

№	Источники излучения	Литература	Параметры системы	Энергия излучения, эрг	Мощность излучения, эрг/сек	Расстояние до Земли, см	Поток на Земле, эрг/см <sup>2</sup> сек	Длина волны, см	Длительность сигнала, сек.
17	Черная дыра в центре нашей Галактики	[84]	$M \approx 10^6 \div 10^8 M_{\odot}$ падает звезда $1 M_{\odot}$	$10^{51}$ $10^{45}$		$2,5 \cdot 10^{22}$	$10^{-3}$	$10^{11} \div 10^{12}$	$10 \div 10^4$
18	Двойная нейтронная звезда	[19, 47]	$M_{1,2} \approx 1 M_{\odot}$ $R \approx 10^6$ см		За несколько секунд до столкновения $10^{52} \div 10^{55}$	В центре нашей Галактики	$10^6 \div 10^9$	$10^3$ эц	$\sim 2$
19	Лобовое столкновение нейтронных звезд	[19]	$M_1 \sim M_2 \sim 10 M_{\odot}$ $R \sim 3 \cdot 10^6$ см	$3 \cdot 10^{53}$		В центре нашей Галактики	$10^{11}$	$10^3$ эц	$10^{-4}$
20	Несферическое колебание нейтронной звезды	[19, 92]	$M \gtrsim 0,5 M_{\odot}$	В импульсе $10^{52}$		В центре нашей Галактики	$10^6$	$10^3$ эц	$\sim 2$
21	Быстровращающаяся нейтронная звезда при переходе от одной тессеральной фигуры к другой	[114]	$M \sim 11 \cdot 10^{33}$ г $\omega \sim 4,7 \cdot 10^3$ сек <sup>-1</sup>	$2 \cdot 10^{51}$	$10^{55}$	В центре нашей Галактики	$10^{10}$	$1500 \pm 300$ эц	$3 \cdot 10^{-3}$

С. Голдберг

## МОЛЧАНИЕ ПУАНКАРЕ И ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ ЭЙНШТЕЙНА\* Роль теории и эксперимента в физике Пуанкаре

### Введение

Документы свидетельствуют [1], что Анри Пуанкаре никогда не высказывался публично по поводу специальной теории относительности (СТО). Так как большинство материалов личного архива Пуанкаре недоступно, его отношение к работам Эйнштейна и его молчание по этому поводу остаются довольно загадочными. Почти наверняка Пуанкаре был знаком с работами Эйнштейна по СТО.

Во-первых, он очень хорошо владел немецким языком; он обучился ему еще юношей, когда в 1870 г. его родной город Нанси был оккупирован немцами [2]. Во-вторых, ему часто приходилось докладывать членам Academie des Sciences о новых работах по электродинамике, выполненных в Германии [3]. В высшей степени невероятно, что он не заметил резюме первой работы Эйнштейна по СТО [4] или последующих статей Эйнштейна по тому же вопросу, в особенности же тех из них, которые были переведены на французский язык: ведь все эти статьи попадали прямо в области его собственных интересов в теоретической физике [5].

В предыдущей статье [6] я высказал мнение, отличное от мнения многих специалистов, о том, что Пуанкаре не только не предвосхитил Эйнштейна в развитии СТО, но что фактически Пуанкаре был вовсе не заинтересован в развитии теории относительности; его помыслы были направлены на развитие электронной теории материи и излучения. В настоящей статье я намерен углубить и обосновать эти утверждения, предложив возможное объяс-

\* S. Goldberg. Poincaré's Silence and Einstein's Relativity. The role of Theory and Experiment in Poincaré's Physics. The British Journal for the History of Science, vol. V, No 17, 73 (1970).

нение молчанию Пуанкаре по поводу работ Эйнштейна. С этой целью я хочу проанализировать три основных требования, которые Пуанкаре предъявил к любой «доброй» научной теории: простоту, гибкость и естественность.

## I. Требования, предъявляемые Пуанкаре к научной теории

### A. Простота и индуктивность

Как и большинство ученых любого поколения, Пуанкаре считал, что природа должна описываться простыми законами. Само представление о простоте в применении к науке почти всегда оказывается расплывчатым [7], и применение этого термина Пуанкаре лишь подтверждает это правило. Будучи конвенционалистом, Пуанкаре не верил в однозначное решение физических проблем. Свидетельством этому является, без всякого сомнения, примечание при корректуре, которым он сопровождает Введение к *Electricité et Optique*; там написано, что любая механическая система, к которой применим принцип сохранения энергии, допускающая одно теоретическое объяснение, допускает также бесчисленное множество таких объяснений, из которых можно выбрать любое [8].

Именно здесь простота должна была играть определенную роль для отделения «хороших» теоретических объяснений от «плохих».

«Быть может, придет день, когда физики потеряют всякий интерес к этим вопросам [выбора], которые, по-видимому, недоступны для позитивных методов, и оставят их метафизикам. Этот день еще не пришел: человеку не так-то просто отказаться навсегда от возможности понимания сущности вещей... Таким образом, выбор обуславливается соображениями, в которых идиосинкразия\* индивидуума является высшим судьей. Некоторые решения будут отвергнуты всеми, как слишком сложные, тогда как другие привлекут всех своей простотой» [9].

\* Идиосинкразия — повышенная чувствительность отдельных лиц к определенным веществам, воздействиям, а также интеллектуальное отвращение. (Прим. перев.).

Из высказывания Пуанкаре можно понять, что он допускает минимальную степень простоты, присущую теории, которая делает конкретные теории приемлемыми для всех.

Но не просто эстетическая привлекательность простоты придавала этому требованию особую ценность в глазах Пуанкаре. Когда он отрицал, что природа обязательно должна быть простой [10], предположение о том, что законы природы должны быть простыми, рассматривалось им как необходимость, от которой невозможно полностью отказаться, так как иначе научные исследования оказались бы невозможными [11]. Фактически Пуанкаре утверждал почти что в качестве рабочего правила, что каждый закон должен оказаться простым, если только противоположное утверждение не обнаружит такого свойства [12]. Такая позиция по отношению к научным теориям и законам полностью совместима с той точкой зрения, что научные теории представляют собой конвенции; и действительно, Пуанкаре защищал именно эту точку зрения, рассматривая евклидову геометрию и ее использование в физическом мире [13].

Однако, с точки зрения Пуанкаре, простота возникает не только как следствие деятельности человеческого разума. Она навязывается нам самой природой. Законы природы, подчеркивает он, основаны на фактах, которые имеют большую вероятность своего повторения, а из всех возможных фактов интересными являются те, которые повторяются. Но такие факты имеют большую вероятность быть простыми, потому что, чем проще факт, тем более вероятно его повторение. Это просто вопрос статистической вероятности.

Хотя Пуанкаре признавал наличие отдельного вопроса об определении «простоты», он говорил о том, что сама природа, действуя по закону случая, достаточно проста. У него, однако, не было математической модели для подкрепления своих рассуждений [14]. Его мысль можно понять следующим образом. Для Пуанкаре некоторые факты представляли интерес именно потому, что они повторяются снова и снова, потому что как раз на таких фактах основаны законы и научные теории. Но эти факты будут наиболее простыми, потому что — из всех возможных фактов — простейшие факты имеют наибольшую статистическую вероятность для повторения.

Слово «факт» осталось у Пуанкаре не определенным. Наиболее вероятными интерпретациями этого слова будут

«явление», «событие» или «ощущение». Примеры использования этого слова у Пуанкаре иллюстрируют неотчетливость его значения: «Мы не можем знать всех фактов, поскольку практически число их бесконечно...».

«Наиболее интересными фактами являются те, которые могут быть использованы неоднократно». «Именно с повторяющихся фактов нам следует начать...» [15].

Несмотря на свою конвенциалистскую позицию, Пуанкаре верил, что законы природы возникают как следствие того, что говорит нам природа; или скорее — чтобы быть более точными — законы природы — как результат того, что мы предпочитаем услышать от природы. Единственная конвенция, которая здесь возникает, относится к личной идиосинкразии в понимании «простого». Мы уже имели возможность указать [16], что, касаясь физики, Пуанкаре вовсе не придерживается своих конвенциалистских воззрений. Но фактически можно обнаружить отступления от позиций конвенциализма даже в его сочинениях более философского толка и — вполне в духе физики Пуанкаре — эти отклонения показывают, что время от времени в нем пробуждается философ-реалист.

Пуанкаре различает три вида гипотез:

«Некоторые из них поддаются проверке и, будучи однажды подтвержденными опытом, становятся весьма плодотворной истиной; другие могут быть полезными для нас, воплощая в себе некоторые идеи; и наконец... некоторые представляют собой только кажущиеся гипотезы и сводятся просто к замаскированным определениям или конвенциям. Гипотезы последнего типа особенно часто встречаются в математике и тех науках, в которых она используется» [17].

Наука, которую особенно выделял Пуанкаре и в которой математика играла особую роль, — это механика. Хотя он и понимал, что механика куда более тесно связана с экспериментом, чем чистая математика, он все же думал, что она носит в себе «конвенциальный характер геометрических постулатов» [18].

«Но теперь мы обращаемся к физическим наукам, названным вполне подходящим образом, и здесь картина меняется. Мы сталкиваемся уже с гипотезами иного рода и полностью осознаем, насколько они плодотворны... Метод физических наук опирается на индукцию, которая

научила нас ожидать повторения явления, если обстоятельства, обуславливающие его появление, воспроизводятся» [19].

Если роль простоты сводилась к тому, чтобы отфильтровывать наиболее вероятные явления, то роль обобщения, согласно Пуанкаре, также не вызывает сомнения:

«Эксперимент — это единственный источник истины. Только он один способен открыть нам нечто новое: только на него можно положиться. Эти два обстоятельства не вызывают сомнений. Но если эксперимент — это все, то какая же роль остается математической физике? Что общего у экспериментальной физики с таким помощником — мало того, помощником, который представляется бесполезным и даже опасным?»

«Но вовсе недостаточно просто наблюдать; нужно использовать наши наблюдения, и для этой цели мы должны делать обобщения».

«Всякое обобщение представляет собой гипотезу. Поэтому гипотезы играют существенную роль, которую никто никогда не оспаривал. Единственное, что здесь важно, так это подвергнуть гипотезу проверке, как можно скорее. Стоит ли говорить о том, что если гипотеза не выдерживает такой проверки, ее следует оставить без колебаний» [20].

Поэтому не вызывает удивления следующий факт. Когда Кауфман сообщил в 1906 г., что его эксперименты по измерению массы быстро движущихся электронов не соответствуют теории Лоренца, Пуанкаре тотчас уже усомнился в справедливости принципа относительности [21]. Если и существовали какие-либо сомнения относительно роли эксперимента в физике и — в частности — относительно роли экспериментов Кауфмана, Пуанкаре пытается рассеять их в следующих строках, относящихся к 1908 г.: «Один только эксперимент Кауфмана с лучами радия революционизировал сразу механику, оптику и астрономию» [22].

Было бы чрезмерным упрощением, однако, без оговорок записать Пуанкаре в чистые эмпирики, которые целиком полагаются на индукцию, чтобы перекинуть мост между экспериментальными данными и теорией. Пуанкаре ясно осознавал, например, что предвзятое мнение каждого отдельного ученого весьма важно для построения теоретического объяснения [23]. И он продолжает ту

же мысль, в тех же самых местах, где он настаивает на первенствующей роли опыта, что теории возникают как свободные творения человеческого разума и что экспериментальные свидетельства могут направить нас тем вернее, чем меньше возможностей выбора у нас будет.

В связи с этим очень трудно понять, как мог Пуанкаре утверждать, что один-единственный эксперимент оказался способным революционизировать какую-то науку. Я беру на себя смелость утверждать, что все это представляет нам еще один пример блужданий Пуанкаре между конвенциализмом и реализмом. Но такая позиция Пуанкаре становится еще более загадочной в свете его убеждения в том, что наука всегда развивалась и должна развиваться только постепенно.

### В. Гибкость и постепенность

Холтон определяет постепенность как явную тенденцию в мышлении Пуанкаре, когда он сталкивался с проблемами, которые привели физиков в конечном счете к построению СТО [24].

«Постепенность Пуанкаре очень подходила ему и вела к успеху, в особенности в той работе, которую он предпочитал... Есть люди, которым удается поднять фундаментальные проблемы, долго не сходявшие с повестки дня, на более высокую ступень совершенства. Работы Пуанкаре в физике носили... именно такой характер. Его сила состояла в том, что он снова и снова спасал физику Ньютона, Максвелла, Лоренца» [25].

Примеры такой постепенности разбросаны по сочинениям Пуанкаре. Холтон приводит два примера, один из которых представляет особый интерес. В одной из своих речей в 1904 г. Пуанкаре предлагает свою программу построения приемлемой электродинамики движущихся тел:

«Следовательно, начнем с теории Лоренца, поворочим ее хорошенько и, мало-помалу видоизменяя ее, быть может, приведем все в порядок» [26].

Такая позиция по отношению к изменениям, вносимым в физические теории, несовместима с любой мыслью о решающем эксперименте (*experimentum crucis*), и все же Пуанкаре, судя по всему, хочет сохранить и то и другое одновременно, не чувствуя, по-видимому, никаких

затруднений. С другой стороны, в ранних размышлениях Пуанкаре можно найти корни и мотивы для его требования постепенного изменения теорий. «Хорошие теории», писал Пуанкаре в 1900 г., «гибки».

«Те из них, которым придана жесткая форма и которые не могут быть подвергнуты исследованиям без их разрушения, фактически мало жизнеспособны. Но если теория представляет нам лишь определенные важные связи, ей можно придать тысячи различных форм, и она сможет противостоять всем испытаниям, тогда как то, что составляет ее сущность, останется неизменным...

Лучшие теории сохраняют свою силу, несмотря на все возражения; они добиваются триумфа даже над самыми серьезными возражениями, но этот триумф заставляет их претерпевать некоторые изменения.

Таким образом, возражения скорее идут на пользу теории, чем во вред ей, потому что позволяют раскрыть всю внутреннюю истину, заложенную в теории. Такой теорией является и теория Лоренца...» [27].

Едва ли стоит сомневаться в том, что Пуанкаре включил бы в свой список «хороших» теорий и ньютоновскую теорию. Не кто иной, как Пуанкаре, как это было отмечено Холтоном, в 1889 г. занялся проблемой трех тел и считал весьма вероятным, что ньютоновская теория сама по себе может объяснить все астрономические явления. Именно за эту работу Пуанкаре получил свою первую большую премию [28]. Холтон цитирует Чарльза Нордмана, характеризующего результат Пуанкаре 1889 г. как «кульминацию всех исследований за последние три столетия». Холтон указывает также, что много лет спустя ученик и друг Пуанкаре — Ланжевен — вспоминал о том, как был обеспокоен Пуанкаре в 1904 г. возможностью отказа от ньютоновской физики в пользу новой теории [29]. В 1908 г., даже после того как он затратил столько лет на совершенствование теории Лоренца, которая должна была дать объяснение всем физическим явлениям, Пуанкаре совсем не хотелось признаться, что ньютоновскую схему следует оставить.

«Следует ли нам сейчас отказаться от общих принципов динамики, которые со времен Ньютона служили основой физической науки и казались непреложными, или по крайней мере значительно изменить их? Именно этот вопрос задают многие в последние годы. Если слушать

этих людей, открытие радия пошатнуло то, что рассматривалось в качестве наиболее обоснованных доктрин — невозможность трансмутации металлов, с одной стороны, и, с другой стороны, — фундаментальные постулаты механики. Возможно, что в слишком большой спешке они считают последние открытия надежно установленными и пошатнувшими наших вчерашних идолов; быть может, стоит немного обождать и дожждаться большего числа более убедительных экспериментов. Ниоткуда не следует, что мы можем сразу приобретать новые доктрины и аргументы настолько весомые, что на них можно без колебаний опереться» [30].

Этот отрывок иллюстрирует не только «постепенный» подход Пуанкаре, но также и то значение, которое он придает индукции. Изменения, если уже в них возникает необходимость, должны быть основаны «на большем числе более убедительных экспериментов».

Развивая эту тему в следующем году [31], Пуанкаре пишет, что было бы преждевременным, по его мнению, рассматривать классическую механику как окончательно непригодную. Во всяком случае, замечает он, эта механика останется правильной для тех явлений, в которых участвуют тела со скоростями, малыми по сравнению со скоростью света. Может случиться, что соперник классической механики (теория Лоренца) «одержит триумф в ближайшие годы». Если такое случится, то Пуанкаре опасается, что дело научного образования во Франции столкнется с серьезными трудностями, потому что многие преподаватели не захотят больше знакомить своих учеников с элементарной механикой. Они заменят классическую механику на новую механику, в которой масса и время уже не имеют такого смысла, который им придавали длительное время. Опасения Пуанкаре по этому поводу оказались беспочвенными; а может быть, именно его опасения были приняты во внимание в последующие годы. Лемере жаловался в 1924 г. на то, что нет даже никаких признаков СТО в системе французского образования на каком-либо уровне [32]. И не далее как в 1955 г. Арцели мог написать:

«Во Франции есть несколько более или менее общих вариантов изложения релятивистской теории, и большинство из них обращено к очень ограниченной аудитории (элементарное изложение или — напротив — крайне математизированное). За очень редким и очень похваль-

ным исключением преподавание основ показывает невежество наших Faculties в том, что касается теории относительности. Программа по механике не предусматривает, вообще говоря, ни одного специального урока на механику больших скоростей (а квантовой механике не перепадает почти ничего). Все излагается так, как излагалось в начале нашего столетия, злой гений заморозил французскую механику (ту, которой обучают) в статую из математической магмы...» [33].

Так или иначе даже в 1909 г. Пуанкаре не хотел признать, что «новая механика» получила «надежные» обоснования\*. Его колебания, вне всякого сомнения, — большие, чем это было в 1905 г., — были навеяны заявлениями Кауфмана в 1906 г. о том, что его данные не подтверждают теорию Лоренца. Настойчивые требования Пуанкаре о проверке и та серьезность, с которой он воспринял результаты Кауфмана, являются лишними доказательствами индуктивного подхода Пуанкаре — подхода, в котором конвенционализм играл столь малую активную роль для физики. (По поводу экспериментов Кауфмана Эйнштейн отозвался только год спустя. Почти мимоходом он замечает, что ничего не видит порочного в технике экспериментов Кауфмана или его расчетах; тем не менее он отвергает результаты, поскольку только его теория является всеобъемлющей. Как это неоднократно случалось, инстинкт Эйнштейна его не обманывал, см. стр. 355.)

### С. Естественность и нарастание гипотез

Когда Пуанкаре подчеркивал важность требования, чтобы всякая «хорошая» научная теория была в высшей степени гибкой — настолько гибкой, чтобы она могла быть легко видоизменена при столкновении с противоречащими ей случаями, — он придавал также немалое значение качеству, которое могло служить противовесом стремлению к гибкости, именно — естественности. Почти все без исключения из числа тех, кто оценивал вклад Пуанкаре в электродинамику, отмечали, что он фактически с самого начала настаивал на том, чтобы Лоренц изъясился

\* Холтон указывает, что подобного рода утверждения Пуанкаре повторял и в последний год своей жизни, т. е. в 1912 г. См. [1], стр. 262, 263.

своей теории все то, что Пуанкаре считал *ad hoc* гипотезами [34]. Но что почти во всех случаях осталось незамеченным, так это то, что столь внимательное отношение Пуанкаре к *ad hoc* гипотезам непосредственно вытекало из его убеждения в том, что физические теории должны быть естественны. Говоря о силе теории Лоренца, сумевшей объяснить зеeman-эффект, Пуанкаре уже в 1899 г. замечает, что некоторые аспекты теории довольно искусственны.

«Каким бы искусственным ни казался нам характер всех этих гипотез, нам следует сейчас до поры до времени придерживаться обобщенной теории Лоренца, которая только одна в настоящее время позволяет установить связи между наблюдаемыми фактами» [35].

В этом отрывке Пуанкаре имел в виду тот факт, что невозможно объяснить все тонкости эффекта Зеемана, предполагая, что электрон представляет собой точечную массу, независимую от всех других электронов. К 1900 г. внимание Пуанкаре стало концентрироваться на предположениях, которые нужно было ввести, чтобы сделать теорию Лоренца совместимой с опытами второго порядка по обнаружению движения эфира (лоренцово сокращение).

«Должно ли быть новое правило левой или правой руки, новые гипотезы для каждой аппроксимации? Очевидно, нет: хорошая теория должна открывать возможность для проявления принципа относительности с первого толчка, во всей его строгости. Теория Лоренца пока этого не дает... Остается только надеяться на полностью удовлетворительное выполнение этого принципа без слишком глубокой модификации» [36].

Как мы уже говорили, Пуанкаре повторил эту программу в 1904 г., в том самом году, когда Лоренц опубликовал то, что могло рассматриваться как последнее слово в теории электронов, — теорию, описывающую явления в системах, движущихся относительно друг друга [37]. Во введении к этой работе Лоренц уделяет особое внимание критическим замечаниям Пуанкаре.

«Пуанкаре возражал против существующей теории электрических и магнитных явлений в движущихся телах потому, что для объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона требуется введение новых гипотез и что подобная необходимость может возникнуть каждый раз, когда появятся новые факты. Слов нет, необходи-

мость изобретения специальных гипотез для каждого нового экспериментального результата представляется несколько искусственной... Я думаю, что сейчас уже можно рассматривать весь вопрос с лучшими результатами» [38].

Но, оказывается, Лоренц не только сохранил в качестве гипотезы лоренцово сокращение, но, — как заметил Холтон, — ввел еще по крайней мере десять других *ad hoc* гипотез [39].

Замечательно то, что теперь Пуанкаре был удовлетворен. В 1905 г. Пуанкаре, припоминая свои прежние возражения по поводу лоренц-фитцджеральдовского сокращения, говорит уже о том, что работа Лоренца 1904 г., цитата из которой была только что приведена, преодолела все выставленные им возражения [40]. Почему он не остановился конкретно на тех пунктах, которые его удовлетворили? Это, по-видимому, объясняется тем, что Лоренц считал уместным: 1) распространить гипотезу о лоренцовом сокращении на все тела, движущиеся относительно мирового эфира, 2) перенести уравнения преобразования на случаи, выходящие за рамки электродинамики [41]. То, что Лоренц сделал оба эти шага «декретным путем», кажется, нимало не встревожило Пуанкаре.

Ключ к пониманию чувства удовлетворенности у Пуанкаре, по-видимому, заключен в том, что безотносительно к тому, как он это сделал, Лоренц фактически сумел обобщить теорию. Пуанкаре почувствовал, что теперь уже теория стала естественной, в том смысле, что она стала применима ко всем явлениям. Можно даже обнаружить, что после 1905 г. Пуанкаре неизменно трактует лоренцово сокращение как один из фундаментальных постулатов теории.

Мы уже говорили о том, что Пуанкаре рассматривал теорию Лоренца как достаточно гибкую, чтобы удовлетворить его требованиям к хорошей теории. Без сомнения, Пуанкаре должен был считать эту теорию также простой. Допустив, что теория гибка и естественна, и считая сверх того, что она описывает явления, которые регулярно повторяются, — Пуанкаре, по всей вероятности, должен был считать, что эта теория удовлетворяет его требованию простоты.

## II. Молчание Пуанкаре по поводу специальной теории относительности Эйнштейна

Я перехожу теперь к загадочному молчанию Пуанкаре по поводу вклада Эйнштейна в электродинамику движущихся тел. Одно и единственное замечание Пуанкаре в литературе в связи с работами Эйнштейна представляет собой ничем не вызванную реплику относительно эйнштейновской теории фотоэффекта: Пуанкаре показалось, что это был не очень простой метод анализа экспериментальной ситуации [42].

### A. Зависть в качестве мотива поведения Пуанкаре

Можно подумать, что Пуанкаре действовал из зависти, считая, что Эйнштейн получил признание за ту самую работу, которая была им, т. е. Пуанкаре, уже сделана раньше. По-видимому, Кешвани развивает ту точку зрения, что Пуанкаре действительно должен был бы получить признание, по крайней мере за обобщение принципа относительности, если не больше [43]. Он не доверяет заявлению Эйнштейна о том, что тот не видел работу Лоренца 1904 г. или последующих работ Пуанкаре и говорит, с одной стороны, что по отношению к Лоренцу Эйнштейн просто спутал, а — с другой стороны, — по отношению к Пуанкаре, что сам Эйнштейн признал, что он еще студентом прочел «Science and Hypothesis» [44].

Заглянув в прошлое, можно сейчас утверждать, что если бы Пуанкаре в свое время разделял бы взгляды, которых придерживается сейчас Кешвани, то он ошибался бы. Обстоятельства говорят довольно определенно в пользу того, что Эйнштейн мог и не видеть работы Лоренца 1904 г. Кроме того, читать книгу Пуанкаре «Science and Hypothesis» 1902 г. и «последующие работы Пуанкаре» — это существенно разные вещи [45]. Относительно того, что Эйнштейн был знаком с работой Лоренца, можно привести два соображения, чтобы опровергнуть утверждение Кешвани о том, что Эйнштейн перепутал: во-первых, как я уже подчеркивал в другой работе [46], Эйнштейн и Лоренц занимались построением двух различных теорий. Эйнштейну было вовсе не обязательно читать работу Лоренца, чтобы развивать свою теорию. Во-вторых, работа Лоренца 1904 г. получила — в лучшем случае — не очень

широкое распространение. Так, например, год спустя после ее публикации Лауэ, находившийся в мировом физическом центре (Институт кайзера Вильгельма в Берлине), с большим трудом получил оттиск этой работы [47]. Поэтому более чем вероятно, что Эйнштейн, работавший в Патентном бюро в Берне, в 1905 г. не видел работы Лоренца 1904 г. вплоть до публикации своей собственной статьи по СТО.

Но даже и не занимаясь историческими изысканиями, мало вероятно, что Пуанкаре овладело чувство ревности к Эйнштейну. Все, что нам известно о характере Пуанкаре, противоречит столь мелким мотивам, как зависть. Снова и снова люди, которые знали его в качестве коллеги [48], учителя [49] или, наконец, как великого ученого издали [50] — говорят о нем, как о человеке высокой интеллектуальной целостности, как о человеке с необыкновенным великодушием по отношению к другим и, наконец, как о человеке, весьма мало интересующемся вопросами приоритета.

### B. Главный мотив — тривиальность теории Эйнштейна

Кешвани, по-видимому, убежден в том, что лоренцовские формулы преобразования сами по себе уже и есть теория относительности [51], что Пуанкаре — в противоположность Лоренцу — отнюдь не сочувствовал эфиру и что главный новый вклад Эйнштейна состоял в том, что он «недвусмысленно утверждал, что представление об эфире излишне, если справедлив принцип относительности... Однако он мог поступить так потому, что он пренебрег трудностями, с которыми столкнется принцип относительности (или, возможно, просто их недооценил), когда рассматривается неравномерное и вращательное движение» [52].

В отличие от Кешвани, я не придерживаюсь тезиса о том, что формальные аспекты научной теории как раз и есть суть самой теории. То, что Лоренц и Эйнштейн пришли к одним и тем же формулам преобразования, вовсе не говорит о том, что их теории совпадали. Не имеет особого значения также и то, что Пуанкаре обнаружил групповые свойства преобразований Лоренца, или то, что из формул преобразования следует, что скорость света является предельной скоростью [53]. Пуанкаре (и Лоренц) и Эйнштейн делали разные вещи, разрабатывали

различные теории, исходя из различных исходных точек зрения [54].

В действительности эфир составлял одно целое с электронной теорией материи, как это ясно понимал Пуанкаре [55], а электронная теория ставила своей целью охватить всю физику. После 1904 г. в обзоре работ Лоренца Пуанкаре отметил, что, по его мнению, поставленная цель в сущности достигнута [56]. Имея в виду интерес Пуанкаре к всеобъемлющей электронной теории, которая использовала бы индуктивный принцип относительности, вполне разумно допустить, что он мог рассматривать теорию относительности Эйнштейна как тривиальную и неполную — как несущественно малую часть большей теории, которую он и Лоренц уже завершили.

Вероятно не только то, что Пуанкаре считал вклад Эйнштейна тривиальным [57]; возможно, что он не рассматривал теорию Эйнштейна как хорошую теорию. Пуанкаре придерживался в своих работах представления об абсолютном пространстве, независимо от того, доступно оно для наблюдения или нет. И хотя он понимал, что наблюдатели в различных системах отсчета найдут одно и то же значение для скорости света, это соглашение, эта инвариантность были для Пуанкаре всего лишь искусством измерения. По мнению Пуанкаре, была одна привилегированная система отсчета, в которой скорость света действительно была постоянной; такая система отсчета была единственной [58]. Такая точка зрения гармонировала с верой Пуанкаре в постепенность, потому что она означала, что классический закон сложения скоростей (получаемый на основе ньютоновских представлений) был бы справедливым, если бы не было лоренцова сокращения. Эйнштейн же, с другой стороны, сразу же отказался от классического закона сложения скоростей. Каким же искусственным должен был показаться Пуанкаре второй постулат Эйнштейна (инвариантность скорости света) с его исходных точек зрения о естественности теории и *ad hoc* гипотезах!

Логическая жесткость работы Эйнштейна, без сомнения, была вызовом представлениям Пуанкаре о гибкости научных теорий. Кроме всего прочего, в теорию относительности входили всего лишь два постулата, причем ни один из них нельзя было существенно изменить без того, чтобы фундаментально не изменить выводы теории.

И, наконец, Пуанкаре не оставлял надежды на то, что такие эксперименты, как опыт Майкельсона—Морли и опыты Кауфмана, можно будет совместить с ньютоновскими представлениями. Если это случится, то вся эйнштейновская схема, которая отвергает ньютоновские представления о пространстве и времени (чего теория Лоренца не делала), будет оставлена. Это была как раз такая теория, которой не хватало гибкости, чтобы пережить столь яростные атаки. Именно такие теории Пуанкаре всегда отвергал.

Возможно также, что Пуанкаре считал, что работе Эйнштейна не хватает простоты. Она не начиналась с обобщения простых «фактов» (в том смысле, какой придавал Пуанкаре слову «факт»), как это было в теории Лоренца. Лоренц, например, начинал с результата опыта Майкельсона—Морли, предполагая далее лоренцовское сокращение. Эйнштейн начинает с пересмотра понятия одновременности, отмечает некоторые странные симметрии в природе и очень редко прибегает к каким-либо экспериментальным данным и совсем не касается эксперимента Майкельсона—Морли. Эйнштейн иногда даже идет настолько далеко, что просто игнорирует подобные «факты». В 1907 г. Эйнштейн, с одной стороны, говорит о том, что он не видит ничего ошибочного в расчетах Кауфмана, и далее указывает на то, что он не знает, были ли полученные Кауфманом результаты для массы движущегося электрона следствием систематических экспериментальных ошибок работы Кауфмана или же следствием дефектов теории относительности. С другой стороны, Эйнштейн не хочет допустить, чтобы «факты» экспериментов Кауфмана оказали на него воздействие; в конце концов он отвергает результаты Кауфмана, поскольку они означали бы принятие менее удовлетворительной теории [59]. Как мы уже видели, — в противоположность этому, — Пуанкаре размышлял над тем, не означают ли результаты Кауфмана, что принцип относительности должен быть исключен из теории Лоренца.

По всем трем статьям, а именно — простоте, гибкости и естественности, — теория относительности Эйнштейна выглядела в глазах Пуанкаре явно недостаточной, причем в такой степени, что он просто не считал нужным о ней упомянуть. Теория Лоренца тщательно строилась в период с 1892 по 1904 г. под мягкой направляющей критикой со



стороны Пуанкаре. Для Пуанкаре теория Эйнштейна казалась лишь слабой попыткой объяснить небольшую часть явлений, полностью охватываемых теорией Лоренца.

### Литература и примечания

1. G. Holton. On the Thematic Analysis of Science: The Case of Poincaré and Relativity, in *Mélanges Alexandre Koyré* (Paris, Hermann, 1964), 267.
2. G. Darboux. Éloge historique d'Henri Poincaré, Oeuvres d'Henri Poincaré (II vols, Paris: Gauthier-Villars, 1934—54), vol. II, pp. VII—LXX, XV.
3. Ibid., XIII.
4. *Journal de physique*, V (1906), 493.
5. A. Einstein. Sur la théorie des quantités lumineuses et la question de la localisation de l'énergie électromagnétique. *Arch. des sci. phys. et nat.* XXIX (1910), 525—528; A. Einstein. Le principe de la relativité et ses conséquences dans la physique moderne. Ibid., 5—28, 125—144.
6. S. Goldberg. Henri Poincaré and Einstein's Theory of Relativity. *Amer. J. Phys.*, XXXV (1967), 934—944.
7. Ch. P. Frank. *Philosophy of Science* (Englewood-Cliffs: Prentice Hall, 1957), 350 ff. Франк великолепно показал причудливые ловушки, в которых оказываются все те, кому хочется воспользоваться понятием простоты применительно к науке. M. R. Cohen. *Reason and Nature* (2nd edn., New York: Harcourt Brace, 1931), 177 ff; M. Bunge. *The Myth of Simplicity* (Englewood-Cliffs: Prentice Hall, 1963), chaps. VI—VII.
8. H. Poincaré. *Électricité et Optique* (Paris, 1901), V — IX.
9. Poincaré, quoted in T. Dantzig, *Henri Poincaré: Critic of Crisis* (New York: Charles Scribner's Sons, 1954), 10.
10. H. Poincaré. *Science and Hypothesis* (New York: Dover Publications, 1952), 145.
11. Ibid. Cf. Carolyn Eisele-Halpern. Poincaré's Positivism in the Light of C. S. Pierce's Realism. *Actes du IX congrès international d'histoire des sciences* (Paris: Hermann, 1960), vol. I, 461—465.
12. Poincaré. *Science and Hypothesis*, 146.
13. Ibid., chaps 4, 5. Cf. Cohen, loc. cit.
14. H. Poincaré. *Science and Method* (New York: Dover Publications, n. d.), 17—19.
15. Ibid., 16—20.
16. Goldberg, loc. cit.
17. Poincaré. *Science and Hypothesis*, XXII.
18. Ibid., XXIII—XXVI.
19. Ibid., XXVI. Следует заметить, что в то время механику (по-французски *mécanique rationnelle*) изучали только на математических факультетах. Cf. *Rapports* (University of Paris, 1905—1906), 155—165.
20. Poincaré. *Science and Hypothesis*, 140, 150.
21. Holton, loc. cit. (1). Cf. Goldberg, loc. cit. (6).
22. Poincaré. *Science and Method*, 286.
23. Poincaré. *Science and Hypothesis*, 143.
24. Holton, loc. cit., 262, Cf. R. McCormach. Henri Poincaré and the Quantum Theory, *Isis*, LVIII (1967), 37—55. В работе Мак-Кормака предполагается, что Пуанкаре, по-видимому, не был так осторожен, когда речь шла о квантовых явлениях.
25. Holton, loc. cit. (1), 262.
26. Poincaré, цитируется у Холтона, loc. cit. (1).
27. H. Poincaré. La théorie de Lorentz et la principe de reaction. *Arch. Néerl.*, V (1900), 252—278.
28. Holton, loc. cit. (1), 262—263.
29. Ibid., fn. 9, 263.
30. Poincaré. *Science and Method*, 199.
31. Poincaré. La mécanique nouvelle [an address delivered at the French Association for the Advancement of Science, 1909]. (Paris: Gauthier-Villars, 1924), 16—17.
32. E. M. Lémeray. *L'éther actuel* (Paris, 1924), 124—127.
33. H. Arzelies. *La cinématique relativiste* (Paris: Gauthier-Villars, 1955), VII.
34. Cf. C. Scribner, Jr., Henri Poincaré and the Principle of Relativity. *Amer. J. Phys.* XXXII (1964), 672—678, 677. G. H. Keswani. Origin and Concept of Relativity. *Brit. J. Phil. Sci.*, XV (1965), 286—306. G. H. Keswani. Origin and Concept of Relativity II. *Brit. J. Phil. Sci.*, XVI (1965), 19—32. Holton, loc. cit. (1), 262.
35. H. Poincaré. La théorie de Lorentz et la phénomène de Zeeman. *L'éclairage électrique*, XIX (1899), 5—15. Reprinted in *Oeuvres d'Henri Poincaré*, IX, 454—460.
36. Poincaré. *Électricité et Optique*, 536.
37. H. Lorentz. *Electrical Phenomena In a System Moving with any Velocity less than that of Light*. *Proc. Acad. Sci. Amst.*, VI (1904). Перепечатано в *Lorentz et al. The principle of Relativity* (New York: Dover Publications, n. d.) 11—34. Все цитаты согласно Dover Publication.
38. Ibid., 13.
39. G. Holton. On the Origin of the Special Theory of Relativity. *Am. J. Phys.*, XXXIII (1960), 627—636.
40. H. Poincaré. Sur la dynamique de l'électron. *Rend. d. Circolo Mat. di Palermo*, XXI (1906), 129—179. Перепечатано в *Oeuvres*, IX, 494—550, 495.
41. Ibid., 496.
42. H. Poincaré. Les rapports de la matiere et de l'éther. *Journal de phys. the et app.* II. 347—360 (1912). Переп. в *Oeuvres*, IX, 669—682, 680.
43. Keswani, loc. cit. (36, II).
44. Ibid., 27.
45. Einstein, цитировано в Ibid. 25.
46. Goldberg, loc. cit. (6).
47. G. Holton. Influences on Einstein's Early Work in Relativity Theory. *The American Scholar*, XXXVII (1967—68), 59—79 (68—69).
48. Cf. Darboux, loc. cit., passim.
49. Cf. P. Langevin. *The Scientific Work. Volterra et al. Henri Poincaré* (Paris, 1914) passim.
50. Cf. Dantzig, loc. cit. (9), chap. I.

51. *Keswani*, loc. cit. (36) passim, loc. cit. (36,II) 23.  
 52. *Ibid.*, 28.  
 53. *Ibid.*, 30—31.  
 54. *Goldberg*, loc. cit. (6).  
 55. *Ibid.*  
 56. Сравнить с *H. Poincaré*. *La dynamique de l'électron* (Paris, 1913) passim. На самом деле, если бы Пуанкаре был жив, есть все основания думать, что он попытался бы включить последние по тому времени квантовые явления в рамки теории Лоренца. Сравните *H. Poincaré*. *Sur la theorie des quanta*. *Comptes Rendus*, CLIII, (1911), 1103—1108. *H. Poincaré*. *Sur la theorie des quanta*. *Journal de phys. thé. et app.* II (1912), 5—34. «В одном из своих критических очерков по логике и методологии науки Пуанкаре писал, что целью науки является раскрытие единства, а не механизма. Кванты были для него «чарующими» в их унифицирующем смысле: они очень подходили для его попыток свести все явления к их атомной интерпретации». (*McCormach*, loc. cit. (24), 39).  
 57. Кешвани ставил вопрос о том, не показалась ли работа Эйнштейна Пуанкаре тривиальной, но уклонился от его обсуждения. *Keswani*, loc. cit. (38,II); 31.  
 58. *Goldberg*, loc. cit. (6), 940.  
 59. *A. Einstein*. *Über Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogene Folgerungen*. *Tahrb. Rad. u. Elek.* IV (1907), 411—462. (436—439). *G. Holton*. *Mach, Einstein and the Search for Reality*, *Daedalus*, LXXXVII (1968); 636—673, (651—652).

*С. Г. Суворов*

## ОПЫТ И ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ

### 1. Проф. Дж. Холтон о соотношении между опытом и теорией

1. *О роли опыта Майкельсона в становлении теории относительности*. В этом выпуске «Эйнштейновского сборника» читатель найдет статью видного американского историка физики, профессора Гарвардского университета Дж. Холтона — «Эйнштейн, Майкельсон и „решающий“ эксперимент». Статья эта представляет интерес уже тем, что в ней обрисована историческая обстановка, в которой развивалась экспериментальная и теоретическая физика в один из важнейших периодов, когда во весь рост встали проблемы электродинамики движущихся тел. Привлекая огромный документальный материал, иногда впервые публикуемый в печати, автор убедительно показывает, в какой сложной драматической обстановке рождаются и развиваются новые идеи в науке. Ничто не утверждается без борьбы, иногда длящейся долгие годы. Отрицательный результат остроумного и точнейшего эксперимента Майкельсона, от которого ожидали подтверждения гипотезы стационарного эфира, был воспринят научной общественностью с разочарованием и недоумением. Опыт пришел в противоречие с установившимися взглядами, расстаться с которыми было нелегко. Сам экспериментатор был удручен результатом и пугался возможных выводов. Лоренц искал выход в специальных гипотезах, которые вызывали неудовлетворенность и недоверие своим явно приспособляющимся характером *ad hoc*. Но и теория относительности, по-новому решавшая стоявшие в физике проблемы, была встречена осторожно и с недоверием: столь необычна она была по своим выводам, по своей разрушительной силе, ниспровергающей априористические представления классической физики. Не случайно Эйнштейн не был представлен к Нобелевской премии за разви-