которую давали логицизму Рассел и Уайтхед»²).

На раннем этапе своего научного творчества Пуанкаре весьма доброжелательно встретил канторовскую теорию множеств. Будучи молодым преподавателем Сорбонны, он участвовал в переводе на французский язык основополагающих работ Кантора и даже применял отдельные положения его теории в своих исследованиях по автоморфным функциям, по общей теории аналитических функций. Но в начале XX века Пуанкаре становится ярким противником теории множеств. Это сказалось на общем отношении к ней в среде математиков. Даже много лет спустя, в 1927 году, Д. Гильберт сетовал на то отрицательное влияние, которое оказали взгляды знаменитого французского ученого на научный престиж теории множеств: «К сожалению, Пуанкаре, самый плодовитый и богатый идеями среди математиков своего поколения, имел определенное предубеждение к теории Кантора, не позволившее составить справедливое мнение о великолепных понятиях, введенных Кантором»³). Но «предубеждение» Пуанкаре имело под собой довольно веское основание.

Как и многие другие математики, высшим критерием полноценности математической теории Пуанкаре считал ее непротиворечивость. Но как раз на рубеже двух веков в теории множеств выявились вопиющие противоречия, к которым приводят совершенно правильные в логическом отношении рассуждения. Именно эти неразрешимые парадоксы оттолкнули Пуанкаре от этой теории. Он отказывал ей в праве на существование, поскольку отдельные ее положения противоречили друг другу. Впрочем, Пуанкаре был не одинок в своем категорическом подходе к этому вопросу. Не мало было в те годы предложений избавить математику от разрушительных катастроф, вызванных парадоксами теории множеств, отказавшись от самой теории.

Пуанкаре выступал против трансфинитных чисел, введенных Кантором, против аксиоматики Цермело, против теории типов Рассела, критиковал непредикативные определения в математике. Аксиома Цермело, выдвинутая автором в 1904 году, привлекла особое внимание математиков. Ей посвящались и посвящаются многие сотни работ, включая целые книги. И это

¹) Нарский И. С. Философия Бертраана Рассела.— М.: Изд-во МГУ, 1962.— С. 27.

²) Кузнецов В. Н. Французская буржуазная философия XX века.— М.: Мысль, 1970.— С. 36.

³) Рид К. Гильберт.— М.: Наука, 1977.— С. 240.

не случайно. Поскольку эта аксиома выбора связана с более фундаментальными положениями математики, чем аксиома параллельности в геометрии, то непринятие ее привело бы к гораздо более глубокой перестройке традиционных представлений.

Последствия такого потрясения могли затронуть не только математику, но и вообще наши научные взгляды. Подчеркивая важность этой аксиомы и распространенность ее в математических рассуждениях, Пуанкаре выражает мнение о безнадежности попыток Рассела доказать аксиому выбора. По его мнению, она представляет собой априорное синтетическое суждение.

Пуанкаре явился инициатором современной постановки проблемы непредикативности. В качестве непредикативных определений он рассматривает определения, построенные по принципу порочного круга, когда рассуждение, приводящее к требуемому результату, само опирается на то, что с его помощью нужно определить. Наиболее полно свои взгляды на непредикативные определения Пуанкаре развил в статье «Логика бесконечного», вошедшей в книгу «Последние мысли». Скрытым источником непредикативности и всех противоречий в теории множеств Пуанкаре считает основное понятие этой теории — актуальную бесконечность. Ее необходимо исключить из математического обихода. Только в устранении непредикативных определений видит он возможность выхода из парадоксов теории множеств.

Первый такой парадокс обнаружил в 1897 году итальянский математик Бурали-Форти. Хотя Бурали-Форти не сумел преодолеть обнаруженного им противоречия, дело еще не представлялось слишком серьезным. Казалось, что небольшой пересмотр доказательств теорем мог бы спасти положение. Не поколебала этой уверенности и еще одна антиномия, обнаруженная Кантором в 1899 году. Эти парадоксы как будто бы не затрагивали самой сути теории множеств и имели вид лишь досадных случайностей на фоне всеобщего признания учения Кантора.

Как раз в это время теория множеств «входит в моду» и ее методы все шире и шире применяются в различных областях математики. Триумфом новой теории стало ее признание на I Международном конгрессе математиков в Цюрихе (1897). В обстановке такого успеха парадокс Бурали-Форти выглядел как нелепая случайность. Однако вскоре по теории множеств был нанесен тяжелейший удар открытием парадокса Рассела. От этого парадокса уже нельзя было так просто отмахнуться, поскольку он был обнаружен не где-то в хитросплетениях абстрактных построений, а вытекал прямо из определения множества, данного Кантором. Не приходится удивляться той бурной реакции ученых, которую вызвало сообщение о парадоксе Рассела.

После открытия парадокса Рассела новые антиномии посыпались как из рога изобилия: парадокс Ришара (1905), парадокс Греллинга (1908) и другие. Оказалось даже, что в теории множеств имеет место парадокс «лжеца», известный еще древним грекам. Все это подорвало доверие к теории множеств среди ученых.

Если бы речь шла о парадоксах, затрагивающих какой-нибудь частный раздел математики, то можно было бы «отсечь» этот загнивший росток от «здорового» математического

древа. Но с теорией множеств так нельзя было поступить, потому что она стала основанием практически всей математики. Ее понятия и методы широко использовались в самых различных областях математики, многие из разделов которой перестраивались на теоретико-множественной основе. Теория множеств превратилась в своего рода фундамент математики. Обнаружение парадоксов показало, что фундамент самого этого фундамента является весьма непрочным. Академик А. Д. Александров так характеризует создавшуюся тогда ситуацию: «Теоретико-множественная установка оказалась подорванной, и вместе с нею оказалось подорванным все стройное здание математики. В верхних его этажах шло энергичное строительство: кирпичики теорем, соединяемые цементом логики, укладывались в рамки уже определившихся разделов и воздвигались каркасы новых теорий, но в теоретико-множественном фундаменте обнаружилось расширяющиеся трещины парадоксов и под ними зыбучие пески и топи логических трудностей»¹⁾.

Самые основы математики и логики оказались пораженными неразрешимыми противоречиями. Произошло крушение, казалось бы, незыблемых понятий и представлений. Налицо был кризис оснований математики. И даже не сами парадоксы говорят об этом кризисе. Гораздо более убедительно о кризисе свидетельствует тот факт, что попытки преодолеть антиномии выявили далеко идущие и неожиданные расхождения мнений по поводу самых основных математических понятий.

Этот кризис резко обострил борьбу между такими течениями как логицизм, интуиционизм и формализм. Выступления Пуанкаре против логицизма и допустимости актуальной бесконечности, разработка им учения о математической интуиции были одним из источников возникновения интуиционизма как одного из направлений в обосновании математики. Для сторонников интуиционизма характерно отвержение абстракции актуальной бесконечности и «чистых» теорем существования, а также неприятие неограниченного применения закона исключенного третьего. Интуиционисты рассматривают математические объекты как конструктивные. Большое внимание уделяется анализу роли интуиции в математическом познании.

Позиция Пуанкаре может рассматриваться как весьма близкая к интуиционизму. Близость идей Пуанкаре и основоположника интуиционизма Брауэра многие исследователи отражают даже в названиях взглядов Пуанкаре. Френкель и Бар-Хиллел определяют его позицию как ранний интуиционизм, Бет — как полуинтуиционизм. Сам Брауэр охарактеризовал Пуанкаре как одного из руководителей пред-интуиционистской школы²⁾.

* * *

В книгах, посвященных общим вопросам науки, Пуанкаре уделил большое внимание проблемам теоретической физики того

¹⁾ Александров А. Д. Математика и диалектика. Сиб. мат. ж. — 1970. — Т. 11, № 2. — С. 247.

²⁾ Brouwer L. E. J. Historical Background, Principles and Methods of Intuitionism//South African J. Sci. — 1952. — V. 49, № 3—4. — P. 140.

времени, оказавшейся неспособной дать объяснение целому ряду новых экспериментальных фактов. Особый интерес представляют те главы, в которые были включены его официальные доклады на международных конгрессах. Так, в книге «Наука и гипотеза» излагается доклад Пуанкаре на Международном физическом конгрессе 1900 года, в котором дается глубокий анализ назначения теоретической физики и той роли, которую играют в науке различные по своей сущности гипотезы. Эти общие вопросы теории познания и сейчас сохраняют свое актуальное значение.

Физический конгресс 1900 года, проходивший в дни Всемирной парижской выставки, был первым международным форумом физиков. Откликнувшись на призыв французского Физического общества, в Париж съехались почти все знаменитости этой науки. Рабочие заседания конгресса начались с доклада Пуанкаре. «Опыт — единственный источник истины: только опыт может научить нас чему-либо новому, только он может вооружить нас достоверностью», — провозглашает Пуанкаре (с. 116). Но уже в следующей фразе он ставит вопрос: если опыт есть все, то где же место теоретической физики? И автор последовательно и обстоятельно развивает свои взгляды на эту проблему.

«...Всякое обобщение до известной степени предполагает веру в единство и простоту природы. Допущение единства не представляет затруднений» (с. 120): Но вот тезис — «природа любит простоту» — постоянно оспаривается и подвергается сомнению. Между тем, по твердому убеждению Пуанкаре, «те, которые не верят, что законы природы должны быть просты, все же часто бывают вынуждены поступать так, как если бы они разделяли эту веру. Они не могли бы совершенно отрешиться от этой необходимости, не разрушая тем самым всякой возможности обобщения, а следовательно, и науки» (с. 120). Ведь если не руководствоваться критерием простоты, то невозможно выбрать какое-либо теоретическое обобщение из бесчисленного множества различных вполне осуществимых обобщений.

«Изучая историю науки, — отмечает Пуанкаре, — мы замечаем два явления, которые можно назвать взаимно противоположными: то за кажущейся сложностью скрывается простота, то, напротив, видимая простота на самом деле таит в себе чрезвычайную сложность» (с. 121). Но независимо от того, какая из этих ситуаций реализуется на самом деле, в науке, по мнению докладчика, в любом случае, следует предпочесть сначала простейшее обобщение. В дальнейшем более точные и совершенные опыты либо подтвердят истинность этой простоты, либо вынудят ученых пойти на усложнение и выбрать другое, более истинное обобщение. Иначе говоря, докладчик утверждает, что во всех случаях надо исходить из гипотезы простоты природы. Этот принцип построения физических теорий, который впоследствии стали называть «принципом простоты», особенно важно было уяснить в период глубокого кризиса физики, когда перед учеными встала проблема обобщения совершенно новых экспериментальных фактов и построения новых физических теорий.

Вслед за этим Пуанкаре рассмотрел различные типы гипотез, используемых в физике. Говоря о физических гипотезах, допускающих непосредственно экспериментальную проверку, он особо подчеркнул принципиальную важность того случая, когда

гипотеза ученого оказывается опровергнутой опытом. «...Физик, который пришел к отказу от одной из своих гипотез, должен был бы радоваться, потому что тем самым он нашел неожиданную возможность открытия, — говорит Пуанкаре. — Я предполагаю, что его гипотеза не была выдвинута необдуманно, что она принимала в расчет все известные факторы, могущие помочь раскрыть явление! Если она не оправдывается, то это свидетельствует о чем-то неожиданном, необыкновенном; это значит, что предстоит найти нечто неизвестное, новое» (с. 124).

К особо опасным гипотезам Пуанкаре отнес те из них, которые принимаются неосознанно и незамеченными проникают в систему научных знаний.

Некоторые гипотезы докладчик назвал безразличными. Они никак не влияют на результат теоретического предсказания, а привлекаются либо из-за слабости человеческого разума, испытывающего загромождения в толковании некоторых явлений без вспомогательных представлений, либо для того, чтобы облегчить математическое решение задачи. «Этого рода безразличные гипотезы никогда не представляют опасности, лишь бы только природа их была ясно понимаема. Они могут быть полезными то в качестве вычислительного приема, то как некоторая конкретная опора для нашей мыслительной способности. Поэтому нет оснований их осуждать» (с. 126). К таким гипотезам Пуанкаре причислил предположение о непрерывности материи или противоположную ему гипотезу об атомарном ее строении, а также все предположения о физических свойствах «тонких субстанций, которые под именем эфира или под каким-либо другим именем во все времена играли столь значительную роль в физических теориях» (с. 136). Эфир, наделяемый механическими свойствами, он уподобляет некогда принятому в науке «теплороду» и ставит под сомнение его истинное существование. «Гипотезам этого рода свойствен лишь метафорический смысл... — утверждает Пуанкаре. — Они могут быть полезны, как средство достигнуть умственного удовлетворения» (с. 133).

Такой подход к проблеме эфира был в то время далеко не общепринятым. Например, в докладе знаменитого лорда Кельвина, сделанном на том же пленарном заседании, проповедывались прямо противоположные взгляды.

И, конечно же, Пуанкаре не мог обойти молчанием все удивительные открытия последних лет — открытия лучей Рентгена, лучей, испускаемых ураном и радием. «Тут целый мир, о существовании которого никто и не догадывался. Всех этих неожиданных гостей надо определить к месту! Никто не может еще предвидеть, какое именно место они займут. Но я думаю, что они не разрушат общего единства, а скорее дополнят его собою», — уверенно заключает он (с. 145).

В этом обзорном докладе крупнейший теоретик и глубокий мыслитель поднимал важнейшие для того времени проблемы научного познания, в общих чертах намечая пути решения труднейших физических проблем. И это не были советы приверженца старых концепций, Пуанкаре в самом широком смысле рассматривал теоретическое обобщение опытных данных, не связывая его с механическим представлением. От будущих теорий он требовал лишь выполнения основных физических принципов, в которых усматривал самое общее проявление единства природы

в котором посвятил основную часть своего доклада на одном из следующих международных конгрессов.

В книгу «Ценность науки» Пуанкаре включил свое выступление в сентябре 1904 года на Международном конгрессе искусства и науки, проходившем в городе Сент-Луисе (США). Он выступил тогда с программным докладом «Настоящее и будущее математической физики». Доклад этот замечателен не только глубоким анализом состояния физики накануне крупнейшего преобразования ее теоретических основ, но и необычайно точными предсказаниями предстоящих изменений физических законов.

Можно без преувеличения сказать, что этот обзор всех основных трудностей классической физики был не только первым, но и единственным в течение многих последующих лет. И раньше высказывались отдельные сомнения и слышались призывы искать новые пути преодоления встретившихся трудностей, но не было общей оценки сложившейся ситуации в физике, как кризисной. Только в этом докладе Пуанкаре впервые было подытожено состояние физики в целом и твердо заявлено: «есть признаки серьезного кризиса». После этого многие будут говорить о кризисе физики конца XIX — начала XX века. А не так давно авторитетнейший ученый того времени — лорд Кельвин — в одной из своих лекций благодушно сравнил физику с кораблем, благополучно миновавшим подводные рифы и мели и вошедшим в спокойную гавань. Лишь два небольших облачка, по его мнению, омрачали пока небосвод науки — это затруднения в теории излучения и в электродинамике движущихся тел. Но, как выяснилось впоследствии, именно эти два облачка явились теми грозными тучами, которые нависли над основами классической физики.

«Имеются признаки серьезного кризиса, и нам как будто следует ждать близких перемен», — утверждает Пуанкаре (с. 300). При этом под сомнение ставится основа основ всей физики — ее принципы. К таким основополагающим принципам Пуанкаре относит: принцип сохранения энергии, принцип Карно, играющий роль второго начала термодинамики, принцип равенства действия противодействию, принцип относительности и принцип сохранения массы. К ним он добавляет еще принцип наименьшего действия. В этих принципах сконцентрирована вся накопленная веками мудрость физики как науки. «Приложение этих пяти или шести общих принципов к различным физическим явлениям является достаточным средством узнать то, на познание чего мы можем разумно рассчитывать» (с. 304). В чем сила достоверности этих принципов? В их общности, утверждает Пуанкаре. «Действительно, чем они более общи, тем чаще представляется случай поверять и контролировать их, и результаты проверок, накопляясь, принимая самые разнообразные, самые неожиданные формы, в конце концов уже не оставляют места сомнению» (с. 305). И вот над этими-то принципами нависла в последние годы угроза ниспровержения, причем над каждым из них в отдельности. Не только закон сохранения энергии подвергается сомнению; рассмотрев принципы физики один за другим, можно увидеть, что все они находятся в опасности. И далее Пуанкаре переходит к такому подробному рассмотрению.

До предела сгустив краски при описании тревожного состояния физики, Пуанкаре выразил уверенность в том, «что этот кризис будет благотворным, ибо история прошлого, по-видимому, дает в этом гарантию» (с. 301). При этом он вовсе не считает, что тревога была напрасной и классическая физика останется невредимой. Нет, он предсказывает самые неожиданные изменения законов физики и говорит о том, что принципы могут быть сохранены ценою огромных усилий, уже предпринятых и только еще предстоящих. Докладчик признает необходимость коренной перестройки многих существующих теорий для преодоления встретившихся трудностей, за исключением созданной Лоренцем электродинамики движущихся тел. Но эта ломка, по его убеждению, не должна отвергнуть основные принципы физики. Он допускает лишь возможность изменения их формы. Пуанкаре говорит о том, что оставшиеся среди руин старой физики общие принципы предстоит отыскивать в новом одеянии.

Теперь, когда давно отшумела буря над физикой и на ее могучем острове возникли стройные здания современных теорий, нелегко представить себе то смутное время сомнений в самых основных физических принципах. Нужно забыть на минуту о всех возникших позже новых представлениях физики XX века, чтобы по достоинству оценить значение программного доклада Пуанкаре, в котором он дал ключевую основу для поиска новых физических закономерностей — совокупность основных принципов, сохраняющих свое значение и в новой физике. Особенно подчеркивал Пуанкаре незыблемость закона сохранения энергии, который, по его мнению, не смогут поколебать никакие будущие открытия. Это убеждение высказывалось им и раньше, на Первом физическом конгрессе в Париже.

В науке после этого произошла самая крупная революция за все время ее существования. Коренному преобразованию подверглись основные физические представления. Были установлены совершенно необычные физические законы, действующие при околосветовых скоростях и в мире мельчайших частиц. Но все отмеченные Пуанкаре общие принципы и по сей день сохраняют свое значение, действуя в современной физике в преобразованном виде¹⁾. Пуанкаре весьма проникательно наметил стержневую линию новой физики, ее остов из основных принципов, связывающих ее с классической физикой.

Вовреки своему намерению не делать прогнозы, из опасения допустить нелепость с точки зрения будущих поколений физиков, Пуанкаре дал в докладе удивительно меткие указания «горячих точек» физики, в которых следовало ожидать рождения принципиально новых закономерностей. И оправдались не просто многие из этих пророчаний, а буквально все. Современные ученые не находят ни одной нелепости в его смелых суждениях. История науки не знает другого такого труда, в кото-

¹⁾ Так, в современной релятивистской механике изменилось выражение энергии через скорость движения, а принцип сохранения масс тел стал относиться к полным массам с учетом их возрастания при увеличении скорости. При этом принцип сохранения масс слился с преобразованным принципом сохранения энергии.

ром с такой полнотой и с такой конкретностью были бы предсказаны грядущие преобразования в физике. Причем в своих предсказаниях Пуанкаре сохранял свойственную ему конкретность суждений, смягчая смелость детального прогнозирования предположительной формой своих высказываний.

Закljučая доклад осторожным заявлением: «мы не в состоянии предвидеть, в каком направлении пойдет дальнейшее развитие», Пуанкаре тут же проявляет гениальную прозорливость: «Тогда физический закон получил бы совершенно новый вид: он не был бы уже только дифференциальным уравнением, но приобрел бы характер статистического закона» (с. 324). Столь же определенно предсказывал Пуанкаре и неизбежность открытия новых законов движения электронов в атомах, объясняющих загадочное распределение линий излучения в спектрах. «Эти явления еще не объяснены, — говорит он, — и я думаю, что здесь перед нами одна из наиболее важных тайн природы» (с. 322).

По поводу невозможности обнаружения абсолютного движения Пуанкаре высказал в конце доклада предположение: «Возможно также, что нам придется создать совершенно новую механику, которую мы сейчас лишь смутно предугадываем». Но это «смутное предугадывание» он характеризует весьма четким определением сущности будущей релятивистской теории: «В этой механике инерция возрастала бы вместе со скоростью, и скорость света являлась бы непреодолимым пределом» (с. 324).

В осуществлении своего пророчества Пуанкаре сам сыграл выдающуюся роль. Тема относительности движения неслучайно занимает важное место во всех четырех книгах. На протяжении многих лет он постоянно обращается к обсуждению этой проблемы, оказывая плодотворное влияние на других ученых, занятых ее решением. А в 1905 году Пуанкаре завершает наиболее полное и строгое в математическом отношении построение новой физической теории, получившей затем название теории относительности. С созданием этой теории был успешно преодолен один из самых тяжелых кризисов классической физики, связанный с крушением надежд на обнаружение движения тел относительно эфира.

Начиная с Ньютона, ученые XVIII и XIX веков мысленно заполняли все мировое пространство некоторой универсальной средой — эфиром, пронизывающим даже сплошные тела. Этот единый материальный носитель обуславливал все известные тогда явления физического мира, но сам был ненаблюдаемой субстанцией. В течение полутора столетий эфир так и оставался вне досягаемости физического эксперимента, а следовательно — за пределами научного знания. После того, как физикам стала ясна фундаментальность электромагнитных явлений, их невидимость к механическим явлениям, они отказались от безуспешных поисков проявлений механических свойств эфира. Он стал выступать материальным носителем свойств непосредственно самого электромагнитного поля. Но и в этом новом облике эфир продолжал оставаться особой идеальной средой, невидимой и невесомой, недоступной опытному познанию. Только в последней четверти XIX века появилась, наконец, надежда окончательного решения этой проблемы, когда физики стали проводить на самом высоком уровне оптические и электромагнитные опыты,

с помощью которых надеялись обнаружить движение Земли относительно неподвижного мирового эфира.

Одним из решающих экспериментов был знаменитый опыт Майкельсона — Морли Достигнутая в нем точность измерений обещивала возможность обнаружения эффектов, обусловленных «эфирным ветром» при движении Земли вокруг Солнца. Но вопреки ожиданиям опыт дал отрицательный результат, что поставило физику перед совершенно непреодолимыми, казалось бы, затруднениями. Распутать возникший клубок противоречий в большой степени помогло активное участие Пуанкаре в обсуждении всей проблемы. Его склонность к критическому анализу и способность находить правильные решения в самых запутанных обстоятельствах позволили ему раньше других ученых прийти к важным выводам и выдвинуть новые положения, которые легли в основу будущей теории относительности

В серии статей, опубликованных в 1895 году¹⁾, он приходит к важному заключению о том, что принцип относительности строго выполняется для оптических и электромагнитных явлений. В докладе на Физическом конгрессе 1900 года Пуанкаре еще подробнее излагает свое критическое отношение к надеждам некоторых ученых обнаружить абсолютное движение Земли в более точных оптических и электрических опытах и говорит о необходимости экспериментального ответа на поставленный им прямой вопрос: «Что касается нашего эфира, то существует ли он в действительности?» Он считает необходимым допустить существование эфира лишь в том случае, если эксперимент покажет, что световые и электрические явления видоизменяются вследствие движения Земли. Наступит ли это когда-нибудь? На этот вопрос Пуанкаре склонен ответить отрицательно: «Я, вопреки Лоренцу, не думаю, чтобы когда-нибудь более точные наблюдения могли обнаружить нечто иное кроме относительных перемещений материальных тел» (см с 139)

Пуанкаре неоднократно обращал внимание на недостаточность придуманного Лоренцем объяснения результата, полученного Майкельсоном и Морли Вместе с тем он считает, что теория Лоренца является «наиболее удовлетворительной из всего, что мы имеем ; она, бесспорно, лучше всех истолковывает известные нам факты, освещает больше реальных отношений, чем любая другая, и свойственные ей черты войдут в наибольшем числе в будущее окончательное построение» (с 141) Эта ориентация, с одной стороны, на теорию Лоренца, в которой скорость света принималась не зависящей от движения его источника, а с другой стороны, на строгое выполнение принципа относительности, указывала тот единственно верный путь, который вел к созданию теории относительности Однако, намеченное Пуанкаре объединение теории Лоренца и принципа относительности упиралось в противоречие, которое в силу ограниченности существовавших тогда основных научных представлений казалось непреодолимым Поскольку скорость света в эфире была постоянной и не зависела от движения источника света, то в перемещающейся относительно эфира материальной системе свет должен был распространяться с различной скоростью в

¹⁾ Выдержки из этих статей опубликованы на русском языке в кн. Принцип относительности. — М.: Атомиздат, 1973.

разных направлениях Это явно расходилось с утверждением принципа относительности, Чтобы привести в соответствие эти два положения, необходимо было коренным образом изменить представление о пространстве и времени.

Первый решающий шаг в этом направлении был сделан Пуанкаре, который показал несостоятельность представлений об абсолютном времени и абсолютной одновременности для разноместных событий, опираясь на вполне конкретный экспериментальный факт — конечность скорости передачи самого быстрого материального сигнала, скорости света

В 1898 году один из выпусков широко известного тогда французского научного журнала открылся статьей Пуанкаре «Измерение времени». На протяжении почти тринадцати страниц автор основательно анализирует такие простые, казалось бы, понятия, как равенство двух промежутков времени и соответствие между собой моментов времени в разных точках пространства Его рассуждения показывают, что понятие времени казалось до сих пор очень простым только потому, что о нем серьезно не задумывались Принимая абсолютное время, классическая физика, оказывается, делала ряд неявных допущений, с которыми следовало бы расстаться после того, как убедились в конечном значении скорости света Даже определение скорости движения основывалось на представлении о равномерном и одинаково идущем во всех точках пространства времени Задание величины скорости подразумевает отсчет времени хотя бы в двух пространственно разделенных точках. Но полученный таким способом временной интервал имеет смысл только в том случае, когда решен вопрос о приведении в соответствие времен в разных точках пространства. Для этого недостаточно установить одинаковость хода времени в этих точках, необходимо также согласовать начало его отсчета или, как принято говорить, установить одновременность

Как же установить эти характеристики времени в реальной действительности, если самый быстрый процесс — это распространение света, скорость которого тоже конечна? Этот вопрос Пуанкаре подвергает детальному анализу, рассматривая те измерительные процедуры, с помощью которых понятию времени придается физический смысл Полученный им ответ казался его современникам весьма неожиданным и однозначным. абсолютного времени и абсолютной одновременности в природе не существует. Лишь на основе условного соглашения, конвенции, можно считать равными длительности двух промежутков времени и одновременно двумя явления, происшедшие в разных точках пространства.

Это было совершенно новое, «неклассическое» понимание времени и одновременности. Введенное в науку на самом закате прошлого века, знание это принадлежало уже надвигающемуся столетию и сыграло в нем первостепенную роль Только во второй половине нашего столетия и то после долгих лет сомнений и недопонимания получило должную оценку и другое положение, сформулированное Пуанкаре в статье 1898 года. Рассматривая взятое в качестве примера утверждение астронома о том, что «звездное явление, которое он видит в настоящее время, произошло 50 лет назад», автор вскрывает в нем неявное допущение о постоянстве скорости распространения

света во всех направлениях. Принципиально невозможно измерить скорость распространения света в одном каком-нибудь направлении. Измерению подлежит лишь усредненная скорость прохождения светом некоторой протяженности в двух противоположных направлениях. Поэтому предположение о равенстве двух противоположных по направлению скоростей света является только условным соглашением. Это обстоятельство и сейчас еще нередко упускают из вида при обсуждении возможностей экспериментальной проверки отдельных положений теории относительности, что лишний раз характеризует всю глубину анализа, проведенного Пуанкаре в конце прошлого века.

В первой своей книге Пуанкаре ограничился лишь тезисами, отрицающими существование абсолютного времени и абсолютной одновременности, ссылаясь на работу «Измерение времени», где эта проблема подробно им рассмотрена. В следующей книге «Ценность науки» он счел необходимым привести целиком свою статью 1898 года. К сожалению, в этих книгах не отражен следующий этап его творчества: непосредственное участие Пуанкаре в создании теории относительности на основе выдвинутых им ранее исходных положений. Между тем, не оценив подлинный вклад французского ученого в создание этой теории, трудно понять и интерпретировать некоторые особенности его более поздних выступлений по теории относительности, включенных в настоящее издание (статьи «Пространство и время» и «Новая механика» в книге «Последние мысли»). Поскольку этот вопрос недостаточно освещен в научно-исторической и научно-популярной литературе, то мы решили уделить ему внимание в этой статье.

В самом конце XIX века были уже найдены новые преобразования пространственно-временных координат, составляющие основу будущей физической теории. Были получены также самые необычные следствия этой теории о сокращении длин отрезков и расширении временных интервалов. В работах Г. А. Лоренца и английского физика Дж. Л. Лармора контуры новой теории, приводящей к революционному преобразованию всей физики, проступали весьма отчетливо. Но ограниченное применение в этих работах новых пространственно-временных преобразований лишь для уравнений электродинамики на самом деле не обеспечивало всеобщности принципа относительности. Например, инвариантными относительно новых преобразований оставались законы механики. Поэтому-то в своем докладе на конгрессе в Сент-Луисе Пуанкаре специально подчеркивал, что может потребоваться совершенно новая механика быстрых движений. В этом состояло глубокое понимание французским ученым того факта, что проблема электродинамики движущихся тел затрагивает общие свойства физических процессов и требует пересмотра основ другой науки — механики.

Однако, необходимый шаг в этом направлении уже был сделан Лоренцем в апреле 1904 года, когда он предложил найденный им для электронов закон неограниченного возрастания массы при приближении их скорости к скорости света распространить на любые механические объекты. Аналогичное обобщение предлагалось для преобразования сил из одной системы координат в другую. Правда, идеи эти не были развиты до общих уравнений новой механики и даже высказаны они были

как бы мимоходом. Но у Пуанкаре нет и тени сомнения в том, что статья Лоренца представляет собой смелое посягательство на незыблемые основы классической механики. Он усмотрел в ней четкую формулировку новых начал необычной механики сверхвысоких скоростей, и тут же подключился к дальнейшей разработке новой теории. Найдя конкретное указание на необходимое изменение механики, Пуанкаре смог теперь соединить в единую стройную систему разрозненный и непоследовательно изложенный материал последней статьи Лоренца. В приведении механики в соответствие с теорией движения электронов он увидел окончательное доказательство невозможности наблюдения абсолютного движения. В этом понимании сути содержащегося в работе Лоренца полного решения проблемы электродинамики движущихся тел Пуанкаре далеко превзошел и самого автора, и всех других физиков того времени.

Как и обычно, первое сообщение о проведенном исследовании Пуанкаре сделал перед своими коллегами по Академии. Оно было опубликовано в «Comptes Rendus» от 5 июня 1905 года под названием «О динамике электрона». Прежде всего в статье отмечалось, что последняя работа Лоренца решила проблему невозможности обнаружить движение по отношению к эфиру. Собственные же результаты были охарактеризованы автором в весьма скромных тонах, как некоторое дополнение и видоизменение исследований Лоренца.

Чрезмерная сдержанность и умеренность в оценке плодов своего труда всегда были свойственны Пуанкаре, начиная с первых его работ по фуксовым функциям. В этом же случае они оборачивались явной недооценкой собственного вклада в развитие новой физической теории. Между тем, даже из предварительного краткого изложения итогов его работы, помещенного в «Comptes Rendus», можно было понять, что речь идет о совершенно новых, принципиально важных результатах. К ним относился вывод о том, что преобразования, связывающие пространственно-временные координаты двух систем отсчета, должны образовывать математическую группу, и что полученное Лоренцем преобразование удовлетворяет этому обязательному условию. К фундаментальным результатам относилась также впервые высказанная идея о необходимости привести теорию тяготения в соответствие с преобразованиями Лоренца. Примерно через полтора месяца в печать была направлена обширная статья под тем же названием «О динамике электрона», содержащая подробное изложение всех полученных Пуанкаре результатов.

Выведенные в этой работе соотношения для преобразования из одной системы координат в другую электрического заряда и тока позволили автору доказать в самом общем случае, что уравнения электромагнитного поля не изменяются при полученных ранее пространственно-временных преобразованиях, которые он предложил назвать «преобразованиями Лоренца». Неизменность, инвариантность уравнений электродинамики относительно этих преобразований становится в работе Пуанкаре прямым следствием принципа относительности. И это новое понимание выступает у него единым подходом ко всем областям физических явлений. Требование инвариантности всех законов физики относительно преобразований Лоренца являлось новой,

более строгой в математическом отношении формулировкой универсального принципа относительности

Но наиболее кардинальным выглядело изменение законов тяготения, которое Пуанкаре представлял естественным следствием принятого во всей общности постулата относительности, как полного отрицания всякой возможности наблюдать эфир. Перестройка теории тяготения в соответствии с принципом относительности имела особое значение как начало становления новой, так называемой релятивистской теории гравитации.

Именно в изложении французского ученого новая физическая теория обрела строгую математическую форму. Он первым ввел в нее четырехмерное представление, добавив к трем пространственным координатам четвертую — собственное время системы отсчета, умноженное на скорость света и мнимую единицу. Каждая точка в такой необычной геометрии изображала мгновенное событие, происходящее в определенном пункте пространства и в определенный момент времени. Этот формализм четырехмерной геометрии позволил Пуанкаре установить абсолютные величины новой теории, которым соответствовали инвариантные соотношения, остающиеся неизменными при всех преобразованиях из одной системы отсчета в другую. Наглядный геометрический смысл был установлен, например, для одного из важнейших инвариантов теории, который изображался четырехмерным интервалом, т. е. расстоянием в четырехмерном мире между двумя его точками. Эта величина оказалась независимой от выбора системы координат. Сами же преобразования Лоренца удобно представлялись простым поворотом осей координат в четырехмерном пространстве. Позднее в работе Пуанкаре были обнаружены также и релятивистские уравнения аналитической механики.

Статья Лоренца, дав толчок для дальнейших теоретических исследований, не оказала сколько-нибудь существенного влияния на последующий процесс утверждения и признания новой теории. Иначе и быть не могло, поскольку сам автор активно не признавал новаторское начало в своих исследованиях. Но и в работе Пуанкаре не удалось решить эту проблему. Слишком краткими были объяснения, содержащиеся в обеих его публикациях. Верный своему стилю написания научных работ Пуанкаре не повторял прежних своих разъяснений смысла «местного» времени и одновременности, их связи с постулатом о постоянстве скорости света. Между его теоретическим исследованием и работой Лоренца образовался трудный для понимания пробел. Это обстоятельство, а также публикация его подробной статьи в математическом журнале, мало читаемом физиками, в значительной мере объясняют, почему фундаментальное исследование Пуанкаре не оказало заметного влияния на взгляды широких кругов ученых в период осознания уже сложившейся теории относительности. Но эти причины не могли, конечно, помешать отдельным исследователям воспринять содержащиеся в работе Пуанкаре совершенно новые идеи. И мы действительно находим в трудах других ученых использование и дальнейшее развитие его идеи о преобразовании теории тяготения Ньютона с целью приведения ее в соответствие с принципом относительности, а также идеи четырехмерного представления теории относительности.

Для признания новой теории решающую роль сыграла работа неизвестного тогда в научных кругах автора. В 1905 году, в сентябрьском номере немецкого журнала «Анналы физики» появилась статья, написанная молодым экспертом швейцарского патентного бюро в Берне Альбертом Эйнштейном. В статье излагалась теория относительности, решавшая проблему электродинамики движущихся тел.

Статья Эйнштейна поступила в редакцию журнала 30 июня 1905 года, то есть уже после того, как было опубликовано в «Comptes Rendus» краткое сообщение Пуанкаре, но опережала его более подробную статью, полученную редакцией итальянского журнала 23 июля того же года и вышедшую в свет в январе 1906 года. Изложение велось молодым автором в довольно необычной для научных публикаций манере, без указания идей и результатов, заимствованных из других исследований, без сопоставления полученных выводов с итогами более ранних попыток решения той же проблемы. Статья не содержала буквально ни одной литературной ссылки. При чтении ее создавалось впечатление о полной оригинальности как постановки, так и решения задачи, о первооткрытии всех изложенных там результатов. Только путем сопоставления фактически использованных в этой работе положений с ранее опубликованными статьями на данную тему можно установить несомненную связь развиваемых автором идей с высказываниями предшественников, и в первую очередь — с идеями, опубликованными за несколько лет до этого Пуанкаре. По этой причине мы несколько задержимся на рассмотрении знаменитой работы Эйнштейна 1905 года.

Что касается постановки задачи о теории, удовлетворяющей принципу относительности, то она, конечно же, совпадала во всех трех работах разных авторов: Лоренца, Пуанкаре и Эйнштейна. Разница состояла лишь в том, что Лоренц указывает источник такой постановки — одно из ранних выступлений Пуанкаре по этому вопросу, а Эйнштейн дает обоснование принципа относительности без всякой ссылки на первоисточник. Всего несколько слов сказал он об экспериментальном обосновании этого принципа, не обсуждая конкретных опытов и даже не упоминая решающий эксперимент Майкельсона — Морли. Эта краткость вполне естественна, если признать, что он считал принцип относительности уже всесторонне обсужденным в научной литературе. И действительно, у этой фундаментальной идеи был вполне конкретный автор — Анри Пуанкаре. Ему пришлось неоднократно высказывать и с энтузиазмом отстаивать ее, поскольку она противоречила глубоко укоренившимся убеждениям о существовании светового эфира. Удивительная проницательность Эйнштейна как раз в том и состояла, что он одним из немногих воспринял и осознал значение этой идеи. Заслуга Эйнштейна состояла также и в том, что он использовал идею принципа относительности в качестве исходного положения своей теоретической системы, то есть так, как и предлагал Пуанкаре. В этом состояло отличие его подхода от подхода Лоренца.

Для построения теории Эйнштейну понадобился еще один исходный постулат: о независимости скорости света от движения источника. Эта необходимая предпосылка никак им не

обосновывалась. Появление ее в исследовании Эйнштейна не легко объяснить, поскольку ничего еще не было известно об экспериментальном наблюдении такого факта, и, следовательно, опытом она не могла быть подсказана. В электродинамике Лоренца и Лармора, а следовательно, и в теоретических построениях Пуанкаре, внимательно следившего за их работами, это положение вытекало как естественное следствие из концепции неподвижного эфира. Но Эйнштейн с самого начала отказался от всякого использования этого понятия. Поэтому появление в его работе без всякой мотивировки постулата о независимости скорости света от движения источника, находившегося, к тому же, в кажущемся противоречии с первым исходным принципом его теории, было явно непоследовательным шагом. Происхождение этого постулата у Эйнштейна можно было бы объяснить анализом предшествующих работ по электродинамике движущихся тел. Но в его статье нет никаких указаний на этот счет. Только позднее Эйнштейн признался в том, что принцип постоянства скорости света был подсказан ему теориями, основывающимися на гипотезе неподвижного эфира. Так, в работе 1912 года он писал: «Чтобы заполнить этот пробел, мы ввели позаимствованный из лоренцевской теории покоящегося эфира принцип постоянства скорости света..»¹⁾

Отличительной особенностью работы Эйнштейна была четкая постановка вопроса о решении проблемы электродинамики движущихся тел за счет пересмотра понятий, связанных с пространственно-временными соотношениями. Центральное место в его статье отводилось определению одновременности разноместных событий. Отмечалось, что физическое описание движения подразумевает всегда использование времени в различных точках пространства, а это возможно только в том случае, если установлено временное соответствие между событиями в этих точках и выяснено, какие из этих событий являются одновременными. Затем автор приводит определение одновременности показаний двух часов, пользуясь мысленным экспериментом по синхронизации их с помощью светового сигнала и принимая при этом допущение о равенстве времен, затрачиваемых светом на прохождение расстояния между часами в прямом и обратном направлении.

Сама постановка вопроса об одновременности и определение этого понятия на основе постоянства скорости света — все это совпадало с объяснениями, приведенными впервые Пуанкаре еще в 1898 году в статье «Измерение времени». А мысленное оперирование вместо времени более конкретным понятием — часами, синхронизация которых производится световым сигналом, — это уже были детали, характерные исключительно для того столкновения «местного» времени Лоренца, которое было дано Пуанкаре в работе 1900 года и повторено затем на конгрессе в Сент-Луисе. Но в статье Эйнштейна изложение этих пунктов непосредственно предшествовало рассмотрению электродинамики движущегося тела, что значительно облегчало усвоение всей теории. Вот почему работа молодого ученого обратила

¹⁾ Эйнштейн А. Собрание научных трудов, т. 1, — М.: Наука, 1965. — С. 219,

на себя внимание и в дальнейшем способствовала усвоению идей теории относительности в большей мере, чем труды его знаменитых предшественников.

Самое существенное отличие работы Эйнштейна от предыдущих состояло в понимании того факта, что те же самые релятивистские эффекты возникают и для «покоящейся» системы, если, в свою очередь, ее сопоставить с движущейся системой. Об этом в статье была сказана всего одна фраза: «Ясно, что те же результаты получаются для тел, которые находятся в покое в «покоящейся» системе и которые рассматриваются из равномерно движущейся системы». Но именно эта фраза характеризовала другой уровень понимания открытых ранее эффектов теории относительности.

Вопрос, связанный с обратными преобразованиями, в основной работе Пуанкаре получил лишь формальное освещение. Отмеченные им групповые свойства преобразований Лоренца включали и условие обратимости всех результатов. Кроме того, при выводе самих преобразований Лоренца он непосредственно использовал сопоставление с обратным преобразованием. Однако Пуанкаре ни одним словом не пояснил, что из этого свойства группы Лоренца вытекает обратимость всех необычных свойств новых пространственно-временных соотношений. В своем теоретическом трактате он обошел этот вопрос молчанием, хотя его более ранние работы содержали все необходимые данные, чтобы прийти к такому выводу.

Дальнейшее существенное развитие теория относительности получила в работах геттингенского математика Германа Минковского. В 1907 году он выступил в Геттингене с докладом «Принцип относительности», а в следующем году опубликовал на эту тему обширный трактат. Минковский существенно дополнил результаты Лоренца и Эйнштейна, внес в физику новое понимание необходимости синтеза пространственных и временных представлений. Но его работа в значительной мере перекрывалась ранее опубликованной статьей Пуанкаре. В исследовании инвариантов новой теории работа Пуанкаре превосходила даже более поздние выступления Минковского. Последний ни в одной из своих статей не отметил выдающихся результатов Пуанкаре в развитии математического аппарата теории относительности и ни словом не упомянул предложенную им идею четырехмерного представления этой теории.

Предлагаемые вниманию читателя книги Пуанкаре включают те его работы, в которых содержатся идеи, относящиеся к первому этапу создания новой физической теории. Но именно этот первый этап, этап зарождения новых идей — исходного пункта будущего теоретического построения — имеет особое значение для научных открытий, представляющих собой неожиданные скачки и резкие повороты в развитии ученой мысли. Об этом важнейшем периоде становления теории относительности принято порой говорить как о времени, когда необходимые, не осознанные еще до конца идеи носились в воздухе, и недоставало лишь гения, который бы воспользовался ими для разработки новой физической теории. В действительности же, само появление этих идей уже представляло собой решающий шаг, потребовавший коренного пересмотра основных положений классической физики.

В этот период становления теории относительности наибольший вклад в создание ее основ внес, несомненно, Пуанкаре. Он выдвинул принцип относительности, как обобщение опытных данных, и высказал убеждение, что именно электромагнитную теорию Лоренца необходимо согласовать с этим принципом, чтобы получить окончательное решение проблемы. Пуанкаре показал условность понятия одновременности, центрального понятия теории относительности, и предложил определение этой величины на основе постулата о постоянстве скорости света. Он дал также правильную физическую интерпретацию «местного» времени Лоренца. И хотя работы известного французского ученого, содержащие эти новаторские мысли, не были осмыслены подавляющим большинством физиков, не подготовленных еще к восприятию столь радикально новых взглядов, влияние их несомненно сказалось на тех немногих исследователях, которые участвовали затем в построении теории относительности. Например, Лоренц отмечал, что разработка теории, строго удовлетворяющей принципу относительности, была предпринята им под влиянием критики его прежних работ со стороны Пуанкаре.

Хоть мы и не находим в работах Эйнштейна аналогичного признания, однако известный из его биографии факт изучения им с товарищами книги Пуанкаре «Наука и гипотеза» объясняет детальные совпадения развиваемых в его последующих статьях положений с оригинальными новаторскими установками, высказанными французским ученым. Ведь в этой книге, в главе «Классическая механика», автор выделит в виде тезисов категорические утверждения об отсутствии абсолютного пространства и абсолютного времени, а к тезису о невозможности непосредственно установить одновременность двух разноместных событий дал ссылку на свою статью 1898 года.

После 1905 года Пуанкаре больше не возвращался к развитию новой механики больших скоростей. Для его научного творчества вообще была характерна быстрая и безболезненная смена тем и интересов. Однако он неоднократно выступал в последующие годы с лекциями и статьями по поводу новой механики. Например, в апреле 1909 года его лекции слушают в Геттингене, куда он был приглашен Д. Гильбертом. Одна из этих лекций, шестая, включена в настоящее издание книги «Последние мысли».

Геттингенская лекция Пуанкаре содержала лишь элементарное изложение особенностей новой механики и ее связи с принципом относительности. Но в упрощенную форму изложения автор облек более глубокое понимание всей проблемы по сравнению с широко распространенным тогда ее толкованием «Принцип относительности в новой механике не допускает никаких ограничений,— категорически заявил докладчик.— Он имеет, если так можно выразиться, абсолютное значение» (с. 647—648).

Пуанкаре обсуждает некоторые направления, в которых, по его мнению, будет расширяться область действия принципа относительности. Он говорит о необходимости связать новую механику с современными воззрениями на вещество, с представлениями об атоме, рассматривает также ее отношение к астрономии. Новая теория тяготения, отмечает Пуанкаре, должна учесть несостоятельность прежнего представления о постоянстве массы тел; она должна считаться и с тем, что притяжение

не мгновенно Он предвидит, что новый закон притяжения двух тел, зависящий от их скоростей, может привести к незначительному отлнчию от закона Ньютона и что наибольшая разница должна обнаружиться в теории движения Меркурия, самой быстрой из всех планет. Пуанкаре указывает на необъясненную до сих пор аномалию в движении этой планеты. «Новая механика несколько исправляет ошибку в теории движения Меркурия, но не дает полного соответствия между наблюдением и вычислением», — подводит итоги докладчик (с. 653). И снова Пуанкаре даже не ссылается на свою работу 1906 года, в которой был изложен не только первый, но и единственный тогда вариант релятивистской теории притяжения.

Несовпадение теоретических результатов с астрономическими наблюдениями Пуанкаре расценивает как предостерегающий сигнал о том, что не следует торопиться с окончательным признанием справедливости новой механики. Еще более осторожен он в статье 1908 года, которая и легла в основу его гёттингенской лекции.

Заключительные слова этой статьи раскрывают истоки сомнений автора. Они были навеяны неясной тогда ситуацией с основным проверочным опытом Кауфмана по измерению отклонения электронов электрическими и магнитными полями. Столь же осмотрителен Пуанкаре в окончательной оценке новой теории и в своей берлинской лекции, с которой он выступил в марте 1910 года.

В этих двух лекциях по новой механике, обращенных к немецким научным кругам, Пуанкаре противопоставил свое мнение по ряду вопросов, связанных с новой физической теорией, тому освещению происшедшего в науке переворота, которое начало распространяться тогда в Германии.

Пуанкаре не мог не знать о попытках немецких авторов представить развитие Эйнштейном и Минковским пространственно-временного аспекта теории Лоренца, как создание новой физической теории. Но, видимо, такие притязания немецкой науки представлялись ему настолько необоснованными, что он не считал нужным делать специальные заявления по этому поводу. Французский ученый полагал, что достаточно рассказать об истинной сути происшедшего в науке переворота, чтобы развеять всякие недоразумения. А суть решения всей проблемы, по его глубокому убеждению, состояла в пересмотре Лоренцем механики с целью приведения ее в соответствие с электродинамикой и в создании нового по форме принципа относительности. Все же остальное он причислял к естественному развитию этой главной идеи и к развертыванию необычных следствий новой теории. Точно так же оценивалась им и его собственная работа.

Не признавая пространственно-временной аспект главным в решении проблемы абсолютного движения, Пуанкаре обходит полным молчанием работы Эйнштейна и Минковского. Даже в двух своих лекциях для немецких ученых он не произносит эти имена. Чтобы понять, насколько несвойственна его характеру эта позиция, достаточно вспомнить с какой предупредительностью признавал он малейшие заслуги любых авторов. В своих статьях Пуанкаре непременно упоминает всех, кто добился хоть каких-нибудь результатов в избранной им самой области исследования. Сколько ученых обязаны ему тем, что их

имена увековечены в научных названиях! Именно по его инициативе в физику и математику вошли преобразования Лоренца, числа Бетти, клейновы группы и функции, устойчивость по Пуассону. Молчание его по отношению к Эйнштейну и Минковскому, столь усиленно превозносимым в то время немецкой школой физиков в качестве единственных создателей теории относительности, не имеет прецедента. Оно выглядело вопиющим и говорило красноречивее всяких слов. Такой поступок со стороны прославленного ученого мог быть вызван только глубоко принципиальными соображениями. Пуанкаре всегда воздавал должное заслугам немецких математиков и никогда не унижался до болезненной национальной конкуренции. Причина его молчания в данном случае была совсем иной.

С редкостным великодушием раздавая признания, Пуанкаре никогда не поступал беспринципно. Он признавал первенство лишь в том случае, когда видел действительную оригинальность в трудах своих коллег. Молчание его являлось формой протеста против усиленного представления Эйнштейна и Минковского единственными создателями новой теории. С точки зрения Пуанкаре это была, по-видимому, весьма резкая форма протеста, которую он мужественно противопоставил мнению наиболее авторитетной физической школы, какой являлась тогда немецкая физическая школа.

Не в его принципах было отстаивать свой приоритет в научных вопросах. Чтобы не быть ложно понятым, Пуанкаре полностью умалчивает и о своих исследованиях по теории относительности. Но, обходя молчанием свои работы, он вольно или невольно приписывал Лоренцу свое понимание проблемы. Сам Лоренц, однако, не поддерживал те взгляды, которые так упорно отстаивал его французский коллега. Он по-прежнему верил, что именно в свойствах эфира следует искать объяснение всем особенностям физического мира, и в новой трактовке соотношений, полученных ранее им самим, он почему-то не узнавал своей же теории.

Трудно понять, что же заставило выдающегося голландского физика согласиться с явно необоснованной версией о возникновении будто бы двух различных физических теорий: квазиклассической теории, завершенной Лоренцем в 1904 году, и совершенно новой релятивистской теории пространства и времени, созданной Эйнштейном в 1905 году. Ведь ученый, обладающий столь пронизательным умом и огромным опытом работы в теоретической физике, не мог не понимать, что такая постановка вопроса может быть оправдана только в том случае, если эти теории приводят к какому-либо доступному для опытной проверки различию, а без этого неперемного условия речь может идти лишь о расхождениях в интерпретации соотношений и трактовке положений одной и той же физической теории. Новой теорией в физике всегда считалось такое теоретическое построение, которое предсказывает ранее неизвестные проверяемые на опыте соотношения. Между тем, статья Эйнштейна, также как и работа Пуанкаре (если не говорить о содержащемся в ней первом варианте релятивистской теории тяготения), развивала строго удовлетворяющую принципу относительности теорию, все проверяемые на опыте соотношения которой уже были получены ранее в трудах Лоренца и Лармора. В ряде публикаций

авторитетных ученых того времени, например Кауфмана, Лауэ и Эренфеста, подчеркивалось, что принципиально невозможен эксперимент, различающий теоретические построения Лоренца и Эйнштейна.

Но Лоренц оставил без внимания как эти категорические заявления, так и четкую установку Пуанкаре на признание в качестве основной теории лоренцевской, а не своих собственных теоретических исследований. Между тем, работа Пуанкаре целиком включала содержание параллельной ей работы Эйнштейна и отчасти даже результаты более поздних работ Минковского, превосходя их по полноте исследования инвариантов новой теории. Такое поведение Лоренца выглядит не простым самоотречением или полным пренебрежением к приоритетным вопросам, а скорее, весьма странным потворствованием развернувшейся тогда кампании, тенденциозно приписывавшей одному Эйнштейну результаты коллективного труда нескольких выдающихся ученых. Уступчивость Лоренца перед подобными целенаправленными усилиями может характеризовать и такой факт, как данное им разрешение использовать свое имя для сбора в международном масштабе частных денежных пожертвований в фонд Лоренца¹⁾. Это мероприятие, не имеющее прецедента, говорит о появлении тогда в околонаучной среде весьма деловых людей, организаторским действиям которых не сумел противостоять великий ученый.

В конце 1911 года Пуанкаре был приглашен на I Сольвеевский конгресс, на котором обсуждались проблемы, связанные с квантовой гипотезой Планка. Сам факт приглашения выдающегося французского ученого на весьма узкое собрание ведущих физиков мира свидетельствует о международном признании плодотворного вмешательства Пуанкаре в проблему преодоления кризиса в физической науке. На этом конгрессе в Брюсселе состоялась встреча Пуанкаре с Эйнштейном, единственная в их жизни.

Теория относительности, к сожалению, официально не рассматривалась на Сольвеевском конгрессе, несмотря на то, что в нем помимо создателей этой теории — Лоренца, Пуанкаре и Эйнштейна — приняли участие и другие ученые, способствовавшие ее признанию и развитию. Планк, Ланжевэн, Лауэ, Зоммерфельд. Конечно, тогда уже не существовало проблемы абсолютного движения, как таковой, однако обсуждение происшедшего в физике переворота могло бы устранить многие недоразумения и в трактовке теории, и в освещении истории ее возникновения. В частных же беседах участники конгресса безусловно касались теории относительности. Об этом свидетельствует одно из писем Эйнштейна, из которого, правда, можно только заключить о самом факте его разговора с Пуанкаре и о явном несогласии Эйнштейна с позицией своего собеседника. Но это не должно вызывать особого удивления. Стоит только сравнить статьи, написанные в те годы Пуанкаре и Эйнштейном, как станет очевидной невозможность какого-либо взаимопонимания между ними по целому ряду основных вопросов теории относительности.

¹⁾ Фредерикс В. К. Гендрик Антон Лоренц//Лоренц Г. А. Старые и новые проблемы физики. — М.: Наука, 1970. — С. 245.

Общение с участниками Сольвеевского конгресса послужило, видимо, основным стимулом для нового выступления Пуанкаре в печати с уточнением своей позиции по новой теории. Речь идет о его статье «Пространство и время», включенной в книгу «Последние мысли» и являющейся изложением сделанной им в мае 1911 года лекции в Лондонском университете.

В то время в работах многих физиков уже утвердилась тенденция представлять теорию относительности прежде всего как новую физику пространства и времени, затушевывая роль новой механики сверхбыстрых движений. Преобразования Лоренца стали трактовать как истинные преобразования пространственно-временных координат. Преобразования же Галилея получили статус приближенных, неприменимых при больших, околосветовых скоростях. В беседах с Эйнштейном и другими учеными Пуанкаре мог убедиться в том, насколько популярна такая упрощенная трактовка и как уверенно ее сторонники выдвигают на первое место именно пространственно-временной аспект, подчиняя ему законы движения физических объектов. С этим не мог согласиться ученый, затративший столько усилий на выяснение конвенциональности геометрии и условности временных характеристик. И раньше он выделял новую механику, соответствующую единому принципу относительности, как первопричину всех пространственно-временных соотношений, возникающих в движущейся материальной системе. Теперь Пуанкаре считал необходимым дополнить свои прежние высказывания рядом утверждений, явно расходящихся с общепринятыми взглядами. В своей статье он говорит о перевороте в науке, как о свершившемся факте. В этом, бесспорно, сказалось влияние на него убежденных сторонников новой теории, с которыми Пуанкаре встретился на Сольвеевском конгрессе. Но в отличие от них, французский ученый по-прежнему связывает происшедший переворот только с именем Лоренца, совсем не упоминая Эйнштейна.

В этом выступлении Пуанкаре вносит одно существенное новшество: он рассматривает две гипотетически возможные формы принципа относительности. Под старой формой подразумевается галилеевский принцип относительности. Если бы этот принцип был справедлив, то все законы физики были бы инвариантны относительно преобразований Галилея. В качестве новой формы принимается принцип относительности Лоренца, означающий инвариантность всех физических законов относительно преобразований Лоренца. Для обеих форм совершенно невозможно обнаружить абсолютное движение, но лоренцевский принцип обеспечивает еще независимость скорости света от движения его источника.

Представление принципа относительности в двух различных формах позволило Пуанкаре поставить вопрос: что же непосредственно подтверждается опытом — одна из этих разновидностей принципа относительности или же соответствующее ей пространственно-временное преобразование? Пуанкаре разъясняет, что принцип относительности в отличие от постулатов геометрии пространства — времени, «уже не является больше простым условным соглашением, он доступен проверке и, значит, может быть опровергнут опытом. Он — экспериментальная истина» (с. 551). Его главная мысль как раз в том и заключается,

что новая механика отклоняет старый принцип Галилея и утверждает новую его форму — принцип Лоренца.

Обычно при объяснении переворота, произведенного теорией относительности в физике, исходят из общей формулировки принципа относительности как невозможности обнаружить абсолютное движение в любых физических опытах. При этом не учитывается допустимость различных форм реализации такого принципа. Поскольку дорелятивистская механика уже удовлетворяла галилеевскому принципу относительности, то основным достижением новой теории считалось распространение его действия на электродинамику Лоренца. Совсем иначе представляется сущность происшедшей перестройки физики, если исходить из возможности различных форм принципа относительности. Уравнения электродинамики в том виде, как они с самого начала были получены Максвеллом, уже обладали свойством инвариантности относительно новых преобразований, которые еще предстояло открыть (преобразования Лоренца). Поэтому не принцип относительности, действующий в механике, был распространен на электродинамику, а наоборот, скрыто существовавшая в электродинамике новая форма принципа относительности была распространена на механику. При таком подходе преобразования Лоренца отличаются от старых преобразований тем, что законы физики относительно них инвариантны.

В то же время Пуанкаре, как и другие авторы, обсуждает в статье релятивистские свойства пространственных отрезков и временных интервалов, проявляющиеся в сокращении длин тел и в растяжении времени. На этот раз он уже явно отмечает обратимость релятивистских эффектов. Заданное в покоящейся системе сферически симметричное тело воспринимается наблюдателем, находящимся в движущейся системе, как эллипсоидальное, говорится в статье, а одновременные в покоящейся системе события не оказываются таковыми для этого наблюдателя. Таким образом, движущийся наблюдатель отмечает те же самые эффекты, что и неподвижный наблюдатель, следящий за движущейся системой. Затем автор кратко касается четырехмерной геометрии, указывая на то, что «в этом новом представлении пространство и время не являются уже двумя совершенно различными сущностями, которые можно рассматривать отдельно друг от друга, но двумя частями одного и того же целого, столь тесно связанными, что их не легко отделить друг от друга» (с. 554).

В чем же тогда отличие трактовки Пуанкаре от общепринятой, если и в той, и в другой речь идет об одних и тех же свойствах пространства и времени? Прежде всего в источнике происхождения этих свойств. Пуанкаре считает первичным началом новую механику. Другие, наоборот, первичными считают необычные свойства масштабов и часов, получая из них релятивистскую механику, как это делали Эйнштейн и Планк. С точки зрения математического вывода конечных соотношений теории оба подхода допустимы. Существенное различие между ними проявляется лишь в логике построения теории. Но на конкретный вопрос о том, можно ли использовать преобразования Галилея при высоких скоростях движения, эти трактовки дают прямо противоположный ответ.

Объяснив успешное использование преобразований Лоренца переходом физиков к новому более удобному соглашению, Пуанкаре заключает свою статью весьма неожиданным замечанием: «Это не значит, что они были вынуждены это сделать; они считают это новое соглашение более удобным — вот и все. А те, кто не придерживается их мнения и не желает отказываться от своих старых привычек, могут с полным правом сохранить старое соглашение. Между нами говоря, я думаю, что они еще долго будут поступать таким образом» (с. 554—555)

Такое утверждение озадачило тогда многих. Большинство восприняло его как отречение от новейшей физической теории пространства и времени: величайшее достижение научной мысли Пуанкаре хочет объяснить пресловутым удобством выбора теоретического описания физических явлений. А его слова о возможности сохранить старое соглашение, то есть использовать преобразования Галилея даже при высоких скоростях движения, представлялись попросту ошибочными. Все были убеждены в том, что физический опыт непосредственно отрицает возможность непротиворечивого использования этих преобразований. Так считал Эйнштейн, который накануне бруссельской встречи с Пуанкаре в статье «Принцип относительности и его следствия» писал о едином времени галилеевских преобразований, как о произвольной гипотезе, не отвечающей действительности. Такой же точки зрения придерживались и другие физики.

На долгие годы в науке утвердилось мнение, что само развитие физики показало несостоятельность преобразований Галилея при околосветовых скоростях движения. Особому взгляду Пуанкаре на новую теорию не придали серьезного значения. Его сочли результатом ошибочного преувеличения роли конвенции в построении теории пространства и времени. Известный французский ученый Луи де Бройль, автор исходной идеи волновой механики, писал впоследствии: «...Именно эта философская склонность его ума к «номиналистическому удобству» помешала Пуанкаре понять значение идеи относительности во всей ее грандиозности!» Правда, несколькими строчками ниже де Бройль призывает к осторожному обращению с заблуждениями великих.

«Всегда полезно поразмыслить над ошибками, сделанными великими умами, — предостерегает он, — поскольку они часто имели серьезные основания для того, чтобы их сделать, и поскольку эти великие умы всегда обладают проникновенной интуицией, возможно, что их утверждения, сегодня рассматриваемые как ошибочные, завтра окажутся истинными»¹⁾.

Это замечание французского физика оказалось на редкость пронизательным. Много позднее, уже во второй половине XX века стало очевидным, что отвергавшееся утверждение Пуанкаре никакой фактической ошибки не содержит. Непонимание простого смысла его слов было результатом ограниченного толкования теории относительности. Во всем смогли разобраться уже после того, как обратили внимание на его раннюю работу «Измерение времени». Именно условность одновременности, связанная с невозможностью измерить скорость света в одном направлении, позволяет одинаково строго описывать физические

¹⁾ Бройль Луи де. По тропам науки. — М.: ИЛ, 1962. — С. 307.

явления и на основе преобразований Галилея, и на основе преобразований Лоренца. Нужно лишь для каждого способа описания выбрать свое определение одновременности¹⁾.

Анри Пуанкаре был полностью прав, когда утверждал, что никакой физический опыт не может подтвердить истинность одних преобразований и отвергнуть другие, как недопустимые. Но он остался одиноким в своих взглядах. Хотя вопросы науки и не решаются большинством голосов, в тех случаях, когда возникают разногласия в понимании научных теорий, сложившееся умонстроение большинства может долгие годы сохранять господствующее положение. В течение нескольких десятилетий научная общественность не принимала точку зрения французского ученого, изложенную в статье «Пространство и время», считая ее ошибочной. Ничего бы не изменилось, если бы вместо публикации этой статьи Пуанкаре изложил свое мнение в виде послания, адресованного грядущим поколениям физиков, как это сделал Майкл Фарадей²⁾. Впрочем, статья как раз и сыграла роль такого письма в будущее, поскольку изложенные в ней идеи не были восприняты на протяжении полувека. Это весьма красноречиво характеризует глубину мышления ее автора.

Истоки непонимания взглядов Пуанкаре кроются в забвении его ранней работы «Измерение времени», в которой он вскрывает условный характер одновременности. Это центральное понятие было введено в теорию относительности Эйнштейном без тех разъяснений его конвенциональной сущности, которые были даны французским ученым. В результате стало возможным такое ошибочное в своей ограниченности понимание этой теории, при котором основное внимание акцентировалось на «несостоятельности» преобразований Галилея³⁾. Ограниченными оказались связанные с этой трактовкой представления о существо-

¹⁾ Приняв одновременность, основанную на предположении о равенстве скоростей света в двух противоположных направлениях и свои для каждой системы, так называемые собственные эталоны длины и длительности, мы связываем пространственно-временные координаты двух движущихся систем преобразованиями Лоренца. Но если выбрать для всех систем единую одновременность и единые эталоны длины и длительности, то пространственно-временные координаты систем окажутся связанными преобразованиями Галилея.

²⁾ В 1832 году Фарадей пришел к выводу, что магнитное воздействие и электрическая индукция должны распространяться в пространстве с конечной скоростью в виде волн. Но сознавая, насколько его взгляды опережают существовавшие тогда научные представления, он не стал публиковать свою идею, а направил в Королевское общество запечатанный конверт с надписью «Новые воззрения, подлежащие хранению в архивах Королевского общества», который был обнаружен и вскрыт лишь через 106 лет.

³⁾ На самом же деле, затруднения классической физики состояли вовсе не в использовании преобразований Галилея, а в непонимании того обстоятельства, что необходимо отказаться от галилеевского принципа относительности, от инвариантности законов физики относительно этих преобразований.

вании в каждой системе своего само собой идущего времени и своих пространственных масштабов, истолковываемых в отрыве от общих свойств физических процессов. Это недопонимание нашло отражение в принятой логике построения теории относительности, когда из релятивистских свойств пространства и времени выводятся новые свойства движения при высоких скоростях.

На этот недостаток принятого им построения теории указал впоследствии и сам Эйнштейн, отметив в своей творческой автобиографии неправомерность отделения масштабов и часов от всего остального мира физических явлений. «Можно заметить, — писал он, — что теория вводит (помимо четырехмерного пространства) два рода физических предметов... Это в известном смысле нелогично; собственно говоря, теорию масштабов и часов следовало бы выводить из решений основных уравнений (учитывая, что эти предметы имеют атомную структуру и движутся), а не считать ее независимой от них»¹). Этим высказыванием Эйнштейн фактически признал более логичным тот путь построения теории быстрых движений, который избрал Лоренц и который был в свое время признан лишь Пуанкаре.

Включив Пуанкаре в число участников Сольвеевского конгресса, его организаторы рассчитывали на чрезвычайно полезное участие французского ученого в обсуждении назревших проблем физической науки. Их надежды полностью оправдались. В трех своих статьях, опубликованных в 1911—1912 годах, Пуанкаре выступил с теоретическими исследованиями, сыгравшими значительную роль в обосновании необходимости квантовой гипотезы. Они явились важным этапом на пути к дальнейшему развитию квантовых представлений. В другой своей статье — «Новые концепции материи» (опубликованной тогда в философском сборнике «Современный материализм» и включенной в настоящее издание) — Пуанкаре рассказал о постоянной борьбе между концепциями, представляющими материю непрерывной или же, наоборот, дискретной субстанцией; о последней победе идеи дискретности; о квантовой теории излучения Планка. Но автор призывает не торопиться с выводом об окончательном падении концепции непрерывности материи и предрекает ее возрождение на новом уровне в ходе вечной борьбы двух противоположных концепций. И действительно, идея дискретности излучения вскоре была дополнена не менее удивительной идеей об универсальных непрерывных свойствах материи, согласно которой каждой дискретной частице сопоставляется определенный волновой процесс в реальном физическом пространстве. На основе синтеза этих противоположных сущностей микрообъектов в 20-е годы нашего века возникла квантовая и волновая механика, в которой строгое теоретическое описание явлений атомного мира достигалось ценой отказа от основных положений классической механики. Так полностью оправдалось предсказанное Пуанкаре еще в 1904 году открытие совершенно необычных законов, объясняющих спектральные линии излучения атомов. А его общие рассуждения о постоянной жизнеспособности непрерывной и

¹) Эйнштейн А. Собр. научн. трудов, т. 4. — М.: Наука, 1967. — С. 280.

дискретной концепций материи воплотились в самое поразительное открытие физики XX века — в провозглашенный квантовой механикой дуализм корпускулярных и волновых свойств материи, который приобрел ныне решающее универсальное значение для всего микромира.

* * *

Научное наследие Пуанкаре поражает не только широтой охвата точных наук, но и огромным влиянием на их последующее развитие. Он прокладывал в науке новые направления, важность и актуальность которых нередко становились несомненными лишь через годы и десятилетия. Значение его трудов возрастало со временем по мере развертывания заложенных в них идей и методов. Например, в проведенных Пуанкаре исследованиях нелинейных уравнений небесной механики советский ученый А. А. Андронов обнаружил готовый математический аппарат для решения проблемы нелинейных колебаний в радиотехнике, названных им автоколебаниями. Так, почти полвека спустя математические методы Пуанкаре помогли решить практически важную и актуальную задачу.

Точно такая же устремленность в будущее характерна и для физических исследований Пуанкаре. Еще в 1901 году он первым представил уравнения классической механики в групповых переменных, придав им новую, инвариантную форму. И в специальной теории относительности первый шаг в этом направлении был сделан именно Пуанкаре, четко сформулировавшим требование инвариантности законов физики относительно преобразований Лоренца. Таким образом, он первый провозгласил в физике новый, инвариантно-групповой подход, распространив идеи Ф. Клейна, изложенные в его «Эрлангенской программе» для геометрии, на новую область науки. Ныне требование инвариантности стало в физике уже нормой теоретического знания, а релятивистская инвариантность любой физической теории формулируется как инвариантность относительно группы Пуанкаре.

Отвечая на вопрос о том, кто был для него образцом творческой личности, академик А. А. Логунов среди других знаменитых ученых назвал Анри Пуанкаре, особо отметив его современность как физика-теоретика. «В начале века он создал методы, которые физики-теоретики освоили гораздо позже», — говорит А. А. Логунов.

Порой трудно провести четкую границу между конкретными предвидениями Пуанкаре в математке и физике и его общими методологическими идеями, нацеленными на будущее развитие точных наук. Это и понятно, поскольку, как заметил академик А. Д. Александров, все действительно великие математики были в то же время и философами-мыслителями. К таким математикам он относит, наряду с Пифагором, Декартом, Лейбницем, Ньютоном, Лобачевским, Риманом, Брауэром, Гильбертом, и Анри Пуанкаре. Удивительная прозорливость Пуанкаре в науке и верное предчувствие им правильных направлений, в которых должна двигаться физико-математическая мысль, делают некоторые его выводы и суждения по общим проблемам науки ценными ориентирами и для современных ученых. Поэтому до сих пор не ослабевает интерес к творчеству выдающегося француз-

ского ученого, что видно на примере издания в последнее время его избранных трудов в трех томах, его работ по основаниям геометрии, его знаменитого этюда «Математическое творчество». Настоящее издание четырех книг Пуанкаре, посвященных общим проблемам физико-математического знания, будет безусловно полезным для советского читателя. Вооруженный идеями материалистической диалектики, он сумеет отделить в них то, что имеет для науки непреходящую ценность, от некоторых философских непоследовательностей и заблуждений великого ученого.

ЛИТЕРАТУРА

Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. — Полн. собр. соч., т. 18, с. 525.

Ленин В. И. Философские тетради. — Полн. собр. соч., т. 29, с. 782.

Александров П. С. Математические открытия и их восприятие//Научное открытие и его восприятие. — М.: Наука, 1971. — С. 68—72.

Александров П. С. Пуанкаре и топология//Пуанкаре А. Избранные труды в трех томах, т. II. — М.: Наука, 1972. — С. 808—816

Александров П. С. Пуанкаре и топология//УМН. — 1972. — Т. 27, № 1(63). — С. 147—158

Асмус В. Ф. Проблемы интуиции в философии и математике (Очерк истории: XVII — начало XX в.). — М.: Мысль, 1965 (глава восьмая: Проблема интуиции в философии математики Пуанкаре, с. 236—257).

Визгин В. П. Ленинский анализ состояния физики на рубеже XIX—XX вв.//Ленинское философское наследие и современная физика. — М.: Наука, 1981. — С. 222—262.

Добронравов И. Пуанкаре//Философская энциклопедия, т. 4. — М., 1967. — С. 432—433.

История философии в шести томах, т. V. — М.: Изд-во АН СССР, 1961 (глава четырнадцатая: Философская и социологическая мысль во Франции от начала эпохи империализма до конца первой мировой войны, § 1: Буржуазная философия в конце XIX — начале XX в., с. 599—612).

Кравченко А. М. Значение работы В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» для критики современных форм конвенционализма. Работа В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» и актуальные проблемы марксистско-ленинской философии. — Киев Наукова думка, 1979. — С. 314—340.

Кузнецов В. Н. Французская буржуазная философия XX века — М.: Мысль, 1970 (Пуанкаре и конвенционализм, с. 103—123).

Митропольский Ю. А. Жюль-Анри Пуанкаре//Укр. философии. — Киев: Наукова думка, 1979. — С. 314—340.

Молчанов Ю. Б. Четыре концепции времени в философии и физике — М.: Наука, 1977 (глава четвертая. Создание специальной теории относительности — триумф реляционной концепции времени, 12: Значение идей А. Пуанкаре, с. 106—110).

Мостепаненко А. М. «Дополнительность» физики и геометрии (Эйнштейн и Пуанкаре)//Эйнштейн и философские проблемы физики XX века. — М.: Наука, 1979. — С. 223—254.

Налчаджян А. А. Некоторые психологические и философские проблемы интуитивного познания (интуиция в процессе научного-творчества). — М.: Мысль, 1972 (глава II: Проблема интуитивного «озарения» в научном творчестве, с. 60—86).

Современная буржуазная философия. — М.: Изд-во МГУ, 1972 (глава II: Позитивизм конца XIX—начала XX в., § 6: Конвенционализм А. Пуанкаре, с. 95—102).

Старосельская-Никитина О. А. Роль Анри Пуанкаре в создании теории относительности//Вопросы истории естествознания и техники. — 1957. — Т. 5. — С. 39—49.

Чудинов Э. М. Теория относительности и философия. — М.: Политиздат, 1974 (глава четвертая: Геометрия и реальность, с. 132—159).

Чудинов Э. М. Послесловие//Грюнбаум А. Философские проблемы пространства и времени. — М.: Прогресс, 1969. — С. 553—568.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ ¹⁾

- Абрагам Макс (1875—1922), немецкий физик-теоретик 193, 315, 616, 644
- Абрахам, см. Абрагам
- Авенариус Рихард (1843—1896), швейцарский философ-идеалист, один из основоположников эмпириокритицизма 379 (см)
- Адамар Жак (1865—1963), французский математик 488
- Ампер Андре Мари (1775—1836), французский физик, математик, химик 10, 177—187, 191, 621
- Андрад 80, 92, 94, 224
- Аристотель Стагирит (384—322 до н. э.), древнегреческий философ, логик, ученый-энциклопедист, основатель школы перипатетиков 199, 216, 295, 296, 489, 659
- Архимед (ок 287—212 до н. э.), древнегреческий математик, механик, физик 47
- Атвуд Джордж (1746—1807), английский физик и математик 474
- Бальмер Иоганн Якоб (1825—1898), швейцарский физик и математик 620
- Бартольдн 313
- Бачинский А. И., переводчик работ А Пуанкаре на русский язык в 1904 г. 131 (см)
- Беккерель Антуан Анри (1852—1908), французский физик 317
- Бельтрами Эудженнио (1835—1900), итальянский математик 39, 41, 42
- Бергсон Анри (1859—1941), французский философ-интуитивист 326 (см), 327, 541, 546, 547
- Бертран Жозеф Луи Франсуа (1822—1900), французский математик 149, 184, 185, 206, 414, 415
- Бетти Энрико (1823—1892), итальянский математик 237
- Больцман Людвиг (1844—1906), австрийский физик-теоретик 307
- Борда Жая Шарль (1733—1799), французский математик, геодезист, инженер 432
- Борден Ш Л 290 (см)
- Борель Феликс Эвард Жюстен Эмиль (1871—1956), французский математик 515
- Бояи (Больяи) Янош (1802—1860), венгерский математик 39
- Браге Тихо (1546—1601), датский астроном 123, 146, 225, 300
- Брауэр Лейтзен Эгбертус Ян (1881—1966), голландский математик и логик, основоположник интуиционизма 614 (см)
- Брчдуа, судья из романа Ф Рабле «Гаргантюа и Пантагрюэль» 433
- Брио Шарль Огюст Альбер (1817—1882), французский математик 302
- Бурали-Форти Чезаре (1861—1931), итальянский математик и логик 486—488, 509, 514
- Бутру Пьер 494
- Вэкон Фрэнсис (1561—1626), философ, логик, родоначальник английского материализма и методологии науки Нового времени, политический деятель 117
- Ван дер Ваальс Иоханнес Дидерик (1837—1923), голландский физик 146
- Вейерштрасс Карл Теодор Вильгельм (1815—1897), немецкий математик 207, 457
- Вейль Герман (1885—1955), немецкий физик 614 (см)
- Вейс (Вейсс) Пьер Эрнест (1865—1940), французский физик 620, 621
- Верн Жюль (1828—1905), французский писатель 99
- Веронезе Джузеппе (1854—1917), итальянский математик 47
- Вин Вильгельм (1864—1928), немецкий физик 628
- Вихерт Эмиль (1861—1928), немецкий физик и геофизик 137
- Галилей Галилео (1564—1642), итальянский физик и астроном 83, 331, 332, 337, 362, 364, 617
- Гамильтон Уильям Роуан (1805—1865), ирландский математик, физик и астроном 103, 627
- Гаусс Карл Фридрих (1777—1855), немецкий математик и астроном 165, 166, 401, 427, 428
- Гей-Люссак Жозеф Луи (1778—1850), французский физик и химик 150, 350, 415, 639

¹⁾ В указатель включены имена и фамилии, встречающиеся в тексте произведений А. Пуанкаре, упоминаемые в сносках фамилии помечены (см.),

- Гельмгольц Герман Людвиг Фердинанд (1821—1894), немецкий физик и физиолог 39, 103, 107, 132, 181, 183, 184, 185, 187, 191
- Геркулес (Геракл), античный герой, полубог 477
- Герц Генрих Рудольф (1857—1894), немецкий физик 90, 136, 188, 190, 274, 312, 313, 452, 620, 651
- Гиббс Джозайя Уиллард (1839—1903), американский физик-теоретик 307
- Гильберт Давид (1802—1943), немецкий математик, основоположник формализма 47, 65, 399, 458, 478, 479, 494—498, 502, 507, 508, 517, 577, 593
- Гиппарх (ок 180/190—125 до н. э.), древнегреческий астроном и математик 294
- Гольдштейн Ойген (1850—1930), немецкий физик 194
- Гольц Фридрих Леопольд (1834—1902), немецкий физиолог 179
- Гун (Гюн) Филипп Огуст (1862—1922), швейцарский физико-химик 144, 303, 319, 432, 636
- Дарбу Жан Гастон (1842—1917), французский математик 394
- Дебери Андре (1874—1949), французский химик 622
- Дедекин Рихард Юлиус Вильгельм (1831—1916), немецкий математик 26, 27
- Декарт Рене (1596—1650), французский философ, математик, физик и физиолог 116
- Делаж Ив (1854—1920), французский физиолог 279, 280
- Дельбёф 437
- Демокрит из Абдер (ок. 460—370 до н. э.), древнегреческий ученый-энциклопедист, философ-материалист, крупнейший атомист древности 619, 633
- Джевонс Уильям Стэнли (1835—1882), английский логик, философ, экономист 179
- Дирихле Лежен Петер Густав (1805—1859), немецкий математик 209
- Доплер Христиан (1803—1853), австрийский физик, математик и астроном 627, 628
- Дюбуа-Реймоч Эмиль (1818—1896), немецкий физиолог 33
- Дюгем Пьер (1861—1916), французский физик-теоретик, историк и философ науки 635
- Дюлонг Пьер Луи (1785—1838), французский физик и химик 624
- Жуковский Николай Егорович (1847—1921), русский механик, основоположник аэродинамики 290 (см)
- Зеeman Питер (1865—1943), голландский физик 142, 144, 191
- Зенон Элейский (ок 490—ок 430 до н. э.), древнегреческий философ, логик, автор апорий, носящих его имя 398
- Илларионов Сергей Владимирович (р. 1938), советский философ 386 (см)
- Иоанн Безземельный (1167—1216), английский король из династии Плантагенетов 117
- Калинов 223, 224
- Кант Иммануил (1724—1804), основоположник классической немецкой философии 48, 478, 502
- Кантор Георг Фердинанд Людвиг Филипп (1845—1918), немецкий математик, создатель теории множеств 476, 477, 487, 488, 509, 517, 559, 586, 594, 595, 601, 602, 614 (см), 615
- Карлейль Томас (1795—1881), английский историк, философ и публицист 117
- Карно Никола Леонар Садн (1796—1832), французский физик и инженер 134, 143, 144, 304, 306—308, 319, 533
- Кавфман Вальтер (1871—1947), немецкий физик 193, 196, 315, 520, 651
- Кельвин, лорд (Томсон Уильям, 1824—1907), английский физик 137
- Кейзер 620
- Кёниг Дьюла (1849—1913), венгерский математик 509, 589
- Кеплер Иоганн (1571—1630), немецкий астроном, физик, механик 83, 109, 123, 126, 146, 152, 157, 285, 294, 296, 300
- Кирхгоф Густав Роберт (1824—1887), немецкий физик 85, 87, 91—93
- Клаузиус Рудольф Юлиус Эмануэль (1822—1888), немецкий физик-теоретик 108, 112, 134
- Клейн Христиан Феликс (1849—1925), немецкий математик 44, 206, 291
- Ковалевская Софья Васильевна (1850—1891), русский математик, механик 290
- Колумб Христофор (1451—1506), генуэзец, мореплаватель, испанский адмирал 225
- Кондорсе Мари Жан Антуан Никола (1743—1794), французский математик, философ, экономист, социолог, политический деятель 433
- Евклид (III в. до н. э.), древнегреческий математик 38, 39, 41, 44—46, 66—69, 72, 74, 78, 113, 208, 333, 362, 482, 498, 500, 501, 556, 591

- Конт Огюст (1798—1857), французский философ и социолог, основоположник позитивизма 298
- Коперник Николай (1473—1543), польский астроном и математик, создатель гелиоцентрической системы 97—99, 294, 296, 363
- Коши Огюстен Луи (1789—1857), французский математик 169
- Креме 191
- Кронекер Леопольд (1823—1891), немецкий математик 26, 31
- Крукс Уильям (1832—1919), английский химик и физик 638, 652
- Крутов В. Ф., советский философ 386 (сн.)
- Крылов Алексей Николаевич (1863—1945), советский математик, механик и кораблестроитель 83 (сн.)
- Кузнецов Борис Григорьевич, советский философ и историк науки 386 (сн.)
- Кулон Шарль Огюстен (1736—1806), французский физик и военный инженер 134
- Кутюра Луи (1868—1914), французский философ, специалист по математической логике 478, 481, 482, 486, 488, 490—493, 497, 503, 505—508
- Кюри (Склодовская) Мария (1867—1934), польский и французский физик и химик 317
- Кюри Пьер (1859—1906), французский физик 317, 323, 622
- Лавуазье Антуан Лоран (1743—1794), французский химик 304, 314, 316, 642
- Лагер Эдмон Никола (1834—1886), французский математик 395
- Лагранж Жозеф Луи (1736—1813), французский математик и механик 85, 143, 173, 174, 176
- Лаланд Жозеф Жером ле Франсуа де (1732—1807), французский астроном 533
- Ланжевен Поль (1872—1945), французский физик и общественный деятель 196
- Лаплас Пьер Симон (1749—1827), французский астроном, физик и математик 120, 169, 286, 290, 302, 311, 418
- Лармор Джозеф (1857—1942), английский физик-теоретик и математик 137, 142, 318
- Леверье Урбен Жан Жозеф (1811—1877), французский астроном 528, 553
- Левн-Чивита Туллио (1873—1941), итальянский математик и механик 290 (сн.)
- Лезан 339
- Лейбниц Готфрид Вильгельм (1646—1716), немецкий математик, физик и философ 13, 391, 478, 502
- Ленин Владимир Ильич (1870—1924), основатель Советского государства, русский мыслитель, революционер, автор книги «Ма-териализм и эмпириокритицизм», критически рассматривающей взгляды А. Пуанкаре 274 (сн.), 379 (сн.)
- Леруа Эдуард (1870—1954), французский философ-идеалист, интуитивист, создатель конвенционализма 326, 327, 329—332, 338, 339, 342, 345, 353, 355, 356, 364, 498
- Ли Марнус Софус (1842—1899), норвежский математик 46, 78, 207
- Липпман Габриэль (1845—1921), французский физик 191
- Лобачевский Николай Иванович (1792—1856), русский математик, создатель неевклидовой геометрии, носящей его имя 9, 39—44, 46, 48, 67—69, 72—74, 237
- Лоренц Хендрик Антон (1853—1928), голландский физик-теоретик и математик 139, 141, 142, 190, 191, 194, 195, 310, 312, 316, 319, 438, 439, 542, 553, 644, 648, 651, 652
- Лоце 265
- Люмен 428—430
- Майер Юлиус Роберт (1814—1878), немецкий врач, открывший закон сохранения и превращения энергии 108—112, 304, 317, 323
- Майкельсон Альберт Абрахам (1852—1931), американский физик 309, 313, 315, 321
- Мак-Келлаф 142
- Максвелл Джеймс Кларк (1831—1879), английский физик 10, 131, 132, 136, 142, 144, 169—171, 175—177, 188, 285, 286, 302, 304, 307, 313, 361
- Мамчур Елена Аркадьевна (р. 1938), советский философ 386 (сн.)
- Мариотт Эдм (1620—1684), французский физик, монах 109, 120, 122, 150, 164, 350, 361, 415, 536, 635
- Мах Эрнест (1838—1916), австрийский физик и философ-идеалист, один из представителей эмпириокритицизма 279, 230, 373, 379 (сн.), 383, 388
- Мере Шарль Робер (1835—1911), французский математик 205, 206
- Милль Джон Сьюарт 44, 482
- Морми 314
- Нагаока Хантаро (1865—1950), японский физик 322
- Наполеон I Бонапарт (1769—1821), император французов 433
- Нейман 176
- Ньютон Исаак (1643—1727), английский физик, математик, механик, астроном 71, 83, 85, 87—89, 91, 96, 97, 100, 109, 121, 122, 126, 138, 139, 146, 149, 224, 231, 285, 294, 296, 301, 303, 304, 312—314, 316, 331, 332, 337, 341, 351, 382, 391, 528, 575, 652, 667

- Падоа 493
Панкевич Галина Игнатьевна (1936—1988), советский философ 386 (сн.)
- Панург, герой романа Ф. Рабле «Гаргантюа и Пантагрюэль» 434 (сн.)
- Пеано Джузеппе (1858—1932), итальянский математик, специалист по математической логике 478, 485, 486, 488, 503
- Пенелопа, мифологический персонаж 324
- Перрен Жан Батист (1870—1942), французский физик и физико-химик 190, 618, 637, 638
- Пифагор Самосский (ок. 570—ок. 500 до н. э.), древнегреческий математик и философ 296
- Планк Макс Карл Эрнст Людвиг (1858—1947), немецкий физик-теоретик, основоположник квантовой теории 625, 627, 628, 630, 643
- Платон (428/427—347 до н. э.), древнегреческий философ-идеалист, создатель философской школы — Академии 296, 614 (сн.), 615
- Позднеева С. П., советский философ 386 (сн.)
- Понселе Жан Виктор (1788—1867), французский математик и механик, основоположник проективной геометрии 211
- Прони Гаспар Клэр Франсуа Мари Риш (1755—1839), французский математик, механик и инженер 473
- Прометей, титан, похитивший огонь у Зевса 656
- Пти Алексис Терез (1791—1820), французский физик 624
- Птолемей Клавдий (II в. н. э.), древнегреческий астроном 98, 294, 299, 363
- Пуанкаре Жюль Анри (1854—1912), французский математик, физик, астроном и методолог науки 3, 4, 80 (сн.), 116 (сн.), 136 (сн.), 204 (сн.), 225 (сн.), 274 (сн.), 356 (сн.), 444 (сн.), 505, 613 (сн.), 614 (сн.)
- Рабле Франсуа (1494—1553), французский писатель гуманист 433, 434 (сн.)
- Рамсей (Рамзай) Уильям (1852—1916), английский физик и химик 317
- Рассел Бертран Артур Уильям (1872—1970), английский философ, логик, специалист по основаниям математики, общественный деятель 478, 489—492, 494—497, 502, 505, 509—515; 517, 518, 587, 589—592, 598, 604
- Рёмер Оле Кристенсен (1644—1710), датский астроном 231
- Реньо Анри Виктор (1810—1878), французский физик и химик 164
- Резиюр Рене Антуан Фершо (1683—1757), французский естествоиспытатель 237
- Ридберг Иоганнес Роберт (1854—1919), шведский физик и математик 620
- Риман Георг Фридрих Бернхард (1826—1866), немецкий математик 39, 40, 41, 42, 44, 46, 47, 67, 137, 206, 207, 237, 242, 291, 397, 457, 561
- Ритц (Ритц) Вальтер (1878—1909), швейцарский физик и математик 621
- Ришар Жюль (1863—1956), французский математик, специалист по основаниям математики и медицине 509, 513, 599
- Роулэнд (Роуланд) Генри (1848—1901), американский физик 189, 190, 309
- Рузавин Георгий Иванович (р. 1922), советский философ 614 (сн.)
- Рунге Карл Давид Тольме (1856—1927), немецкий физик и математик 620
- Рэлей (Стретт) Джон Уильям (1842—1919), английский физик 624, 625, 629—631
- Сарсей Франциск (1828—1899), французский театральный критик и журналист 470
- Соловьев Н. М., переводчик книг А. Пуанкаре на русский язык в 1904 г. 131 (сн.)
- Соловьев Р. М., переводчик книг А. Пуанкаре на русский язык в 1904 г. 131 (сн.)
- Сухотин А. К. (р. 1930), советский философ 386 (сн.)
- Таннери Поль Самсон (1843—1904), французский математик и историк математики 24
- Тихо, см. Браге Т.
- Толстой Лев Николаевич (1828—1910), русский писатель, мыслитель 364, 372, 377, 380
- Томсон Джозеф Джон (1856—1940), английский физик 85
- Тэт (Тейт) Питер (1831—1901), шотландский физик и математик 85
- Уайтхед Алфред Норт (1861—1947), английский математик, философ и логик 503, 513—515
- Фарадей Майкл (1791—1867), английский физик 182, 186, 192
- Фаренгейт Даниэль Габриэль (1686—1736), немецкий и голландский ученый и изготовитель инструментов 237
- Фер 399
- Фехнер Густав Теодор (1801—1887), немецкий физик, физиолог и философ 27, 34, 561, 565
- Физо Армен Ипполит Луи (1819—1896), французский физик 138, 142, 313, 627, 628

- Фидджеральд (Фитцджеральд) Джордж Френсис (1851—1901), ирландский физик 195, 196, 438, 439
- Фламарион Никола Камилл (1842—1925), французский астроном и популяризатор науки 420, 428
- Фреге Фридрих Людвиг Готлоб (1848—1925), немецкий математик, логик, специалист по основаниям математики 614 (см.)
- Френель Огюстен Жан (1788—1827), французский физик 10, 120, 121, 131, 146, 167—170, 176, 361
- Фуко Жан Бернар Леон (1819—1868), французский физик-экспериментатор 71, 97, 363, 547
- Фукс Иммануэль Лазарус (1833—1902), немецкий математик 405
- Фулье 667
- Фурье Жан Батист Жозеф (1768—1830), французский математик и физик 289, 302, 322
- Халстед 494, 497
- Химстедт 189
- Цермело Эрнст (1871—1953), немецкий математик, специалист по основаниям математики 509, 516, 516, 593, 594, 596—599, 603, 607
- Цион Илья Фаддеевич (1842—1912), русский физиолог 279, 452
- Чаплыгин Сергей Алексеевич (1869—1942), советский механик, один из основоположников современной гидроаэродинамики 290 (см.)
- Чернявский А. В., переводчик книг А. Пуанкаре на русский язык в 1906 г.—131 (см.)
- Штурм Жан Шарль Франсуа (1803—1855), швейцарский математик 395
- Эвеллин 615
- Эндрюс Томас (1813—1885), ирландский физико-химик 146
- Эпименид 511, 512, 588, 592
- Эрмит Шарль (1822—1901), французский математик 206, 207, 217, 218, 289, 398, 615, 616
- Ювенал Децим Юний (ок. 60—ок. 127 н. э.), римский поэт-сатирик 281 (см.)
- Юпитер (Зевс), верховное божество древнеримского и древнегреческого пантеона 656
- Якоби Карл Густав Якоб (1804—1851), немецкий математик 627
- Le Roi — 8 (см.), 326 (см.), см. Леруа
- Poincaré 191 (см.), см. Пуанкаре

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Аберрация света** 320, 321
Абсолютный нуль 61, 316, 529
Аксиома 11, 12, 20, 38, 44, 45, 46, 112, 113, 126, 195, 222, 230, 334, 390, 398, 471, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 493, 495, 496, 497, 499, 504, 506, 507, 508, 514, 515, 593, 594, 595, 602, 603, 610, 611, 612
— Архимеда 47
— полной индукции, см Принцип индукции полной (совершенной)
— порядка 578, 579
— сводимости Рассела 590—593
— Цермело 515, 516, 593—599, 603
Аксиомы геометрии 10, 14, 21, 38, 39, 44, 46, 48, 49, 453, 466, 470, 479, 482, 497, 498, 577, 578
— Евклида, см аксиомы геометрии
— логики 11, 12, 491, 495, 496, 498, 514, 515
— математики 482, 496
— Пеано 493
Аналитическое суждение 13, 48
— априорное 38, 45
Аналогия 118, 144, 202, 216, 217, 284, 371, 377, 382, 383, 384, 385, 393, 394, 395, 396, 405, 467, 521, 534, 561
— математическая 286
— физическая 287, 291
Антиномия, см Противоречия
— Кантора 477, 509, 517, 615
Астрономия 67, 84, 122, 146, 203, 232, 292—301, 320—321, 371, 520, 521, 534, 646, 652
Атомизм 633, 634, 635, 641

Бесконечность 19, 20, 24, 25, 27, 29, 51, 476, 510, 518, 528, 539, 599, 602, 603, 604, 605, 608, 614, 615, 643, 614
— актуальная 476, 516, 517, 518, 581, 582
— действительная 615
— потенциальная 476
Броуновское движение 141, 308, 318, 432, 618, 636, 637

Вероятностей исчисление 147—167, 414
— теория 416, 433, 434, 536
Вероятностный закон 163, 203, 347, 349, 350, 425, 427, 428, 429, 430, 431, 433, 434, 509, 519

Вероятность 10, 83, 84, 119, 147—167, 308, 348, 349, 374, 414, 422, 424, 425, 426, 428, 429, 430, 434, 435, 534, 560, 563—530, 583, 601, 607, 626, 627, 665
Время 202, 218—232, 276—278, 282, 296, 306, 310, 336, 338, 339, 365, 377, 420, 428, 439, 540, 542—556, 643, 648, 653, 665
— абсолютное 79, 80
— измерение 218—232, 234, 622
— местное 310, 316, 648, 649
— относительность 546, 547
— психологическое 219, 220, 226, 547
— равенство промежутков 79, 220, 222, 232
— физическое 220

Геометрия 9, 14, 24, 37, 38, 40, 46—50, 51, 57, 58, 60—63, 65—67, 78, 80, 113, 114, 202, 205, 207, 210, 233, 250, 252, 267, 268, 270, 344, 390, 395—397, 440, 441, 444, 453, 454, 465, 469—471, 479, 480, 497—498, 542, 545, 546, 551, 553, 555, 556, 570, 577, 578, 593
— Гильберта 47, 479, 593
— Евклида (евклидова) 39, 41, 42, 46, 48, 49, 50, 67, 69, 72, 75, 79, 80, 233, 236, 238
— Лобачевского 39, 41, 42, 43, 46, 48, 67, 72, 73
— метрическая 49, 73, 237, 555, 556, 557, 558
— неархимедова, см. Геометрия Гильберта
— неевклидова 9, 48, 63, 69, 70, 74, 233, 238, 345, 405, 406, 441
— проективная 19, 237, 555, 556, 557, 558
— Римана 40, 41, 42, 46, 47, 67
— сферическая 40, 41, 42
Гипотеза 7, 8, 10, 39, 63, 67, 69, 74, 79, 83, 84, 88, 89, 96, 98, 102, 107, 111, 116, 124—126, 128, 133, 134, 139, 150, 157, 158, 160, 162, 167, 168, 169, 177, 178, 181, 183, 184, 185, 193, 194, 195, 226, 261, 265, 275, 283, 293, 297, 305, 306, 309, 310, 311, 314, 319, 321, 346, 350, 352, 362, 390, 408, 411, 413, 415, 475, 426, 427, 435, 528, 575, 607, 612, 617, 618, 620, 621, 626, 630, 635, 612, 613, 649, 650
— вавилов, см. Квантов теория Планка

- Гипотеза Лоренца и Фицджеральда, см. Теория Лоренца и Фицджеральда
 — равномерного распределения энергии, см. Закон равномерного распределения энергии
 Группа 60, 64, 65, 66, 73, 78, 256, 258, 344, 389, 394, 395, 397, 453, 471, 552, 558, 576, 577
 — Евклида (евклидова) 73, 74
 — Лобачевского 73, 74
 — Лоренца 553
 Группы изоморфные 389, 577
- Давление Максвелла — Бартольди, см. Давление света
 — света 313, 629
 Движение абсолютное 95, 138, 195, 311, 320, 321, 647, 649
 — относительное 57, 79, 89, 91, 138, 139, 195, 278, 343, 545, 647
 Дедуция 7, 11, 12, 79, 113, 290, 491, 529
 Демон Максвелла 144, 307, 308
 Детерминизм 347, 350, 355, 415, 632, 633, 666, 667
 Дефинитный вопрос 598, 599
 Деформация Лоренца — Фицджеральда, см. Сокращение Фицджеральда (Лоренца)
 Дифференциальное уравнение 81, 82, 85, 96, 99, 100, 101, 110, 126, 130, 131, 138, 172, 174, 287, 296, 303, 324, 390, 391, 427, 430, 527, 528, 547, 548, 550, 551, 552, 553, 574, 575, 576
- Живая сила, см. Энергия кинетическая
- Закон 21, 60, 61, 69, 70, 80, 82, 84, 85, 94, 98, 99, 100, 101, 107, 109, 112, 115, 118, 121, 123, 135, 145, 149, 152, 153, 193, 195, 196, 202, 203, 231, 232, 283, 284, 286, 294, 295, 296, 299, 302, 303, 304, 322, 324, 326, 335, 336, 338, 339, 340, 341, 342, 344, 345, 347, 348, 349, 351, 352, 354, 373, 382, 383, 384, 385, 403, 414, 419, 422, 424, 425, 440, 450, 451, 453, 471, 480, 490, 498, 500, 501, 519, 520, 521, 525—542, 546, 548, 573, 574, 576, 620, 622, 649, 654, 658, 659, 663
 — больших чисел 122, 128, 144, 150, 319, 416
 — Вина 628
 — Галилея, см. Закон падения тел
 — Гаусса, см. Закон погрешностей
 — Гей-Люссака 150, 350, 415, 635
 — достаточного основания, см. Принцип достаточного основания
 — живых сил 224
 — излучения 618, 626, 627
 — — Планка 627, 628, 630
 — — Рэлея 624, 625, 629, 630
 — инерции, см. Принцип инерции
 — Кеплера 83, 109, 123, 126, 152, 157, 285
- Закон Мариотта 109, 120, 122, 150, 164, 350, 351, 415, 536, 635
 — математический 204
 — Ньютона 88, 100, 121, 122, 126, 127, 149, 224, 231, 285, 294, 296, 301, 303, 331, 332, 337, 341, 348, 351, 528, 575, 652, 654
 — третий, см. Принцип равенства действия и противодействия
 — отражение света, см. Закон Френеля
 — падения тел 341, 474
 — площадей 90
 — погрешностей 108, 165—166, 427, 428
 — пропорциональности 122
 — противоречия 11, 20, 28, 222, 346, 455
 — равномерного распределения энергии 623, 624, 625, 627, 630, 631
 — радиоактивных преобразований 622
 — случайностей (случая) см. Вероятностный закон
 — соответствия 585, 586, 601, 602, 609
 — сохранения массы, см. Принцип Лавуазье
 — — электричества 283
 — статистический 622
 — суперпозиции 128
 — термодинамики второй 134, 627
 — тождества 11
 — тяготения, см. Закон Ньютона
 — ускорения Ньютона 85—91, 93, 94, 95
 — Фехнера 27, 561, 565
 — Френеля 146
 — черного излучения, см. Закон излучения Рэлея
 — экспериментальный (опытный) 49, 84, 87, 88, 103, 114, 115, 163, 255, 284, 353
 Законы геометрии 480
 — динамики, см. Законы механики
 — механики 80, 99, 144, 471, 538
 — молекулярные 537, 539
- Идеализм 614, 615
 Иерархия типов Рассела 587, 589, 590, 603
 Изоморфизм 389, 577
 Инвариант 341, 345, 346, 347, 389, 395, 427
 Инвариантность 577
 Индукция (полная) 9, 10, 21, 22, 24, 130, 147, 211, 216, 217, 481, 491, 494, 496, 520, 535, 540
 Инерция 192, 193, 194, 196, 315, 316, 324, 620, 642, 645, 646, 651
 — механическая 193, 194
 — заимствованная (кажущаяся), см. Инерция электромагнитная
 — электромагнитная 193, 194, 196
 Интеграл¹⁾ 110, 111, 131, 160, 391, 548, 550
 — общий 427
 — частный 548

¹⁾ Имеется в виду интеграл дифференциального уравнения

- Интерполяция 118, 120, 150, 164, 354
 Интуиция 12, 19, 21, 34, 91, 155, 201, 205—218, 233, 276, 277, 290, 291, 402, 403, -409, 460, 461, 462, 464, 465, 466, 469, 471, 478, 479, 480, 491, 492, 497, 500, 503, 504, 505, 512, 516, 520, 556, 577, 579, 580, 594
 — величины 442
 — времени 277
 — геометрическая 556, 557, 577, 579
 — направления, см. Интуиция пространства
 — непосредственная 19, 21, 50, 91, 206, 441, 469
 — непрерывности 579, 580
 — одновременности 232
 — отношения 492
 — пространства 50, 277, 441, 444, 500, 545, 579
 — прямой линии, см. Интуиция пространства
 — равенства двух промежутков времени 232
 — расстояния, см. Интуиция пространства
 — чистого числа 211, 217
 — чистых логических форм 217
 — чувственная 217, 218
- Канторизм 397, 398
 Капиллярность 302
 Качественная геометрия, см. Analysis situs
 Квант 625, 627, 630
 Квантов теория Планка 625, 627, 630, 643
 Кинетическая теория газов 121, 132, 144, 150, 152, 177, 319, 349, 350, 412, 415, 420, 427, 432, 536, 574, 618, 635
 Конвенция, см. Соглашение (условное)
- Линия спектральная см. Спектр, линия
- Логика 9, 201, 205—218, 346, 370, 457, 461, 462, 464, 465, 466, 475—481, 486, 490, 491, 494, 516, 520, 532, 535, 557, 580, 604—616, 656
 — Аристотеля, см. Логика классическая
 — Гильберта 494, 495, 517
 — классическая 489, 490
 — классов 483, 490
 — математическая 497, 502—518, 587
 — новая 489, 490, 491, 492
 — правило 7, 455, 465, 477, 480, 504, 511, 512, 517, 520, 580, 581, 664
 — предложений 489, 490
 — Рассела 489, 490, 494, 517
 — Формальная 11, 19, 210, 216, 218, 370, 489, 517, 532, 580, 603
 Логическая операция 462, 496, 499, 500, 518, 611
 Логического исключения правило 611
 Логическое произведение, см. Логическое умножение
 — сложение 490
 — умножение 490, 492
- Лучи альфа 194
 Лучи каналовые (Гольдштейна) 194
 — катодные 145, 192, 314, 316, 641, 652
 — радия 314
 — Рентгена 145, 190, 640, 641, 652
- Магнетон 620, 621
 Масса 85, 88, 89, 90, 94, 104, 105, 134, 192, 193, 194, 195, 196, 314, 315, 316, 317, 348, 471, 618, 620, 642, 645, 646, 650, 651, 653
 — кажущаяся, см. Масса электродинамическая
 — механическая 193, 315, 651
 — реальная (действительная), см. Масса механическая
 — электродинамическая 193, 315, 651
 Материализм 631, 632, 633, 634
 Материя 136, 137, 145, 170, 192, 194, 195, 196, 312, 346, 616, 625, 631—644, 650, 654, 661
 Механизм Доплера — Физо, см. Принцип Доплера — Физо
 Механика Герца 452
 — Ньютона (ньютоновская) 644, 651
 Механицизм 633, 634, 635
 Множество (Menge) 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 605, 607, 609
 Мощность континуума 609
 — множества 609
- Наименьших квадратов метод 166
 Начало термодинамики второй, см. Закон термодинамики второй
 Небесная механика 203, 282, 285, 303, 364, 652
 Необратимость 107, 143, 144, 307, 319, 419, 420, 430, 628
 Необратимый процесс, см. Необратимость
- Непредикативная классификация 583, 584, 592, 597, 601, 604
 Непредикативное определение 613, 516, 585, 587, 588, 604
 Непредикативный закон соответствия 586
 — класс 514
 Непрерывности принцип 211
 Непрерывность 35, 37, 146, 237, 430, 463, 555, 642, 643
 — математическая 24—27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 47, 51, 209, 210, 239, 240, 242, 243, 244, 257, 259, 269, 270, 274, 275, 278, 288, 289, 393, 460, 463, 557—563, 579, 580
 — физическая 25, 27—30, 31, 34—36, 53, 76, 77, 146, 164, 167, 239, 240, 242, 243, 256, 257, 258, 266, 267, 269, 274, 275, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 569, 571, 572, 579, 580, 634, 642, 643
 Номинализм 8, 10, 91, 114, 203, 326, 327, 339, 341, 342, 345, 353
- Обратимость 107, 109, 144, 227, 308, 319

- Одновременность 80, 219, 222, 223, 226, 227, 230, 231, 232, 554
- Одновременные события, см. Одновременность
- Опыт 7, 8, 9, 10, 11, 20, 21, 24, 27, 28, 31, 49, 66, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 79, 83, 85, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 98, 107, 109, 112, 113, 114, 116—119, 124, 126, 128, 129, 135, 169, 195, 196, 212, 230, 233, 234, 238, 239, 252, 259, 273, 275, 276, 277, 278, 279, 283, 284, 285, 286, 291, 292, 309, 318—320, 322, 323, 324, 335, 348, 378, 454, 461, 471, 474, 484, 529, 530, 535, 539, 540, 542, 549, 551, 553, 564, 565, 570, 576, 580, 615, 617, 620, 624, 626, 645, 646, 647, 658
- Кауфмана 651
- Майкельсона (и Морли) 310, 313—314, 315, 321, 650
- Фуко 71, 96, 547
- Относительность психологическая 547, 548, 550
- физическая 547, 551, 552
- Ошибка измерения (наблюдения), см. Погрешность измерения (наблюдения)
- систематическая, см. Погрешность измерения систематическая
- случайная, см. Погрешность измерения случайная
- Ошибка теории, см. Погрешностей теория
- Парадокс, см. Противоречие
- Пасиграфия 485—489, 497
- Перемещение абсолютное, см. Движение абсолютное
- относительное, см. Движение относительное
- Планета малая 157, 159, 160, 297, 418, 425
- Платонизм 615
- Погрешность измерения (наблюдения) 84, 112, 153, 164, 232, 369, 417, 427
- систематическая 165, 166, 167, 332, 336, 422
- случайная 165, 166, 167, 332, 336, 422, 427
- Погрешностей теория 150, 165—167, 422, 427
- Положение абсолютное 250, 544, 576
- относительное 250, 544
- Полоний 640
- Постулат, см. Аксиома
- Евклида 38, 39, 40, 45, 66, 69, 78, 113, 471, 482, 498, 500, 501, 591
- Постулаты геометрии, см. Аксиомы геометрии
- Правило Фехнера, см. Противоречие
- Предикативная классификация 583, 584, 585, 597
- Предикативное определение 511, 514, 585, 597
- Предикативный закон соответствия 585, 586, 587, 602
- Принцип 91, 104, 114, 116, 185, 203, 303, 304, 305, 306, 318—320, 322, 323, 324, 325, 342, 343, 344, 353, 354, 374, 397, 464, 466, 467, 491, 506, 512, 515, 540, 605, 655
- Дирихле 209
- Доплера — Физо 627, 628
- достаточного основания 69, 82, 154, 156, 160, 167, 222, 230
- живых сил, см. Закон живых сил
- индукции полной (совершенной) 353, 355, 480, 481, 482, 483, 491, 493, 494, 497, 498, 499, 503, 507, 508, 509, 513, 590, 591, 600
- инерции 80—85, 90, 96, 98, 99, 102, 103
- Карно 134, 143, 144, 304, 306—308, 319, 419, 533
- Клаузиуса 108, 112
- Лавуазье 304, 305, 314—317
- Майера 103, 104—106, 108, 109—112, 132, 135, 136, 140, 143, 168, 172, 174, 184, 224, 303, 304, 305, 308, 323, 324
- наименьшего действия 103, 107, 132, 135, 136, 143, 172—176, 304, 305, 308
- Ньютона, см. Принцип (равенства) действия и противодействия
- относительного движения 96—96, 99
- относительности 191, 304, 309—312, 315, 320, 542, 548, 549, 550, 551, 553, 630, 631, 646, 647, 648, 649, 650
- пространства 69
- противоречия, см. Закон противоречия
- (равенства) действия и противодействия 87—90, 91, 93, 94, 138, 139, 142, 190, 304, 305, 306, 312—314, 316, 472, 474
- рассеяния энергии, см. Принцип Карно
- сохранения массы, см. Принцип Лавуазье
- энергии, см. Принцип Майера
- Принципы арифметики 494
- геометрии 9, 66, 344
- Гильберта 497
- динамики, см. Принципы механики
- логики (логические) 347, 455, 480, 491, 494, 512, 515, 516, 518
- математики 475, 481
- механики 10, 79, 90, 91, 112—114, 304, 344, 647
- термодинамики 107
- Простота (в науке) 108—109, 120, 121, 122, 123, 128, 129, 147, 164
- Пространство 9, 14, 24, 87, 38, 40, 46, 47, 50—56, 71, 72, 73, 74, 75, 102, 113, 121, 126, 138, 202, 220, 233—259, 264, 269—280, 282, 296, 309, 313, 343, 377, 396, 429, 436—454, 500, 520, 542—555, 560, 663—580, 583, 601, 607, 665
- абсолютное 71, 79, 80, 96, 99, 245, 257, 260, 363, 436, 437, 438, 442, 447, 647
- визуальное (зрительное) 51—53, 254, 255, 258, 264, 269, 273, 566, 567

- Проективность евклидова 50, 67, 68, 74, 75, 233, 237, 344
 —, изоморфность (тождественность) 269, 272, 273, 570
 — Лобачевского 237
 — моторное 53—54, 255, 258
 — неевклидова 50, 67, 68, 74, 75, 80, 233, 235, 237
 —, однородность 51, 60, 447, 448
 —, относительность 69, 70, 71, 191, 236, 269, 278, 370, 436—454, 543, 544, 547, 557, 576
 — представленный 51, 54
 —, размерность 51, 64, 75, 77, 202, 238, 254—259, 264—266, 267, 269, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 396, 449, 450, 451, 452, 555—559, 561, 566, 567, 569, 571, 572, 573, 575, 576, 577, 579
 —, связность 256
 — тактильное (осязательное) 53—54, 264, 265, 270, 271, 273, 566, 567
 —, точка 76, 77, 78, 184, 243, 244, 245, 260, 261, 265, 266, 269, 270, 271, 272, 436, 437, 442, 445, 446, 448, 449, 450, 451, 476, 567, 571, 583, 584, 586, 599, 601, 602, 609
 — четырехмерное (четырёх измерений) 42, 50, 65, 238, 554, 571, 575, 580
 Противоречие 29, 32, 33, 39, 41, 43, 49, 69, 91, 96, 113, 144, 398, 476, 477, 482, 483, 486, 488, 489, 491, 493, 494, 496, 497, 498, 499, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 516, 517, 529, 530, 532, 580, 587, 593, 597, 599, 601, 602, 603, 604, 610, 612, 615, 616
 Прямая (линия) евклидова 500, 501
 — неевклидова 500

 Равновесие 86, 93, 182, 472, 473, 474, 622, 623, 626, 645
 — неустойчивое 417, 418, 420, 429
 — тепловое 61, 537
 — термодинамическое 626
 — электростатическое 209
 Радиус 145, 192, 194, 306, 314, 317, 318, 323, 520, 539, 619, 638, 640, 646
 Радиоактивность 619, 640
 Распределение черного излучения 628, 629
 Реализм 614
 — математический 615
 — физический 615
 Реальность 8, 10, 112, 131, 143, 202, 204, 212, 213, 223, 288, 327, 345, 347, 338, 361, 362, 460, 462, 463, 471, 474, 614, 616, 619
 Рекуррентное доказательство 509
 — определение 561
 — (рас)суждение 508, 610
 — свойство 588
 Рекуррентность 593
 Рекуррентный класс 514, 588, 589, 591
 — метод 499, 507, 508, 509
 — порядок, см. Рекуррентный метод
 — характер, см. Рекуррентное свойство
 Рекуррентность 17, 18, 19, 20, 21, 22

 Решающий эксперимент, см. Experimentum crucis
 Решение (в математике) 381, 385, 391, 392, 527, 543, 549

 Сила 79, 80, 81, 82, 85—87, 90, 91—94, 95, 97, 98, 104, 111, 136, 274, 301, 303, 311, 315, 316, 417, 471—475, 645
 Синтетическое суждение 11, 12, 509
 — априорное (синтетическое суждение a priori) 478, 481, 491, 492, 500, 507, 508, 509
 Система Коперника 363
 — Птолемея 363
 Скорость света 230, 231, 232, 311, 312, 314, 315, 316, 324, 420, 439, 533, 539, 554, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 653
 —, постоянство 230, 231, 439
 Случайность (случай) 24, 82, 83, 101, 123, 139, 147, 162, 202, 295, 299, 341, 347, 349, 351, 353, 355, 362, 369, 414—435, 533, 534, 622, 636
 Соглашение (условное) 8, 25, 32, 49, 79, 80, 94, 98, 113, 114, 148, 149, 203, 225, 238, 333, 334, 336, 341, 342, 345, 347, 466, 480, 481, 495, 546, 547, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 564, 566, 569, 578
 Сокращение Фидджеральда (Лоренца) 195, 196, 311, 319, 320, 438, 439, 553
 Спектр, линия 321, 322, 620, 621, 623
 Спиритизм 638
 Степень свободы 470, 618, 620, 622, 623, 624, 625
 Строгость (в математике) 11, 14, 25, 387, 388, 460, 462

 Температура 61, 62, 69, 75, 87, 127, 299, 307, 316, 419, 420, 421, 529, 531, 532, 533, 535, 537, 538, 622, 623, 624, 625, 626, 629, 637, 638, 652
 Теорема Кёнига 136
 — Ли 46, 47
 — Цермело 607
 Теория 107, 130—135, 150, 177, 203, 281, 282, 290, 359, 360, 362, 427, 495, 628, 631, 633, 644
 — Ампера 178—185
 — Гельмгольца 132, 185—187, 191
 — Лоренца (и Фидджеральда) 139, 141, 190, 312, 319, 438, 439, 651
 — Максвелла 131, 136, 169—171, 176, 188, 190, 304
 — равномерного распределения (энергии), см. Закон равномерного распределения (энергии)
 — расположения (порядка) 492
 — распространения тепла 302
 — Рэлея 631
 — Френеля 131, 146, 167—169, 170
 — Фурье, см. Теория распространения тепла
 Тепло (теплота) 92, 127, 128, 134, 137, 283, 302, 306, 307, 359, 420, 530, 539, 623, 624, 628, 629, 636, 639, 640, 643

- Теплоемкость 623, 624, 625
 Теплопроводность 537, 538
 Термодинамика 103, 107, 143, 530, 622, 635
 Ток (электрический) 131, 141, 193, 206, 291, 309, 311, 334—336, 360, 641, 651
 — конвекционный 179, 189, 190, 191, 620
 — проводимости 178, 190
 — смещения 188
 Тяготение (всемирное) 301, 302, 317, 341
- Уравнение Лагранжа 143, 173, 174, 176
 Уран 145, 640
- Физика математическая 108, 116, 119, 120, 124, 125, 126—130, 169, 203, 209, 282, 286, 287, 291, 292, 300—325
 Функция (математическая) 203, 206, 209, 214, 216, 291, 390, 440, 461, 575, 590
 — аналитическая 424, 425
 — непрерывная 155, 156, 159, 161, 164, 208, 214, 236, 289, 291, 425, 428, 429, 459, 460, 461, 462, 558, 559, 627
 — предикативная 590
 — пропозициональная 511, 590
 — трансцендентная 154, 394
 — фуксова ¹⁾ 404, 405, 406
 — эллиптическая 405
- Центральная сила 88, 89, 136, 301, 303, 305, 306, 309, 324, 363
- Число 288, 291, 297, 434, 460, 484, 485, 488, 489, 492, 494, 495, 499, 503, 508, 510, 513, 514
 — алгебраическое 599
 — бесконечное 493, 518, 580, 590, 593, 596, 598, 602, 606, 607, 620
 — дробно-рациональное (соизмеримое) 24, 26, 27, 30, 31, 589, 599
 — иррациональное (несоизмеримое) 25, 26, 27, 30, 31, 209, 460
 — кардинальное (Кантора) 476, 585, 586, 587, 589, 608, 609
 — — трансфинитное 476
 — конечное 476, 487, 493, 495, 499, 508, 509, 510, 513, 517, 581, 584, 586, 589, 590, 591, 593, 596, 599, 600, 601, 602, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 614, 643
 — простое 394, 487, 605
- Число трансфинитное 476, 486, 487, 585
 — — количественное 602
 — — порядковое 476, 487, 509, 589, 602
 — трансцендентное 394
 — целое 20, 24, 26, 29, 32, 48, 210, 284, 288, 289, 393, 395, 458, 468, 469, 476, 481, 493, 495, 497, 499, 500, 505, 510, 515, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 588, 589, 591, 592, 599, 601, 602, 609
 — четное 29, 154, 428, 586
- Экономия мысли (мышления) 379, 383, 386, 388, 389
 Экстраполяция 380, 529
 Электрический заряд 106, 309, 314, 641, 642
 — (электродинамический) потенциал 69, 180
 Электричество 141, 170, 177, 283, 359, 640, 641
 Электродинамика движущихся тел 319
 Электромагнитная индукция 184, 185, 187, 188
 — теория света, см. Теория Максвелла
 Электромагнитное поле 305, 313, 651
 Энергетика ²⁾ 103, 107
 Энергия 103, 105, 110, 111, 135, 143, 172, 173, 312, 313, 317, 318, 323, 389, 533, 539, 620, 623, 625, 626, 628, 629, 630, 638, 646, 651, 656
 — кинетическая 103, 172, 173, 174, 175, 224, 629
 — потенциальная 103, 172, 173, 174, 175, 308
 Энтропия 143, 626, 628, 629
 Эпистемология 604, 613, 614
 Эфир 98, 131, 136, 137, 138, 142, 145, 168, 170, 194, 195, 196, 302, 304, 309, 312, 314, 315, 320, 361, 438, 616, 626, 630, 642, 647, 648, 651
 Эффект Зеемана 142, 144, 321
- Явление Зеемана, см. эффект Зеемана
- X-лучи, см. лучи Рентгена
 Analysis situs ³⁾ 36, 37, 236—238, 242, 397, 555—558, 561, 577—580
 Experimentum crucis 84, 117, 124, 176, 321
 Petitio principii 228, 485, 487, 495, 497

¹⁾ В современной математической терминологии — автоморфная функция.

²⁾ В нашей научной литературе это направление получило название «энергетизм».

³⁾ См. сноску на с. 36.

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора	3
Наука и гипотеза	5
Ценность науки	197
Наука и метод	367
Последние мысли	523
Анри Пуанкаре и наука начала XX века (М. И. Панов, А. А. Тяпкин, А. С. Шибанов)	673
Именной указатель	725
Предметный указатель	730

Научное издание

ПУАНКАРЕ Анри

О НАУКЕ

Заведующий редакцией *С. И. Зеленский*

Редактор *В. В. Донченко*

Художественный редактор *Т. Н. Кольченко*

Технический редактор *И. Ш. Аксельрод*

Корректоры *Л. С. Сомова, М. Н. Дронова*

ИБ № 41046

Сдано в набор 09.03.89. Подписано к печати 10.10.89. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 38,64. Усл. кр.-отт. 38,64. Уч.-изд. л. 41,87. Тираж 31 000 экз. Заказ № 89. Цена 3 р. 30 к.

Ордена Трудового Красного Знамени

издательство «Наука»

Главная редакция

физико-математической литературы

117071 Москва В-71, Ленинский проспект, 15

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгения Соколовой Государственного комитета СССР по печати, 198052 г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.

С1
П88

28

Анри
Пуанкаре
О НАУКЕ