

Д. Холтон

## ЭЙНШТЕЙН, МАЙКЕЛЬСОН И «РЕШАЮЩИЙ» ЭКСПЕРИМЕНТ\*

### I. Введение

Высочайшие достижения в науке бывают совершенно различных родов: чисто теоретическое обобщение, поражающее своей радикальной синтетической мощью, и остромудрый эксперимент, иногда называемый «решающим», удивительный результат которого сигнализирует о поворотном пункте. Специальная теория относительности Эйнштейна, впервые опубликованная в 1905 году, является наилучшим примером первого рода, а эксперименты Майкельсона, проведенные в 1880-х годах с целью обнаружить с помощью света эфирный ветер, часто отмечались как типичные примеры достижений второго рода. Даже если бы оба эти достижения не имели никакого отношения друг к другу, каждый из них упоминался бы и изучался в силу собственных достоинств. Но оба эти случая фактически представляли дополнительный интерес для историков и философов науки; потому что, как мы увидим, на протяжении последнего полувека преобладало мнение, будто эксперименты Майкельсона и теория Эйнштейна имеют тесную генетическую связь, которая проще всего может быть выражена словами подписи под фотографией Майкельсона в недавней публикации научного общества:

\* G. Holton. Einstein, Michelson and the «Crucial» Experiment. *Isis*, 60, Part 2, N 212, 1969, стр. 133—197.

Я благодарю душеприказчиков и наследников Альберта Эйнштейна и особенно мисс Элен Дюкас за помощь и разрешение цитировать публикации и документы Эйнштейна. Первые варианты этой статьи были обсуждены в моем семинаре по истории науки, а ее рукопись была представлена в качестве одной из лекций, читаемых по понедельникам в Чикагском университете в ноябре 1967 г. Я благодарен также Рокфеллеровскому фонду и директору Villa Serbelloni за дружественное отношение, обеспечившее выход в свет окончательного варианта.

Майкельсон «выполнил измерения, на которых базируется специальная теория относительности Эйнштейна».

Более подробное объяснение экспериментальных истоков теории относительности предпринято в очерке Р. А. Милликена «К семидесятилетию Альберта Эйнштейна» (*«Albert Einstein and his Seventieth Birthday»*). Это была основная статья в специальном выпуске журнала *«Reviews of Modern Physics»*, посвященном Эйнштейну; некоторые отрывки стоят того, чтобы их процитировать.

«Можно считать, что специальная теория относительности по существу исходит из обобщения опыта Майкельсона. Именно здесь проявилась характерная для Эйнштейна смелость подхода, ибо отличительной чертой современного научного мышления является тот факт, что оно начинает с отбрасывания всех априорных представлений о природе реальности (или о законченной картине строения Вселенной), характерных практически для всей греческой философии, а также для всего средневекового мышления; вместо этого современное научное мышление берет в качестве отправного пункта прочно установленные, тщательно проверенные экспериментальные факты, независимо от того, кажутся ли в данный момент эти факты разумными или нет. Короче говоря, современная наука является существенно эмпирической...

Однако этот эксперимент, после того как Майкельсон и Морли провели его с таким исключительным мастерством и изяществом, вполне определенно показал, что... не существует наблюдаемой скорости Земли по отношению к эфиру. Этот противоречивый здравому смыслу, казавшийся необъяснимым факт причинил много беспокойства физикам девятнадцатого века; на протяжении почти двадцати лет после того, как этот факт был обнаружен, физики предпринимали множество неуверенных попыток представить его приемлемым. Тогда Эйнштейн обратился ко всем нам: «Давайте просто примем это как установленный экспериментальный факт», и он сам взялся за эту задачу с энергией и способностью, которыми обладают очень немногие люди на земле. Так появилась специальная теория относительности»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> R. A. Millikan. *Albert Einstein and his Seventieth Birthday*.— *Reviews of Modern Physics*, 1949, 21: 343—344. (Курсив в оригинале.)

Рождение новой теории как отклик на загадочную эмпирическую находку! Подобные вещи случались, но это могло быть также и материалом для сказок. У историка науки сразу возникает несколько интригующих вопросов: сколь важны были эксперименты для формулировки Эйнштейном теории относительности в его статье 1905 года? Какую роль сыграли эксперименты Майкельсона? Насколько добротны те основания, которые имеются для решения этих вопросов? Какой свет проливают на этот случай документы, особенно те, которые дают, по-видимому, противоречивые данные? Если эксперименты Майкельсона не имеют решающего значения, то почему встречается много ученых, утверждающих обратное? А если они имеют такое значение, то почему некоторые отрицают это? Какими философскими (или иными) предпосылками руководствуются обе группы? Что может этот случай сказать нам об отношении между экспериментом и теорией в современной физике? И прежде всего, что может этот случай сообщить нам о конкурирующих претензиях сенсуализма и идеализма представить более правдоподобно акт современного научного творчества?

Таким образом, на первый взгляд кажется, что ограниченный случай раскрывает обширную область общеизвестной учености — не тот род истории, которая применяет широкоугольную лупу, чтобы нарисовать картину подъема и падения основных теорий, а тот, который изучает то, что фокусирует лупа, чтобы понять роль современной научной работы. Мы увидим, что нужно было бы рассмотреть так много документов и действующих лиц, что даже в обширном обзоре все вопросы невозможно изложить. Но я сконцентрирую внимание на тех вопросах, которые подробно освещены документами, включая некоторые вновь найденные и еще не опубликованные, и воспользуюсь случаем, чтобы собрать вместе и сравнить предшествующие статьи по этому вопросу, пока еще совместно не рассмотренные.

Многое в этих источниках покажется противоречивым или двусмысленным. Сам Эйнштейн делал различные заявления о влиянии опытов Майкельсона, начиная с такого: «несомненно, опыт Майкельсона оказал значительное влияние на мою работу», вплоть до следующего: «Опыт Майкельсона — Морли имел незначительное влияние на открытие теории относительности». Явная на первый

взгляд несовместимость утверждений не должна вызывать тревоги. Наоборот, если бы указывалось только бесспорное основание некоторой позиции по сложному предмету спора, это не принесло бы успокоения, потому что могло бы указывать на неполноту доводов.

Мы будем взвешивать эти противоречия. При этом мы должны стремиться оценить общую систему взглядов, мотивы или социальную цель, скрытые за формулировкой, призванной доказать обоснованность идеи. Исторические утверждения, подобные тем, которые встречаются в физике, имеют смысл только по отношению к специфической обстановке. Иногда контекстуальная связь нас будет интересовать так же, как и использование «релятивистской» части доводов; такое освещение специальной проблемы может помочь прояснить ту или иную главу в истории идей.

Другой целью такого исследования может явиться просто исправление распространенных заблуждений. Хотя это и заманчиво, но это — не главная моя цель; вероятно, она не имела бы успеха, потому что вера в то, что Эйнштейн в своей работе, приведшей его к публикации в 1905 году теории относительности, опирался на результаты опыта Майкельсона, уже длительное время является частью фольклора. Она считается столь же установленным событием в истории науки, как и широко известный и принимаемый за истину рассказ о падающем яблоке в саду у Ньютона или о двух предметах, сброшенных Галилеем с наклонной башни в Пизе, — два других случая, в которых предполагается, что экспериментальный факт обеспечил рождение синтетической теории. Если утверждение Милликена, как и многие другие подобные ему, справедливо, то должно наступить время, когда можно надеяться найти надежное доказательство их. Но если их нельзя подтвердить, то возможно, пока еще не слишком поздно, остановить распространение такой увлекательной базы.

## II. Симбиоз загадок

Здесь может оказаться полезным краткий обзор существенных сторон хорошо известного опыта Майкельсона, хотя при этом и не будет выявлено главное основание, почему столь многие физические книги стремятся отме-

тить важность этого замечательного опыта. Несомненен факт, что это был один из наиболее чарующих экспериментов в физике. Его очарование, которое чувствуют как авторы учебников, так и физики-экспериментаторы, вытекает из его красоты и таинственности. Несмотря на то что в физике конца XIX века вопрос об эфирном ветре занимал центральное место, никто до Майкельсона не мог придумать и сконструировать прибор для измерения эффекта второго порядка, который доказывал бы наличие эфирного ветра. Интерферометр оказался таким прекрасным прибором. Изобретенный 28-летним Майкельсоном в ответ на призыв Максвелла, он мог обнаружить эффект порядка одной десяти миллиардной. В то время это был наиболее точный научный прибор, а сам эксперимент являлся одним из тех, в котором была достигнута наивысшая степень точности. Позднее сам Эйнштейн тепло и искренне оценивал экспериментальный гений и артистическое чувство Майкельсона<sup>2</sup>.

Как подробно рассказывает Майкельсон в описании своего эксперимента (в «Studies in Optics», 1927), одним из поводов, приведших к нему, был прежде всего эксперимент Джорджа Эйри по измерению угла aberrации телескопа, через который рассматривалась звезда с движущейся Земли. Если исходить из представления о све-

те как волне, распространяющейся в эфире, то следует ожидать, что при наполнении телескопа водой угол aberrации возрастет; однако эксперимент показал, что угол при этом остается неизменным. Поэтому Огюст Френель предположил, что эфир частично переносится, или увлекается вдоль движения средой (такой, как вода), имеющей показатель преломления больший, чем единица. Эта гипотеза удовлетворительно объясняла результат Эйри в количественном отношении; она была убедительно проверена Арманом Физо в специальном опыте, в котором исследовалось действие движущейся воды на распространение светового луча; измерения проводились в лабораторной системе отсчета. В то же время такой эксперимент подразумевал, что среда с показателем преломления, равным единице (такая, как воздух), находясь в движении, не переносила бы никакой части эфира.

Гипотеза о том, что Земля движется сквозь эфир, который остается безучастным и инертным около Земли (позднее более четко развитая Г. А. Лоренцом), побудила к прямой экспериментальной проверке. Но эта проверка требовала невиданного до того искусства наблюдения чрезвычайно малого предполагаемого эффекта второго порядка, ибо относительное движение Земля — эфир («эфирный ветер») должно было проявиться в изменении эффективной скорости света посредством фактора, содержащего квадрат отношения скорости Земли к скорости света  $(v/c)^2 = 10^{-8}$ .

Остроумное решение Майкельсона состояло в том, чтобы заставить два луча света от одного и того же источника одновременно пробежать (и вернуться обратно) вдоль двух путей, имевших в лаборатории одинаковую длину, но повернутых относительно друг друга на 90 градусов; это приводило к тому, что относительное движение различным образом воздействовало на оба световых луча. Но когда для сравнения их относительных эффектов посредством интерференционной картины оба луча были соединены вместе, аппарат Майкельсона («интерферометр») неожиданно дал то, что обычно называется отрицательным или пустым результатом. Говоря точнее, он дал, в пределах экспериментальной ошибки, такой результат, который можно было бы ожидать на основе совершенно иной гипотезы, а именно, что эфир не инертен, а каким-то образом увлекается вместе с Землей и таким образом не

<sup>2</sup> См. R. S. Shankland. Conversations with Albert Einstein.— American Journal of Physics, 1963, 31: 47—57. (Русск. перевод: Усп. физ. наук, 87, 711, 1965). Время от времени в текущих научных статьях физики возвращаются к эксперименту Майкельсона, рассматривая его в новом свете, см., например, R. P. Phillips. Is the Graviton a Goldston Boson? — Physical Review, 1966, 146: 966.

Следует заметить, что в этой статье, как и в большинстве физической литературы, термин «эксперимент (= опыт) Майкельсона» употреблялся более или менее равнозначно с терминами «эксперименты Майкельсона», «эксперименты Майкельсона — Морли» и т. п. Полезный обзор всей совокупности тесно связанных экспериментов Майкельсона совместно с его коллегой Е. Морли (опубл. в 1887 г.), Морли и Д. Миллера (1902—1904) и др. можно найти в работах R. S. Shankland et all. A New Analysis of the Interferometer Observation of Dayton C. Miller.— Review of Mod. Phys., 1925, 27: 167 и след.; T. W. Chalmers. Historic Researches. (London: Morgan Brothers, 1949), а также более кратко в книге: W. K. Panofsky, M. Phillips. Classical Electricity and Magnetism. (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1956), стр. 235.

имеет измеримого движения или ветра по отношению к Земле.

Красота замысла и выполнения эксперимента была в поразительном контрасте с непреодолимой трудностью его интерпретации. В одном аспекте возникает проблема досконального понимания принципа работы прибора в рамках эфирной теории, независимо от смысла получаемых с его помощью результатов. Сам Майкельсон, представив в 1882 году отчет Академии наук о своем первом эксперименте, признал, что он сделал ошибку в своем прежнем докладе в 1881 году, когда не обратил внимания на влияние движения Земли при прохождении света в плече интерферометра, расположенного под прямым углом к направлению движения. А. Потье, отметивший ошибку Майкельсона в 1882 году, также впал в ошибку<sup>3</sup>. С другой стороны, вопрос о том, как движущийся рефлектор в интерферометре влияет на угол отражения, был предметом непрерывных споров на протяжении более тридцати лет. Чтобы ощутить длительную путаницу в этих вопросах, нужно изучить протокол конференции экспериментаторов, специалистов по эфирному ветру; эта конференция под названием «Конференция, посвященная эксперименту Майкельсона—Морли», состоялась 4—5 февраля 1927 года в обсерватории Маунт Вильсон в присутствии Майкельсона и Лоренца<sup>4</sup>. Хотя теперь находят много упрощенных расчетов эксперимента, фактически подробная правильная теория предполагаемого действия интерферометра Майкельсона, чтобы показать эфирный ветер, является весьма сложной и редко излагается полностью.

Но сверх того были трудности и в другом аспекте: для всех в то время сам результат эксперимента выступал как чрезвычайно загадочный, а для многих он оставался таким и много лет спустя. Знаменитое изобретение привело к разочаровывающему, даже непостижимому результату в свете общепринятой тогда теории. Сам Май-

<sup>3</sup> R. S. Shankland. The Michelson-Morley Experiment.—Am. J. Phys., 1964, 32: 23. В 1886 г. (Nederland Archives, 1886, 21: 104—176) Лоренц также указывал, что анализ действия интерферометра, проведенный Майкельсоном в 1882 г., был ошибочен; например, он предсказывал двойное смещение полос.

<sup>4</sup> Conference of the Michelson—Morley Experiment.—Astrophysical Journal, 1928, 68: 341.

кельсон называл свой эксперимент «неудачей»<sup>5</sup>. Повторно полученные нулевые или почти нулевые результаты противоречили всем его ожиданиям. В отличие от общепринятого подхода, согласно которому настоящий ученый признает результаты экспериментальных исследований, опровергающих теорию, он отказывался признать значение своих собственных результатов, говоря: «Поскольку результат первоначального опыта был отрицательным, проблема все еще требует разрешения»<sup>6</sup>. Он даже пытался утешить себя замечательным рассуждением: «Эксперимент кажется мне исторически ценным уже тем, что для решения этой проблемы был изобретен интерферометр. Я думаю, будет признано, что изобретение интерферометра более чем скомпенсировало тот факт, что этот частный эксперимент дал отрицательный результат»<sup>7</sup>.

Другие были точно так же озадачены и разочарованы. Лоренц писал Рэлею 18 августа 1892 года:

«Я в чрезвычайном затруднении относительно того, как разрешить это противоречие, и тем не менее я думаю, что если бы нам пришлось отказаться от теории Френеля [теории эфира], у нас вообще не осталось бы приемлемой теории... Не может ли быть некоторого пункта в теории опыта мистера Майкельсона, который до сих пор не был замечен?»<sup>8</sup>.

Лорд Кельвин, видевший в результате этого эксперимента одно из облаков, затемнявших «красоту и ясность динамической теории, которая рассматривала теплоту и свет как виды движения», даже в 1900 году не мог прийти к этическим отрицательным результатами<sup>9</sup>. Рэлей, подобно Кельвину, побуждал Майкельсона повторить его первый эксперимент, признавался, что он считал нулевой результат, полученный Майкельсоном и Морли,

<sup>5</sup> Bernard Jaffé. Michelson and the Speed of Light. (New York: Doubleday, 1960) стр. 89. (См. русск. перевод: Бернард Джефф. Майкельсон и скорость света. М., ИЛ, 1962).

<sup>6</sup> Там же, стр. 90.

<sup>7</sup> A. A. Michelson. Light Waves and Their Uses. (Chicago: Univ. Chicago Press, 1903), стр. 159. (Русск. перевод: А. А. Майкельсон. Световые волны и их применения. Под ред. и с дополн. статьями засл. проф. О. Д. Хвольсона. Mathesis, 1912).

<sup>8</sup> R. S. Shankland. The Michelson-Morley Experiment, стр. 32.

<sup>9</sup> Там же.

«истинным разочарованием»<sup>10</sup>. Как отмечал С. Свенсон<sup>11</sup>, Майкельсон и Морли настолько были обескуражены нулевыми результатами своего эксперимента в 1887 году, что они пренебрегли сделанным обещанием о том, что измерения, которые они проводили в течение только шести часов (в пятидневный период) «будут повторены с интервалом около трех месяцев, и таким образом всякая неопределенность будет исключена». Вместо этого Майкельсон прекратил свою работу над этим экспериментом и обратился к новому использованию интерферометра для измерения длин (оказалось, что именно эта работа привела его к Нобелевской премии).

Вскоре ко всеобщему, включая и Майкельсона, удивлению, эксперимент оказался одним из «критериев», а не просто «приложением», если воспользоваться терминологией Дюгема. Действительно, он угрожал стать для исследователей эфира даже *malgré lui*\* решающим экспериментом в единственно правильном значении этого термина, а именно, как центральное событие, которое заставило значительную часть научной общественности пересмотреть свои прежние убеждения.

Мы можем подвести итог: для Майкельсона этот эксперимент был источником беспокойства и, может быть, настоящего несчастья на протяжении всей его жизни, и не только по причине нулевого результата, но также и по причине его различных объяснений. Вначале он полагал, что его открытия могли только означать, что гипотеза стационарного эфира неверна; но не было никаких лучших альтернатив. Идея о том, что эфир субстанциально переносится Землей, вступала в прямое противоречие с точно установленными результатами экспериментов по aberrации и по измерению френелевского коэффициента увлечения, проведенных Физо. А модификацию эфирной теории Стокса, которую Майкельсон поддерживал, лучшие теоретики, вроде Лоренца, нашли несостоятельной, опираясь на отрицательный результат Оливера Лоджа,

<sup>10</sup> R. S. Shankland. Rayleigh and Michelson. *Isis*, 1967, 58: 87.

<sup>11</sup> Loyd S. Swenson, Jr. *The Ethereal Aether: A History of the Michelson — Morley Aether-Drift Experiment, 1880—1930*. Диссертация, Claremont Graduate School, 1962. Я благодарю д-ра Свенсона за позволение прочитать его тезисы и за некоторые полезные обсуждения.

\* Вопреки желанию (франц.). (Прим. перев.).

предполагавшего увлечение эфира вблизи быстро движущихся дисков. Сам Лодж проявлял раздражительность в связи с беспокойными экспериментами Майкельсона, которые доставляли доказательства против существования в пространстве невозмущаемого движением эфира. Так, Лодж писал с единственным небольшим преувеличением, которое другие позднее использовали: «Единственным препятствием на пути простой доктрины о невозмущаемом движением эфире является эксперимент Майкельсона, т. е. отсутствие эффекта второго порядка, вызываемого движением Земли сквозь свободный эфир. Этот эксперимент должен быть разъяснен»<sup>12</sup>.

Весной 1897 года в Чикаго Майкельсон проверил возможность различного сопротивления эфира на разных высотах и тем самым — применимость гипотезы Стокса, которой он продолжал сочувствовать. Но огромный вертикальный интерферометр также дал отрицательные результаты. Теперь Майкельсон несомненно был скорее раздражен: «Кое-кто склоняется к возврату к гипотезе Френеля и стремится согласовать каким-то иным путем отрицательные результаты прежних экспериментов по обнаружению эфирного ветра»<sup>13</sup>.

Гораздо позднее, когда Майкельсон приступил к написанию «Studies in Optics», опубликованной в 1927 году, когда ему было 75 лет, он закончил главу «Влияние движения среды на скорость света» (проблема, на решение которой он затратил немало труда в своей жизни) вопросом, на который он все еще не мог дать ответа: «Однако следует допустить, что эти эксперименты не являются достаточно убедительными, чтобы оправдать гипотезу об эфире, увлекаемом Землей в ее движении. Но в таком случае, как можно объяснить отрицательные результаты?»<sup>14</sup>.

К этому времени появились два других выбора. В следующей главе Майкельсон впервые обратился к попытке Лоренца и Фитцджеральда объяснить «нулевой эффект предположением о сжатии материала опор для

<sup>12</sup> Transaction of the Royal Society, July, 1893, 184: 753. Как мы увидим, два года спустя Лоренц мог сослаться на два других давно известных измерения, которые также не были в согласии с предсказаниями эфирной теории.

<sup>13</sup> Л. Свенсон. Цит. произв., стр. 205, где приводится ссылка на Майкельсона: American Journal of Science, 1897, 3: 478.

<sup>14</sup> A. A. Michelson. Studies in Optics. (Chicago: Univ. Chicago Press, 1927), стр. 155.

интерферометра, как раз достаточным, чтобы скомпенсировать теоретическую разницу в пути». Но он немедленно добавил: «Такая гипотеза кажется довольно искусственной»<sup>15</sup>. Отметим мимоходом пункт, который позднее примет такие угрожающие размеры, что даже этому физику-экспериментатору, наиболее сильно нуждающемуся в объяснении, гипотеза Лоренца — Фитцджеральда предстает «искусственной», или, если использовать терминологию других, выражавших те же возражения, слишком очевидной гипотезой *ad hoc*<sup>16</sup>.

Что касается другого объяснения, — входившего в теорию относительности Эйнштейна, — то Майкельсон, долгое время выступавший против нее, теперь, в 1927 году, предложил «великодушное одобрение» этой теории, несмотря на многие «парадоксальные» следствия. Но это не было искреннее одобрение, поскольку «существование эфира оказывалось несовместимым с этой теорией», что представлялось ему непреодолимым дефектом: «Следует надеяться, что теория может быть согласована с существованием среды либо путем модификации теории, либо, что более вероятно, путем приписывания необходимых свойств эфиру»<sup>17</sup>. В другом случае, также в 1927 году, Майкельсон в последней, опубликованной перед кончкой статье обращался к эфиру со следующими грустными словами: «Говоря в терминах излюбленного старого эфира (который теперь отвергается, хотя я лично все еще оставаюсь ему верным)...»<sup>18</sup>

Если результат опыта Майкельсона представляется непостижимым на протяжении долгого времени (Свенсон показал, что он оставался неубедительным вплоть до 1920 года<sup>19</sup>), то теория относительности для большинства физиков казалась еще более непостижимой при ее выдвижении в 1905 году и в течение некоторого времени спустя. Запоздание признания теории относительности является предметом особого исследования. Прошло несколько лет,

<sup>15</sup> A. A. Michelson. Studies in Optics. (Chicago: Univ. Chicago Press, 1927), стр. 156.

<sup>16</sup> Более того, как это было вскоре понято, контракция Лоренца — Фитцджеральда ни в коем случае не была достаточной, чтобы обеспечить необходимую релятивистскую основу электромагнитных явлений. Мы вернемся к этому вопросу в должном месте.

<sup>17</sup> Там же, стр. 161.

<sup>18</sup> Conference on the Michelson — Morley Experiment, стр. 342.

<sup>19</sup> The Ethereal Aether.

прежде чем можно было сказать, что даже у немецких ученых стало преобладать мнение в пользу этой теории. Поворотным пунктом, по-видимому, явилась публикация в 1909 году речи Минковского «Raum und Zeit»<sup>20</sup>. В самом деле, самым первым откликом ученого мира на статью Эйнштейна по теории относительности было опубликованное в том же журнале категорическое экспериментальное опровержение этой теории В. Кауфманом<sup>21</sup>. В течение нескольких лет после первой публикации Эйнштейна не было получено никаких новых экспериментальных результатов, которые можно было бы использовать для «подтверждения» его теории и с которыми считалось бы большинство физиков; только в 1915 году было показано, что экспериментальная установка Кауфмана была дефектной. Как отметил Макс Планк в 1907 году, опыт Майкельсона тогда еще рассматривался как единственная экспериментальная опора<sup>22</sup>. Дальновидный физик В. Вин заблаговременно опубликовал свое несогласие с теорией относительности, в справедливости которой он не был убежден вплоть до 1909 года; последующее же признание было связано не с каким-либо определенным экспериментальным доказательством, а скорее с эстетическими соображениями, выраженными в словах, которые Эйнштейн должен был оценить: «Однако, что больше всего говорит в пользу теории, так это внутренняя согласованность, которая позволяет заложить непротиворечивый фундамент, относящийся ко всей совокупности физических явлений, хотя при этом привычные представления испытывают трансформацию»<sup>23</sup>.

<sup>20</sup> Phys. Zs., 10, 104, 1909. (Русск. перевод опубликован: 1) Сб. «Классики естествознания. Принцип относительности». ОНТИ, 1936; 2) Усп. физ. наук, 69, в. 2, 1959).

<sup>21</sup> G. Holtom. On the Origins of the Special Theory of Relativity.— Am. J. Phys., 1960, 28: 634. (Русск. перевод: «Эйнштейновский сборник», 1966). Изд-во «Наука», 1966).

<sup>22</sup> M. Planck. Zur Dynamik bewegter Systeme.— Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Berlin, 1907, 29; 542.

<sup>23</sup> W. Wien. Über Elektronen. (2nd ed., Leipzig: Teubner, 1909), стр. 32. Я благодарю С. Гольдберга за то, что он обратил мое внимание на эту и предыдущую ссылки. Подобные же ссылки приведены также в полезной статье К. Ф. Шеффера. The Lorentz Electron Theory and Relativity (в печати), которого я благодарю за препринт его статьи, полученной незадолго до завершения этой работы.

Макс Лауз в своем учебнике по теории относительности в 1911

Поэтому при обзоре прошлого кажется неизбежным то, что произошло на протяжении десятилетия, следующего за опубликованием статьи Эйнштейна 1905 года, — особенно в дидактической литературе, — а именно, взаимно полезное соединение загадочного эксперимента Майкельсона и почти неправдоподобной теории относительности. Можно было думать, что однозначный результат опытов Майкельсона является экспериментальной основой для понимания теории относительности, которая в противном случае казалась противоречащей здравому смыслу. В свою очередь, теория относительности могла объяснить результат опыта Майкельсона не так «искусственно» или не *ad hoc*, как это явно ощущалось в предложенной Лоренцом и Фитцджеральдом гипотезе сжатия. Это обеспечило их долговременный союз.

### III. Подразумеваемая история в дидактических трудах

Взгляд на побочный материал — на ту «систему отсчета», в которой каждый получает свою первую ориентацию, — покажет нам, как связывались работы Эйнштейна и Майкельсона и каковы были дополнительные педагогические основания этой тенденции.

году еще должен был признать, что «экспериментальное решение в пользу теории Лоренца или теории относительности фактически не было получено, и то, что первая отошла на задний план, главным образом обязано тому факту, что эта теория нуждается еще в большем и простом универсальном принципе, обладание которым с самого начала придает теории относительности внушительный вид» (Das Relativitätsprinzip. Braunschweig: Vieweg, 1911, стр. 19—20). И мы скоро увидим, сколь краток был данный самим Эйнштейном перечень результатов, достигнутый теорией относительности до 1915 года.

Окончательно специальная теория относительности была принята во всем ученом мире как фундаментальная часть физики благодаря событиям, вышедшим далеко за рамки самой статьи Эйнштейна 1905 года. Прежде всего среди этих событий были такие экспериментальные достижения, как экспедиция по исследованию затмения в 1919 году, приведшая к успешной проверке предсказаний общей теории относительности, применение релятивистских расчетов для объяснения тонкой структуры спектральных линий, эффекта Комптона и т. д. Тем временем для интересующейся публики и для многих физиков результат Майкельсона оставался той опорой, которая поддерживала теорию относительности, особенно перед лицом ее вызывающих парадоксов и иконоборствующих требований.

Еще задолго до того, как мы смогли прочесть специальную литературу того же рода, как и та, в которой опубликовано утверждающее мнение Милликена, многим из нас первые учебные курсы уже сообщили о том, какие отношения существовали по общему мнению между экспериментами Майкельсона и теорией Эйнштейна. Конечно, обучать историю науки или даже подразумевать ее в неявном виде не является задачей обычных учебников по физике, но они все же это делают с самыми лучшими намерениями. В результате существует широко распространенная, популярная, «подразумеваемая» история науки. Фактически, поскольку лишь немногие студенты берут *bona fide*\* курсы по истории науки, подразумеваемая история является версией, наиболее распространенной; в силу ее распространенности, она, в свою очередь, является той версией, которая успешно служит будущим историкам в качестве оправдания.

По вопросу, который здесь обсуждается (как и по многим другим), учебники, по существу, единодушны. Взяв с книжной полки практически наугад какую-нибудь из современных книг, мы найдем в ней такое же типичное изложение, какое содержится в превосходном учебнике Роберта Лейтона «Principles of Modern Physics». Эта книга начинает изложение теории относительности в первой главе, описывает опыт Майкельсона — Морли в разделе 1 и находит, что «в конце концов Эйнштейн предложил радикально отличающийся подход к проблеме, поставленной экспериментом Майкельсона — Морли. Он объяснил его нулевой результат просто обращением к принципу относительности...»<sup>24</sup>. Многие утверждения с тем же самым подтекстом легко можно найти в других учебниках, включая и мои любимые<sup>25</sup>.

\* По доброй воле (лат.) (*Прим. перев.*).

<sup>24</sup> R. B. Leighton. Principle of Modern Physics. (New York: McGraw-Hill, 1959), стр. 5: курсив наш.

<sup>25</sup> «[Эксперимент Майкельсона — Морли] был одним из самых замечательных в девятнадцатом веке. Простой по своему принципу, этот эксперимент привел к научной революции с далеко идущими следствиями». Charles Kittel, Walter D. Knight and Melvin A. Ruderman. Mechanics. (New York: McGraw-Hill, 1965), стр. 332; курсив наш.

«Как упоминалось выше, были сделаны попытки определить абсолютную скорость Земли сквозь гипотетический «эфир», ко-

Хотя ни один из этих авторов фактически не связывал себя однозначно формулировкой о причине и действии, отрывки создают общее впечатление, что была непосредственная генетическая связь. Почему это так? Простейшая гипотеза состояла бы в том, что такова была истина. Но даже прежде чем мы проверим эту возможность, мы должны отметить два подозрительных обстоятельства. В первую очередь эксперименты Майкельсона не влекут за собой с *необходимостью* теории относительности Эйнштейна. В своей тщательной обзорной статье «Postulate versus Observation in the Special Theory of Relativity»

торый, как предполагалось, заполнял собой все пространство. Наиболее известный из этих экспериментов был выполнен Майкельсоном и Морли в 1887 году. Прошло 18 лет, прежде чем отрицательные результаты этого эксперимента были объяснены Эйнштейном». Richard Feynman, Robert B. Leighton and Matthew Sands. *The Feynman Lectures on Physics*, Vol. 1. (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1963), p. 15.

«Майкельсон и Морли обнаружили, что скорость Земли в пространстве не влияет на скорость света относительно их. Вывод ясен, либо Земля как-то движется сквозь пространство, наполненное эфиром, медленнее, чем она движется вокруг Солнца, либо все наблюдатели должны установить, что их движение в пространстве не влияет на скорость света относительно их. Упомянутый вывод был ясен, по крайней мере для Эйнштейна, который знал о «неудачных попытках обнаружить какое-либо движение Земли относительно «световой среды». James A. Richards, Frances W. Sears, M. Russel Wehr and Mark W. Zemansky. *Modern College Physics*. (Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1962), стр. 769; курсив наш.

«После некоторого периода приспособления и размышления, протекавших с различной степенью успеха, этот знаменитый экспериментальный результат [Майкельсона и Морли] привел к более всеобъемлющему постулату, одной из основных опор теории относительности Эйнштейна». G. Holton. *Introduction to Concepts and Theories of Physical Science*. (Cambridge, Mass.: Addison-Wesley, 1952), стр. 506; курсив наш.

Мы не должны забывать, что некоторые авторы учебников, хотя они и в меньшинстве, не имеют в виду генетическую связь между экспериментами Майкельсона и теорий относительности Эйнштейна, а немногие даже специально отрицают такую связь. Примерами этого меньшинства являются: R. B. Lindsay and H. Margenau. *Foundations of Physics*. (New York: John Wiley, 1936); R. A. Tricker. *The Assessment of Scientific Speculation*. (London: Mills & Boon, 1965); A. P. French. *Special Relativity*. (New York: Norton, 1968), и R. Resnick. *Introduction to Special Relativity*. (New York: John Wiley, 1968).

Робертсон пишет: «Кинематическая предпосылка для этой теории — операциональное истолкование преобразования Лоренца — была получена Эйнштейном дедуктивно из общего постулата, касающегося относительности движения, и более специфического постулата, касающегося скорости света. Когда эта работа выполнялась, индуктивный подход не мог однозначно привести к предложенной теории, ибо основные, относящиеся к делу наблюдения, имевшиеся в то время в распоряжении физиков, особенно эксперимент Майкельсона и Морли по обнаружению «эфирного ветра», могли быть объяснены и другими, хотя и менее привлекательными путями»<sup>26</sup>.

Второй пункт состоит в том, что в учебнике трудно излагать когда-то данное обоснование того, что подразумевается под генетической связью; а при отсутствии ясного обоснования того или иного пути a priori велика вероятность того, что в педагогическом изложении любого предмета науки будет внушаться мысль о наличии генетической связи, ведущей от эксперимента к теории. Почти каждый учебник по необходимости придает большое значение ясной, недвусмысленной индуктивной аргументации. Если бы учебник иногда допускал возможность корректных обобщений и без опоры на такое однозначное экспериментальное обоснование, то вся система преподавания была бы поставлена под угрозу.

Более того, в учебнике или в обзорном курсе, в которых должен быть изложен большой материал, вероятнее всего (по причинам объема или каким-либо другим) автор выберет один подходящий эксперимент, который может быть убедительно представлен, а не ряд различных экспериментов, которые с исторической точки зрения являются такими же хорошими или даже лучшими аргументами. Конечно, драматическая особенность эксперимента Майкельсона увеличила его шансы как подходящего аргумента.

Но в случае теории относительности у автора дидактического очерка есть еще дополнительный мотив — сократить период сомнений в научной среде, который последовал за публикацией Эйнштейна в 1905 году. Можно было ожидать, что студент легче воспримет такую выходящую за рамки обычных представлений теорию, как

<sup>26</sup> Rev. Mod. Phys., 1949, 21; 378.

теория Эйнштейна, если он увидит, что Эйнштейн, или по крайней мере читатели Эйнштейна, убедились в ее справедливости благодаря некоторому четкому эксперименту.

Поэтому в учебниках мало говорится о временами драматической борьбе, которая иногда требовалась для постепенного принятия новой теории. Этот недостаток хорошо согласуется с другой, моральной функцией учебников, которая заключается в том, чтобы умышленно ослабить роль личных побуждений и борьбы при выполнении ученым его научной работы; это помогает подвести студента к тому, что автор учебника, возможно, бессознательно, обычно понимает под общепринятыми нормами профессионального поведения.

Авторы учебников, вероятно, не могут и определенно не хотят иметь дела с личным аспектом в развитии науки, аспектом, который может сильно различаться от одного ученого к другому и который в любом случае очень далек от полного понимания. Оказывается проще иметь дело с общественным аспектом науки, относительно которого существует некоторое (хотя, возможно, и ложное) согласие. Внимание историка привлекают элементы, которые позволяют изучать классический случай различия между личным и общественным аспектами науки, или вопрос об относительной роли теории и эксперимента в современном научном новаторстве, или квазиэстетические критерии для выбора между конкурирующими системами понятий, охватывающих одни и те же «факты» различными способами. Но в учебниках все это уступает место другим, более простым целям.

Педагогическая полезность указания на эксперимент Майкельсона как на специфический исходный пункт для теории относительности в немногих случаях была сформулирована правильно. Так, в книге «Duration and Simultaneity», в главе 1 «Неполная относительность» Анри Бергсон пишет следующее:

«Теория относительности, даже «специальная», говоря строго, не основана на результате эксперимента Майкельсона—Морли, так как она выражает в самой общей форме необходимость сохранения постоянной формы для законов электромагнетизма при переходе от одной системы отсчета к другой. Но эксперимент Майкельсона—Морли имеет большое преимущество, так как,

формулируя эту проблему на конкретном языке, он тем самым расширяет ее значение в наших собственных глазах. Он, так сказать, материализует [претворяет в жизнь] трудности. Философ должен от нее отправляться; к ней он будет непрерывно возвращаться, если он желает осознать истинный смысл времени в теории относительности»<sup>27</sup>.

В защиту авторов учебников следует указать, что они редко противоречат тому, что выражают сами выдающиеся ученые в своих собственных популярных и дидактических работах. В этом случае среди физиков было такое же поразительное согласие, как и среди авторов учебников,— они следуют мнению Милликена. Более ранний пример физика, который был также и автором первого серьезного учебника по теории относительности (1911), является Макс фон Лауз, который дает такую оценку:

«Однако отрицательный результат опыта Майкельсона вынудил перейти [от лоренцовской теории инертного эфира] к новой гипотезе, приведшей к теории относительности. Таким образом, этот эксперимент стал, как это и было, фундаментальным экспериментом для теории относительности именно потому, что, отправляясь от него

<sup>27</sup> Henri Bergson. Duration and Simultaneity (в оригинале — Durée et Simultanéité, Paris, Alsin, 1922; перевод напечатан: New York: Bobbs-Merrill, 1965), стр. 9; курсив наш. Заметим, что здесь, как и в приведенной выше цитате из труда Лауз, слишком большое значение приписывается тому, что уравнения преобразования могут быть выведены из эксперимента. Но эти отрывки были написаны до получения результатов опытов Кеннеди — Торндайка (1932) и Айвса — Стивелла (1938).

Другая правдивая оценка полезности обрисованного подхода Бергсона дана в книге: Mary B. Hesse. Forces and Fields. The Concept of Action at a Distance in the History of Physics. (London: Thomas Nelson, 1961), стр. 226: «В качестве экспериментальной базы специальной теории относительности обычно указывается эксперимент Майкельсона — Морли. Но он не был единственным экспериментом, обосновывающим наиболее удобное объяснение на языке этой теории, потому что были и другие, относящиеся к оптическим и электромагнитным свойствам движущихся тел, которые вели в том же направлении, но так как эксперимент Майкельсона — Морли наиболее известен и сравнительно прост, то его удобно использовать для анализа логической структуры этой теории».

См. также: E. Meuyerson. La Deduction Relativiste. (Paris: Payot 1924), стр. 110—113 и E. Cassirer. Einstein's Theory of Relativity в Substance and Function, and Einstein's Theory of Relativity. (New York: Dover, 1953), стр. 375.

[этого эксперимента], почти непосредственно получают вывод преобразований Лоренца, которые содержат принцип относительности»<sup>28</sup>.

Самое замечательное то, что сам Эйнштейн в своих откровенно дидактических публикациях оставлял у некоторых своих читателей подобное же впечатление об отношении своей теории к работе Майкельсона. Например, в своей ранней *gemeinverständliche* (общедоступной, популярной) книге «Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie» дается изложение, которое стало обычным для учебников:

«Приходилось предполагать, что такой эфирный ветер должен существовать и относительно Земли, и физики стремились обнаружить этот ветер. Майкельсон нашел для этого путь, который, казалось, должен был привести к цели... К большому смущению физиков, эксперимент дал отрицательный результат. Лоренц и Фитцджеральд вывели теорию из этого затруднительного положения, предположив, что движение тела относительно эфира вызывает сокращение тела в направлении движения... Но истолкование, предлагаемое теорией относительности, несравненно более удовлетворительно»<sup>29</sup>.

<sup>28</sup> Von Laue. Das Relativitätsprinzip, стр. 13 (все переводы из немецких источников выполнены автором, если нет иных указаний).

Другой характерный пример дает Артур Холли Комптон, лауреат Нобелевской премии и бывший коллега Майкельсона: «Этот эксперимент более чем что-либо другое явился поводом для развития теории относительности...» Цитировано по книге: Marjorie Johnston, ed. The Cosmos of Arthur Holly Compton. (New York: A. A. Knopf, 1937), стр. 196, из обзора, впервые опубликованного в 1937 г.).

<sup>29</sup> Albert Einstein. Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie. (Braunschweig: Vieweg, 1917). [См.: Альберт Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. I, стр. 557].

Более раннее обсуждение этих проблем содержалось в работе Эйнштейна «Über das Relativitätsprinzip und die aus demselben gezogenen Folgerungen», опубликованной в 1908 году в «Jahrbuch der Radiaktivität und Elektronik», 4 : 411—462 [см.: А. Эйнштейн. Собр. научн. трудов, т. I, стр. 65—114]. Сначала статья была заказана издателем журнала, Дж. Штарком; предполагалось, что она будет обзорной. Статья не содержала точного исторического очерка. Эйнштейн говорит: «Ниже делается попытка свести в единое целое [zu einem Ganzen] работы, которые возникли до настоящего времени путем объединения теории Лоренца и принципа относительности..., при этом я следовал работам Лоренца (1904) и своей (1905)». Здесь мы снова находим последовательность формулировок, которую можно рассматривать как то, под чем подразумевают историю:

В то время Эйнштейн не мог что-либо сказать о своем собственном историческом пути, и его ссылки на эксперимент Майкельсона в этой и в других дидактических работах в течение первого десятилетия теории относительности не могли ни повлиять, ни подкрепить дидактические сочинения других. Это влияние сказалось даже после совершенно иных, явно исторических высказываний, обсуждаемых позднее.

Одной из наиболее интересных ранних работ Эйнштейна, которая иногда цитировалась как исторический документ, доказывающий влияние эксперимента Майкельсона, является его статья «Теория относительности» в сборнике, состоящем из тридцати шести обзоров выдающихся физиков, имевшем целью отразить «состояние физики в наше время»<sup>30</sup>. Эйнштейн начинает эту статью так: «Вряд ли можно выработать самостоятельное суждение о правильности теории относительности, не познакомившись хотя бы вкратце с опытами и идеями, предшествовавшими этой теории. Поэтому с них и надо здесь начинать». Затем следует обсуждение опыта Физо, приведшего к теории Лоренца, базирующейся на гипотезе инерт-

нения теории Лоренца и принципа относительности..., при этом я следовал работам Лоренца (1904) и своей (1905)». Здесь мы снова находим последовательность формулировок, которую можно рассматривать как то, под чем подразумевают историю:

«Однако отрицательный результат опытов Майкельсона и Морли показал, что по крайней мере в этом случае отсутствует также эффект второго порядка (пропорциональный  $v^2/c^2$ ), хотя, согласно основам теории Лоренца, он должен был бы проявиться на опыте. Известно, что это противоречие между теорией и опытом формально было устранено гипотезой Г. А. Лоренца и Фитцджеральда, согласно которой движущиеся тела испытывают определенное сокращение в направлении своего движения. Но эта гипотеза, введенная ad hoc, кажется всего лишь искусственным средством спасения теории».

Продолжая далее, в еще нейтральном и пассивном тоне, Эйнштейн говорит, что «неожиданно» оказалось, что для преодоления трудности необходимо достаточно точно сформулировать понятие времени, т. е. осознать, что введенная Лоренцом вспомогательная величина *Ortszeit* (местное время) должна быть определена как само время. Только идея о светодовом эфире должна быть отброшена.

<sup>30</sup> Die Physik. Ed. E. Warburg. (Leipzig: Teubner, 1915), стр 703—713 (А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. I, стр. 410—424).

ного эфира. Несмотря на успех «одна сторона этой теории не могла не вызвать подозрения среди физиков»<sup>31</sup>. Казалось, что она противоречит принципу относительности, справедливому в механике, а также, «насколько простирается наш опыт, вообще»— за пределами механики. Согласно этому принципу, все инерциальные системы равноправны. Но не так в теории Лоренца: система, покоящаяся относительно эфира, имеет специфические свойства, например, скорость света постоянна только относительно этой единственной системы. «Успехи теории Лоренца были настолько большими, что физики, не задумываясь, отказались бы от принципа относительности, если бы не был получен один важный результат, о котором мы должны теперь сказать, а именно, результат опыта Майкельсона». Далее следует описание этого опыта и противоречивой гипотезы сжатия, привлеченной Лоренцом и Фитцджеральдом. К этому Эйнштейн резко добавляет: «Способ действия, когда добиваются согласия теории с отрицательным результатом эксперимента с помощью выдвинутой специально для этого гипотезы, выглядит крайне неестественным»<sup>32</sup>. Предпочтительно придерживаться принципа относительности и признать принципиальную невозможность обнаружения относительного движения\*. Но как же в конце концов совместить принцип постоянства скорости света с принципом относительности? «Однако каждый, кто попытался бы заменить теорию Лоренца какой-либо другой теорией, удовлетворяющей экспериментальным фактам, должен был бы признать, что это занятие при современном состоянии наших знаний является абсолютно бесперспективным»<sup>33</sup>.

Скорее, продолжает Эйнштейн, можно согласовать эти два кажущихся противоречивыми принципа, пересмотрев понятия пространства и времени и отказавшись от эфира. Остальная часть краткой статьи Эйнштейна касается введения относительности одновременности и времени, уравнений преобразований и измерений длины стержня, движущегося по отношению к наблюдателю.

<sup>31</sup> Там же, стр. 705. [Русск. изд., стр. 414].

<sup>32</sup> Там же, стр. 707. [Русск. изд., стр. 415].

\* По-видимому, здесь описка: речь идет о невозможности обнаружения движения Земли относительно эфира, т. е. об абсолютном ее движении. (Прим. перев.).

<sup>33</sup> Там же, стр. 707—708. [Русск. изд., стр. 415—416].

«Легко видеть, что упомянутая выше гипотеза Г. А. Лоренца и Фитцджеральда, выдвинутая для объяснения опыта Майкельсона, получается как следствие теории относительности»<sup>34</sup>. Однако этот результат оказывается не настолько ценным, чтобы считать его одним из достижений теории относительности, которые суммированы ниже: «Перечислим кратко отдельные результаты, полученные до настоящего времени благодаря теории относительности». Как и в 1915 году, список не был длинным: «простая теория» эффекта Доплера, aberrации, эксперимента Физо; возможность применения уравнений Мак-свелла к электродинамике движущихся тел, и, в частности, к движению электронов (катодные, или β-лучи) «без привлечения особых дополнительных гипотез» и «важнейший результат»— связь между массой и энергией, хотя для нее в то время еще не существовало прямого экспериментального подтверждения.

Такая последовательность идей в этом обзоре имеет характер разъяснения. Но весьма опасно цитировать только два вводных предложения и упоминание эксперимента Майкельсона и называть это «исторической оценкой», как это делают, чтобы намекнуть на то, что Эйнштейн сам следовал этому пути. Очерк в целом представлен как некое «оправдание» теории относительности и не обсуждает вопроса о ее происхождении. Эйнштейн говорит, что «физики», а не сам Эйнштейн, отказались бы от принципа относительности, если бы не опыт Майкельсона. Антони Руган из Чикагского университета в неопубликованном наброске обзора так комментирует этот отрывок: «Обычное толкование этого текста таково, что Эйнштейн считал эксперимент Майкельсона и Морли необходимым аргументом, чтобы убедить большинство физиков в справедливости теории относительности. Это совершенно отличается от рассмотрения его как базы для личного открытия им самим ключа к теории относительности»<sup>35</sup>.

<sup>34</sup> Там же, стр. 712. [Русск. изд., стр. 420].

<sup>35</sup> A. R u g a n, частное сообщение, рукопись, стр. 138. Существуют другие рассуждения того же типа в рукописях и статьях Эйнштейна. Интересно заглянуть в записную книжку Эйнштейна, в которой он набрасывал конспекты лекций по теории относительности, читанных в Берлине, и особое внимание обратить на использование им экспериментов. Эти конспекты, озаглавленные

Подводя итог проведенному до сих пор обсуждению, мы отметили сильные давления в одном и том же направлении, исходящие из двух главных источников: 1) специфической истории, связанной с трудностями принятия результатов Майкельсона и публикации Эйнштейна, и 2) специфической миссии педагогического характера, поддержанной популярными писаниями различных физиков. Эти давления стремились к одному и тому же результату — объявить существование генетической связи между работами Майкельсона и Эйнштейна.

Конечно, мы пока не доказали, существует ли такая историческая связь или нет. Чтобы это сделать, мы должны будем найти в разделе V ответ в документах, более подходящих, чем дидактические сочинения. Но

---

«Relativitäts Vorlesungen, Winter 1914—1915» (ныне хранятся в архиве Эйнштейна в Институте перспективных исследований (The Institute for Advanced Study в Принстоне), были составлены почти в то же время, как и его статья в книге *Die Physik*, и структура их одинакова. Опыты Физо и аберрация упомянуты на первых страницах записной книжки, а позднее подробно описываются и приводятся «Erfahrungs—Resultat» (результаты опытов). Затем упоминается опыт Майкельсона, который сопровождается замечанием: «Оказывается неверным. Вводится укорочение в направлении движения. Неудовлетворительно, ибо это — гипотеза *ad hoc*».

По другому поводу педагогического характера, в лекции «О теории относительности», прочитанной в Королевском колледже в Лондоне в 1921 году, Эйнштейн сказал:

«... Мне хотелось бы подчеркнуть тот факт, что эта теория возникла не умозрительным путем, а в результате стремления как можно лучше удовлетворить данным опыта... Закон постоянства скорости света в пустоте, подтвержденный развитием электродинамики и оптики, вместе с равноправностью всех инерционных систем отсчета (специальный принцип относительности), с особой резкостью подчеркнутый в известном опыте Майкельсона, привел прежде всего к тому, что понятию времени пришлось придать относительный смысл, причем каждой инерциальной системе должно соответствовать свое особое время» (*Ideas and Opinions*, New York: Crown Publishers, 1954, стр 246) [см.: А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. II, стр. 109].

Эта лекция была прочитана в конце того периода, в котором Эйнштейн все еще пользовался языком эмпириистской интерпретации науки, и как раз накануне посмертной публикации маховских атак на теорию относительности, которая привела к поворотному пункту в работах Эйнштейна. Я рассматривал этот поворот, включая также и позицию, занятую им в его лекции, в статье «*Mach, Einstein, and the Search for Reality*». *Daedalus*, 1968, 97: 649—650.

прежде чем мы обратимся к таким документам и к подлинно историческим сочинениям, мы должны будем, по крайней мере кратко, отметить другой ряд влияний на решение стоящего перед нами вопроса: речь идет о влиянии философских взглядов на науку в целом, которых придерживается шумливая группа философов в Соединенных Штатах и в Европе, и широкое течение, особенно после побед эмпирических школ на пороге нашего века.

#### IV. Экспериментистская философия науки

Существует взгляд, будто в науке огромное преимущество имеют традиции эмпиризма, взгляд, который, за неимением лучшего названия, будет назван здесь *экспериментизмом*. Его самой характерной чертой является признание безусловной главенствующей роли экспериментов и экспериментальных данных при анализе того, каким образом ученые выполняют свою собственную работу и как их работа совмещается с общественным проявлением науки. Несколько примеров будет достаточно, чтобы показать широкую распространенность такой позиции. С особым упором на теорию относительности ее хорошо показал последователь Эриста Маха Иосиф Петцольд, идеальный руководитель «Gesellschaft für positivistische Philosophie» в Берлине и его журнала «Zeitschrift für positivistische Philosophie».

В качестве вводной статьи первого выпуска журнала (1, 1913) он напечатал текст речи, которую произнес 11 ноября 1912 года при открытии сессии Общества. Он сказал, что вместе с теорией относительности пришла «победа над метафизикой абсолютов в понятиях пространства и времени» и произошло «слияние математики и естественных наук, которое, наконец, бесспорно выводит от старых рационалистических платоново-кантианских предрассудков»<sup>36</sup>. А отправным пунктом, от которого произошел этот желанный поворот событий, снова был указан опыт Майкельсона:

«Ясность мышления неотделима от знания достаточного числа индивидуальных случаев для каждого из понятий,

---

<sup>36</sup> J. Petzoldt. *Positivistische Philosophie*.— *Zeitschrift für positivistische Philosophie*, 1913, 1: 3—4.

которые используются в исследовании. Поэтому главное требование позитивистской философии — это величайшее уважение к фактам. Типичным примером может служить новейшая фаза теоретической физики. В ней ради единственного эксперимента была без колебаний предпринята полная реконструкция. Опыт Майкельсона является причиной и главной опорой этой реконструкции, т. е. электродинамической теории относительности. Чтобы объяснить этот опыт, без всяких сомнений подвергают глубокому преобразованию ту основу теоретической физики, которая существовала до сих пор, а именно, механику Ньютона»<sup>37</sup>.

Настоящая враждебность и претенциозность этой группы проявились еще раз в следующем томе за 1914 год, в котором Петцольд писал: «Теория Лоренца по своей концепции является чисто метафизической и ничем не отличается от *натурфилософии* Шеллинга или Гегеля». Снова опыт Майкельсона упоминается как один-единственный эксперимент, которому доверяется быть проводником в новую эру: «...Теория Эйнштейна всецело связана с результатом опыта Майкельсона и может быть выведена из него». Сам Эйнштейн «с самого начала воспринимал результат опыта Майкельсона с релятивистских позиций. Здесь мы имеем дело с принципом, основным постулатом, особым способом понимания физических фактов, взглядом на природу и, наконец, с Weltanschauung\* ... Философская концепция, развивающаяся последовательно Беркли, Юном и Махом, указывает нам наше направление и дает нам в руки образец эпистемологии»<sup>38</sup>.

За несколько лет до этого, в 1907 году, Майкельсону была присуждена Нобелевская премия по физике «за точные оптические приборы и за исследования, которые он провел с их помощью в области точной метрологии и спектроскопии». Теория относительности была, конечно, еще слишком новой и считалась еще слишком умозрительной для того, чтобы быть упомянутой в перечислениях или в откликах; действительно, в то время, когда Пет-

цольд воздавал ей свою похвалу, теория стала слишком умозрительной для самого Маха. Нобелевский комитет не присуждал премии Эйнштейну вплоть до 1922 года, и затем, специально вспомнив о нем, Комитет присудил ему премию за вклад в развитие математической физики и особенно за открытие хорошо экспериментально подтвержденного закона фотоэлектрического эффекта<sup>39</sup>. Во всяком случае теория относительности не привлекала внимания в те дни 1907 года. Как следовало из представления К. Б. Хассельберга, премирование Майкельсона было ясно мотивировано той же самой экспериментистской философией науки:

«Что касается физики, то она развивалась как замечательно точная наука: таким образом, справедливо утверждение, что большинство величайших открытий в физике в очень большой степени обязано высокой точности измерений, которую можно достигнуть теперь при изучении физических явлений. Точность измерений — это тот самый корень, необходимое условие нашего более углубленного проникновения в законы физики — наш единственный путь к новым открытиям. Достижение именно такого рода Академия выдвигает на Нобелевскую премию этого года в область физики». (Курсив наш).

Почему-то все ухитрялись хранить пристойное молчание об эксперименте, который Петцольд и другие его единомышленники вскоре после этого приветствовали как решающий поворотный пункт для физики и Weltanschauung. Никто здесь не упомянул об эксперименте Майкельсона по обнаружению эфирного ветра — ни шведские хозяева, ни сам Майкельсон в его ответной лекции («Recent Advances in Spectroscopy»). Тогда это был настолько же запутанный опыт для экспериментистов — сторонников эфирной теории, насколько позднее он сделался желанным для экспериментистов с релятивистскими убеждениями.

<sup>37</sup> J. Petzoldt. Positivistische Philosophie. Z. posit. Phil., 1913, 1, стр. 8; курсив наш.

\* Мировоззрением [нем.]

<sup>38</sup> J. Petzoldt. Z. posit. Phil., 1914, 2: 10—11.

<sup>39</sup> Официальный документ Шведской королевской академии наук, датированный 10 декабря 1922 года, ныне хранящийся в архиве Эйнштейна, специально формулировал, что Академия «независимо от значения, которое может быть приписано теории относительности и гравитационной теории, после соответствующего подтверждения присуждает премию... Альберту Эйнштейну, имеющему большие заслуги в области теоретической физики, особенно за его открытие закона, относящегося к фотоэлектрическому эффекту».

Милликен в своей автобиографии защищал даже более крайний взгляд, будто весь прогресс науки возникает в результате применения приборов; в автобиографии он объяснял, что он перешел из Чикагского университета в Калифорнийский технологический институт по той причине, что «наука и инженерия слились в разумной пропорции». Милликен следующим образом излагал свой идеологический базис:

«Опираясь на историю, можно утверждать, что фундаментальный прогресс осуществлялся скорее как побочный результат инструментального (т. е. технического) усовершенствования, чем через непосредственные и сознательные поиски новых законов. Доказательства: 1) относительность и опыт Майкельсона—Морли, сначала появился интерферометр Майкельсона, а не наоборот; 2) спектроскоп, новый инструмент, создавший спектроскопию; 3) трехэлектродная вакуумная трубка, изобретение которой создало дюжину новых наук; 4) циклотрон, установка, которая вместе с линейным ускорителем Лоуренса породила ядерную физику; 5) камера Вильсона — источник большинства наших сведений о космических лучах; 6) работа Роуланда с дифракционными решетками подсказала идею об атоме Бора; 7) магнетрон — предшественник радара; 8) счетчик Гейгера — наиболее плодотворная из всех установок; 9) спектрограф — творец астрофизики; 10) реверсивная паровая машина Карно связана со всей термодинамикой»<sup>40</sup>.

В работах философов науки обсуждение теории относительности часто очень тесно связывается с опытом Майкельсона, хотя редко с большей восторженностью, чем это сделано в очерке Гастона Башеляра «The Philosophical Dialectic of the Concepts of Relativity» в сборнике, изданном П. А. Шилппом «Albert Einstein: Philosopher-Scientist».

«Как мы знаем, и как тысячу раз повторялось, относительность родилась из эпистемологического шокового состояния, она родилась из «неудачи» опыта Майкельсона... Перефразируя Канта, можно сказать, что благодаря опы-

ту Майкельсона классическая механика пробудилась от догматического сна... Неужели так мало нужно, чтобы «поколебать» мир пространства? Мог ли единственный эксперимент двадцатого [sic!] века уничтожить — сартрианец сказал бы «néantiser»\* — два или три века рационального мышления? Да, одной десятой достаточно, чтобы, как сказал бы наш поэт Анри де Ренье, «заставить природу петь»<sup>41</sup>. И так далее в том же духе. Эйнштейн предпочел не отвечать на этот апофеоз опыта Майкельсона в своем ответе на критику, который был опубликован в конце этого же сборника. Но он дает пространный и тонко разящий ответ на другой очерк в этом сборнике, написанный Гансом Рейхенбахом с тех же позиций экспериментизма.

Рейхенбах, знавший Эйнштейна и одно время находившийся в переписке с ним, на протяжении многих лет был одним из наиболее упорных и интересных философов-аналитиков, выяснявших философское значение теории относительности (например, он опубликовал несколько попыток представить эту теорию в аксиоматической форме. Отзываясь на одну из этих попыток, Эйнштейн сказал, что он не находит ее убедительной, даже если исходить из собственной позиции; он писал Рейхенбаху 19 октября 1929 г.: «По моему мнению, то логическое представление, которое вы даете моей теории, конечно, возможно, но оно не является простейшим»). Но эмпирическая убежденность Рейхенбаха никогда не ослабевала. Например, он писал, что работа Эйнштейна «была отмечена сильнейшей приверженностью к экспериментальным фактам... Эйнштейн построил свою теорию на необычайном доверии к точности экспериментирования»<sup>42</sup>. Единственный исторический эксперимент, который Рейхенбах связывает с генезисом теории Эйнштейна, — это, конечно, опыт Майкельсона; так, он пишет: «Теория относительности высказывает некоторое утверждение о поведении твердых стержней и то же — о поведении часов... Это

\* Обратить в ничто (франц.).

<sup>41</sup> В сборнике П. А. Шилппа: Albert Einstein: Philosopher-Scientist. (Evanston Ill. : Library of Living Philosophers, 1949), стр. 566—568.

<sup>42</sup> H. Reichenbach. From Copernicus to Einstein (New York: Philosophical Library, 1942), стр. 51.

<sup>40</sup> The Autobiography of Robert A. Millikan (New York: Prentice-Hall, 1950), стр. 219.

утверждение теории относительности основывается главным образом на эксперименте Майкельсона»<sup>43</sup>.

В его очерке, который вошел в сборник Шилпса, Рейхенбах возвращается к тем же вопросам<sup>44</sup>, однако они являются лишь прелюдией к выводу о том, что, «следовательно, теория относительности Эйнштейна принадлежит именно к философии эмпиризма... Несмотря на огромный математический аппарат, теория пространства и времени Эйнштейна является триумфом такого радикального эмпиризма в области, всегда считавшейся заповедной для открытий чистого разума»<sup>45</sup>.

В своем ответе на этот очерк, помещенном в конце тома, Эйнштейн наибольшее внимание уделил опровержению этого утверждения. Он предпочел твердо придерживаться основного различия в понятиях «чувственные восприятия» и «чистые идеи» — несмотря на возможный упрек в том, что, «поступая таким образом, мы совершаляем «первоздан-

<sup>43</sup> H. Reichenbach. The Philosophy of Space and Time. (New York: Dover, 1957; перевод: Die Philosophie der Raum-Zeit Lehre. Berlin: Walter de Gruyter, 1928), стр. 195. В подстрочном замечании Рейхенбах добавляет, что это утверждение «не вытекает из одного только этого эксперимента», но никаких других он не указывает. Рейхенбах и его последователи вынуждены отвести большую роль опыту Майкельсона в предполагаемом развитии теории относительности отчасти в силу претензии, что эксперимент логически независим от теории:

«Высказывалось мнение, что сжатие одного плеча в установке является «гипотезой ad hoc», между тем как гипотеза Эйнштейна [о том, что в любой инерциальной системе оба плеча одинаковы по длине] естественно вытекает как следствие относительности одновременности. Оба эти объяснения неверны. Относительность одновременности не имеет отношения к сжатию в опыте Майкельсона, а теория Эйнштейна так же мало объясняет этот опыт, как и теория Лоренца...» (стр. 195—196).

«Было бы ошибочным доказывать, что теория Эйнштейна объясняет опыт Майкельсона, так как она этого не делает. Опыт Майкельсона просто принят за аксиому» (стр. 201).

Та же точка зрения повторяется А. Грюнбаумом, который пишет: «Задолго до объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона — Морли Эйнштейн в своем освещении принципа принял его нулевой результат как физическую аксиому» («Logical and Philosophical Foundations of the Special Theory of Relativity» в книге: A. Danto and S. Morgenbesser. Philosophy of Science (New York: Meridian Books, 1960), стр. 419).

<sup>44</sup> H. Reichenbach. The Philosophical Significance of the Theory of Relativity. В сб. Шилпса Albert Einstein, например, стр. 301.

<sup>45</sup> Там же, стр. 309—310.

ный грех»<sup>46</sup>. Эйнштейн ссылается на то, что нужно принять основные положения не только эмпиризма, но и рационализма, что «колебания между этими двумя крайностями оказываются неизбежными»<sup>47</sup>. В воображаемом диалоге с Рейхенбахом он выступает в роли «не-позитивиста» и обращается к полезному уроку Канта о том, что существуют понятия, «которые играют в нашем мышлении доминирующую роль и которые тем не менее нельзя вывести посредством логического процесса из эмпирических данных (факт, который некоторые эмпирики хотя и признают, — но всегда вновь забывают)»<sup>48</sup>.

<sup>46</sup> A. Einstein. Remarks concerning the Essays brought together in this Cooperative Volume [Reply to Criticisms], в сб. Шилпса, стр. 673.

<sup>47</sup> Там же, стр. 680.

<sup>48</sup> Там же, стр. 678. Несколькими страницами дальше Эйнштейн в незабываемом отрывке подводит итог своему эклектическому подходу:

«Замечательный характер имеет взаимосвязь, существующая между наукой и теорией познания. Они зависят друг от друга. Теория познания без соприкосновения с наукой вырождается в пустую схему. Наука без теории познания (насколько это вообще мыслимо) становится примитивной и путаной. Однако, если философу, занимающемуся поисками стройной системы, удается разработать такую систему, он тотчас же начинает интерпретировать содержание науки в духе своей системы и отвергать все, что выходит за рамки этой системы. Ученый же не может позволить себе зайти столь далеко в своем стремлении к теоретико-познавательной систематике. Он с благодарностью принимает гносеологический анализ понятий, но внешние условия, поставленные перед ним опытными фактами, не позволяют ему чрезмерно ограничивать себя принадлежностью к некоторой философской системе при построении понятий. Поэтому в глазах последовательно мыслящего философа он предстает как оппортунист, бросающийся из одной крайности в другую. Как человек, пытающийся описать мир, не зависящий от актов восприятия, он кажется реалистом. Как человек, считающий понятия и теории свободными (не выводимыми логическим путем из эмпирических данных) творениями человеческого разума, он кажется идеалистом. Как человек, считающий свои понятия и теории обоснованными лишь в той степени, в какой они позволяют логически интерпретировать соотношения между чувственными восприятиями, он является позитивистом. Он может казаться точно так же и платонистом и пифагорейцем, ибо он считает логическую простоту непреложным и эффективным средством своих исследований» (стр. 683—684).

(К сноскам 46, 47 и 48. См. русский перевод: Альберт Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. IV, стр. 301, 307, 306 и 310—311 соответственно. Прим. перев.).

Конечно, существует различие в научном вкусе или стиле. Для Рейхенбаха интерес к научной теории не сосредоточен ни на ее подробном историческом развитии, ни на работе реальной личности. Как честно признался Рейхенбах, «философа науки не очень интересуют те процессы в мышлении, которые приводят к научным открытиям; он стремится к логическому анализу завершенной теории, включая и те связи, которые устанавливают ее реальность. Иными словами, его интересует не самый ход открытия, а то, что оправдывает его»<sup>49</sup>.

К сожалению, Рейхенбах и его последователи не всегда помнили о его похвальной попытке провести четкое различие между личным и общественным аспектами науки и не всегда оставались верными его мудрому отказу от интереса к процессу мышления, приводящему к открытию. Желание видеть теорию в виде логически завершенной структуры, которая возникает из эмпирических наблюдений и может быть подтверждена или опровергнута последующим экспериментом, в конце концов заставляет их принять предполагаемую историческую последовательность на пути, ведущем к открытию. Так в конце концов создаются маловероятные истории, примером которых является история о том, что «Эйнштейн принял его [опыта Майкельсона] нулевой результат в качестве физической аксиомы в своем освещении принципа»<sup>50</sup>, а также аналогичные попытки «разгадывания истории» теории относительности.

Когда экспериментистам указывают на прямые факты (мы приведем их ниже), которые свидетельствуют против того, что опыт Майкельсона имел приоритет и значение для мышления Эйнштейна, реакция оказывается следующей: без учета генетической роли этого особого эксперимента понимание факта возникновения теории стало бы «весьма проблематичным», и мы были бы «удивлены тем, что только логические (в отличие от психологических) основания, без какой-либо опоры на опыт Майкельсона—Морли, могли сразу убедить Эйнштейна в справедливости принципа относительности...»<sup>51</sup>

<sup>49</sup> H. Reichenbach. The Philosophical Significance of the Theory of Relativity, стр. 292.

<sup>50</sup> A. Grünbaum. Logical and Philosophical Foundations of the Special Theory of Relativity, стр. 419.

<sup>51</sup> A. Grünbaum. Philosophical Problems of Space and Time (New York: Knopf, 1963), стр. 380—381.

В качестве курьезного постскриптума к этому разделу можно было бы напомнить, что экспериментистское толкование относительности отстаивалось при совершенном иных обстоятельствах в 1920-х, но еще не самых мрачных годах; мы имеем в виду попытки некоторых немецких ученых, например В. Вина, указать на предполагаемый экспериментальный источник теории относительности с целью увести теорию от нападок опрометчивой возбужденной оппозиции в некоторых кругах Германии, направленных лично против Эйнштейна и против его работы<sup>52</sup>. В книге, опубликованной в 1921 г., Вин писал, что он хотел «... дать объективное представление как за, так и против теории относительности, о которой широкая публика много рассуждает, однако далеко не научным образом. Я надеюсь обсудить эти вопросы *sina ira et studio*\*, и я хотел бы посоветовать каждому, кто имеет отношение к теории относительности, не объявлять себя сторонником или противником этой теории, а рассматривать ее так, как это и соответствует науке, а именно, как один из способов открыть особенности законов природы, которые могут оказаться в равной мере как верными, так и ложными. Решение этого вопроса нельзя получить догматическим путем, его следует предоставить опыту»<sup>53</sup>.

Затем Вин убеждал своих читателей, что «теория относительности, подобно всем физическим теориям, является результатом опыта». Теперь нетрудно догадаться, о каком частном опыте пойдет речь: «Отрицательный результат эксперимента Майкельсона есть тот опытный факт, на котором покоится теория относительности. Этот эксперимент для этой теории имеет такое же значение,

<sup>52</sup> Детали этого бурного периода (1921—1923) описаны в книге: P. Frank. Einstein: Sein Leben und seine Zeit. (Munich: Paul List, 1949), особенно в главах 7 и 8. (Вариант этой книги на немецком языке предпочтительнее гораздо менее подробного варианта на английском). Нацистской террористической группой в ходе подготовки путча 1923 года было даже опубликовано черно-белое заявление против теории относительности. Среди убитых ею был друг Эйнштейна Ратенау; Эйнштейну сообщили, что ему тоже грозит опасность, и он, естественно, покинул в это время Германию.

\* Без гнева и пристрастия; без предвзятого мнения (лат.).

<sup>53</sup> W. Wien. Die Relativitätstheorie vom Standpunkt der Physik und Erkenntnislehre. (Berlin: J. A. Barth, 1921), стр. 3.

как и перпетуум-мобиля для закона сохранения энергии...»<sup>54</sup> К сожалению, эта попытка опереть теорию относительности на эксперимент не получила достаточного одобрения, и не могла в период господства нацизма спасти теорию относительности от позора, когда ее называли в то время (и даже недавно, в 1954 г.) «формальным рационализмом еврейского мышления»<sup>55</sup>.

## V. Явно исторические обзоры

После того как мы увидели почти полное единодушие и самоуверенность, содержащиеся в учебниках и в гносеологических работах экспериментистов, мы подготовлены к тому, чтобы отметить большие расхождения и более осторожный подход в работах ученых, которые берутся писать явно исторические обзоры. Это в самом деле так; здесь гораздо меньше согласия. Существование целого спектра различно документированных исторических исследований само по себе есть интересная проблема.

Чтобы проанализировать этот спектр и приблизительно расположить работы в возрастающем порядке серьезности их именно как исторических исследований, мы можем исходить из труда «Мир атома», опубликованного в 1966 году. В кратких разделах, опирающихся в значительной степени на вторичный материал, дополненный выдержками из оригинальных статей, издатели стремились реализовать некоторую направляющую историческую линию. По интересующему нас вопросу мы находим здесь обычный комментарий, но теперь курьезно обставленный: «Наследие эксперимента Майкельсона — Морли для атомной теории было огромным, хотя и косвенным. Именно отрицательный результат этого эксперимента отчасти привел Эйнштейна к одной из фундаментальных идей, на которой поконится теория относительности, а именно, что скорость света одна и та же для всех наблюдателей, независимо от того, в каком движении они могут находиться»<sup>56</sup>.

<sup>54</sup> Там же, стр. 7.

<sup>55</sup> Heinrich Lange. Geschichte der Grundlagen der Physik, B. I. (Freiburg/Munich: Karl Albert, 1954), стр. 301.

<sup>56</sup> Henry A. Boorse and Lloyd Motz, eds. The World of the Atom. (New York: Basic Books, 1966), стр. 373.

Другая оценка, оставляющая открытым вопрос о степени или непосредственности влияния, дана в полезной биографии «Michelson and the Speed of Light», написанной главным образом для студентов высшей школы автором удачного учебника и научно-популярных книг Бернардом Джейффом. Касаясь оригинальной работы по теории относительности, Джейфф пишет, что Эйнштейн «считал, что результат опыта Майкельсона—Морли по обнаружению эфирного ветра совершенно правилен, так как никакого эфирного ветра при условиях эксперимента не следовало ожидать»<sup>57</sup>. «В таком большом перевороте в физике классический опыт Майкельсона по обнаружению эфирного ветра должен приобрести фундаментальное значение. Оспаривать, как это делают некоторые, что специальная теория относительности Эйнштейна по существу была обобщением опыта Майкельсона и что без этого опыта она не могла бы появиться, значит, преувеличивать эти доводы»<sup>58</sup>.

Между прочим, в биографии Джейффа прозвучала, хотя и слабо, новая нотка, имеющая некоторое значение для понимания вопроса. Он пишет: «Как оказалось, Майкельсон представил сырой материал для построения большой науки, — синтез которой был выполнен за морем. Это был один из немногих примеров, когда основное открытие было сделано в Америке, а использовано оно в Европе. Почти всегда путь был обратным»<sup>59</sup>. Несомненно, чувство гордости у американского ученого возрастало, раз теория относительности стала принятой, благодаря тому, что его собственная работа рассматривается как источник теории относительности<sup>60</sup>.

<sup>57</sup> B. Jaffé. Michelson and the Speed of Light. (Doubleday & Co, Inc., Garden City, New York, 1960), стр. 99. (см. перевод: Бернард Джейфф. Майкельсон и скорость света, 1962).

<sup>58</sup> Там же, стр. 100. Джейфф воспроизводит также письмо Эйнштейна, о котором мы расскажем позднее, когда покажем другие прямые ответы Эйнштейна на тот же вопрос.

<sup>59</sup> Там же, стр. 90.

<sup>60</sup> Майкельсон был первым американским физиком, удостоенным Нобелевской премии (в 1907 году единственным американским лауреатом был Теодор Рузвельт, получивший премию мира в 1906 году). Следующим американским физиком, удостоенным премии, был Милликен (1923 г.). Некоторые данные указывают, что присуждение Нобелевской премии Майкельсону имело для американской науки, с точки зрения роста ее самоуважения, почти

Более подробный анализ, сопровождаемый новой документацией, был дан на протяжении нескольких последних лет в серии проникновенных статей Шэнклендом, профессором физики в Case Western Reserve University (первоначально Case Institute of Technology, где эксперимент Майкельсона—Морли был повторен перед уходом Майкельсона сначала в Clark University, а затем, в 1894 году, в Чикагский университет). Особая заслуга Шэнкленда состоит в публикации им его переписки с Майкельсоном и его обзора бесед с Эйнштейном в 1950—1954 годах.

По тому важному вопросу, который мы обсуждаем, сочинения Шэнкленда обнаруживают развитие его точки зрения. Его самая ранняя статья представляет собой краткую заметку о Майкельсоне для сборника «Les Inventeurs célèbres — sciences physique et applications»<sup>61</sup>. Эта статья, озаглавленная «Expérience de base de la relativité», описывает эксперимент и теорию как тесно связанные, подобно тому, как это описывается в большинстве вышеупомянутых версий<sup>62</sup>. В следующем обзоре Шэнкленда по этому предмету, появившемся спустя десяток лет, «Conversations with Albert Einstein», начинает появляться другой аспект этого вопроса. Его обзор основывается на пяти встречах с Эйнштейном в Принстоне; их беседы касались главным образом работы Майкельсона, особенно экспериментов Майкельсона — Морли и Миллера и позднейших исследований, приведших к объяснению результатов Миллера (в которых сам Шэнкленд принимал руководящее участие). Эта статья —

такое же значение, как это сделала Нобелевская премия по физике, присужденная Юкаве (1949 г.), для японской науки.

<sup>61</sup> R. S. Shankland. Michelson 1852—1931, Expérience de base de la relativité. В сб. «Les Inventeurs célèbres-sciences physique et applications». (Paris: Lucien Mazéod, 1950), стр. 254—255.

<sup>62</sup> Там же, стр. 255.

«Против всех ожиданий, окончательное наблюдение, выполненное в июле 1887 года, не позволило установить никакого ощущения смешения интерференционных полос. Этот поразительный результат не был полностью оценен эпохой, но после пионерских работ Фитцджеральда и Г. А. Лоренца Эйнштейн обобщил его в своей грандиозной специальной теории относительности 1905 г., и опыт Майкельсона — Морли получил свое настоящее место, как один из решающих опытов в истории науки. Позднейшие повторения опыта подтвердили его результат и его значение для теории относительности». (Перев. с франц.).

ценный и богатый источник, в котором следует использовать все, что можно.

Почти в самом начале обзора Шэнкленда, идущего от первого лица, изложена основная причина его визита и ответ Эйнштейна, к которому нас ничто не подготовило из того, что мы читали раньше:

«Мой первый визит [4 февраля 1950 г.] к Эйнштейну в Принстон имел главной целью услышать от него о его действительном отношении к эксперименту Майкельсона — Морли и о том, в какой степени этот эксперимент влиял на него, когда он создавал специальную теорию относительности... Он начал с того, что просил меня напомнить о цели визита, и улыбнулся с истинным интересом, узнав, что я хотел бы обсудить опыт Майкельсона — Морли, выполненный в Кливленде в 1887 г. ... На мой вопрос, как он познакомился с опытом Майкельсона — Морли, он ответил, что узнал о нем из работ Г. А. Лоренца (Arch. Neerl., 2, 168 [1887] и многих более поздних), но он обратил на него внимание только после 1905 года! «В противном случае, — сказал он, — я упомянул бы о нем в своей статье». Продолжая мысль, он сказал, что экспериментальными результатами, которые оказали на него наибольшее влияние, были наблюдения звездной aberrации и изменения скорости света в движущейся воде, выполненные Физо. «Этих опытов было достаточно», — сказал он»<sup>63</sup>.

Возможно, Шэнкленд был очень удивлен отказом Эйнштейна признать прямую генетическую роль эксперимента Майкельсона — Морли в создании теории относительности. Как бы для того, чтобы убедиться в том, что он понял ответ должным образом, Шэнкленд разумно задал вопрос снова во время другого визита два с половиной года спустя, 24 октября 1952 года.

«Я спросил у Эйнштейна, где он впервые услышал о Майкельсоне и его опыте. Он ответил: «Это не так легко, я не могу с уверенностью сказать, когда я впервые узнал об опыте Майкельсона. У меня не было ощущения, что он непосредственно влиял на меня в течение семи лет, когда теория относительности была моей жизнью. Я предполагаю, что я воспринял его результат как нечто само

<sup>63</sup> R. S. Shankland. Conversations, стр. 47—48. Курсив в оригинале. [См. перевод: УФН, 87, 711, 1965].

собой разумеющееся». Однако Эйнштейн сказал, что в 1905—1909 годах он много думал о результате Майкельсона в ходе дискуссий, которые он вел с Лоренцом и другими, в своих размышлениях над общей теорией относительности. Тогда он ясно понимал (так он сказал мне), что результаты Майкельсона вошли в его сознание до 1905 года, отчасти благодаря чтению статей Лоренца, а больше потому, что он уже полагал, что этот результат Майкельсона должен быть верным»<sup>64</sup>.

Оба эти утверждения должны быть сопоставлены. Их аутентичность нельзя преуменьшить. Приведенные выдержки, как и другие положения, высказанные в этих беседах, производят впечатление своей последовательностью и анализом Эйнштейна, так же, как и очевидным согласием и восхищением, с какими он думал об этом эксперименте и о Майкельсоне как личности. (Так, Шэнкленд сообщает, что он несколько раз сказал ему: «Я действительно любил Майкельсона»). Конечно, как подчеркивает и сам Шэнкленд, многие события, обсуждавшиеся между ними, произошли почти за пятьдесят лет до их встречи. В то время, когда состоялись эти две беседы, Эйнштейн уже был в возрасте семидесяти одного и семидесяти трех лет, а в ходе другой беседы произошли два грустных эпизода — выяснилось, что его память не служила ему с абсолютной точностью (Шэнкленд сообщает, что Эйнштейн забыл о речи, которую он произнес в Берлине в 1931 году по поводу смерти Майкельсона, а также о работе Иооса). Но было бы слишком непросто отделаться от повторных прямых ответов Шэнкленду по предмету, о котором на протяжении всей жизни Эйнштейн имел поводы размышлять, писать, читать лекции и о которых ему, несомненно, часто задавали вопросы.

Тот факт, что этот ответ так противоречит практически всем другим оценкам, делает обязательным пересмотр всего вопроса в целом, чтобы согласовать утверждения Эйнштейна: 1) что эксперимент Майкельсона занимал его внимание только после 1905 года (хотя он был осведомлен о его результате раньше); 2) что другие, более ранние эксперименты по исследованию звездной aberrации и определению френелевского коэффициента увеличения эфира образуют наиболее важную эксперименталь-

ную базу для его статьи 1905 года и 3) что Эйнштейн был осведомлен о результате Майкельсона из статьи Лоренца, но этот результат явно не произвел на него особого впечатления потому, что он и по другим основаниям допускал его справедливость.

Мы увидим, насколько ответ Эйнштейна согласуется с самой его статьей 1905 года, внимательно прочитанной, и со всеми другими относящимися к делу сообщениями и документами Эйнштейна, которые я был в состоянии отыскать. Но уже из сравнения приведенных выше самоуверенных заявлений ясно, что ответы Эйнштейна смутны и неопределены. Это выглядит так, как если бы мы имели заранее подготовленную урну с ограниченными ответами «да» или «нет», и, наконец, когда допрашиваемое лицо окончательно запуталось, мы получили неожиданный ответ «Никогда! Это не так происходило, и во всяком случае это не было для меня действительно важным вопросом». Ответы Эйнштейна создают определенное впечатление, что обсуждаемый вопрос может быть тривиальным или не относящимся к делу для него, и в то же время важным для нас или Шэнкленда, который предпринял серию визитов к Эйнштейну с «главной целью услышать от него о его действительном отношении к эксперименту Майкельсона — Морли...». Вдвое иронически звучит вывод, что ни Майкельсон, ни Эйнштейн не считали знаменитый эксперимент для себя «решающим», чтобы не сказать «критическим».

В двух более поздних статьях Шэнкленд занял такую позицию, что проблема, поставленная опытом Майкельсона — Морли, «непосредственно привела к специальной теории относительности Эйнштейна»<sup>65</sup> и что «оба поступата [в статье 1905 года], конечно, можно рассматривать как тесно связанные с опытом Майкельсона — Морли, но фактически Эйнштейн добился успеха в своей теории менее прямым путем, ознакомившись с материалами наблюдений главным образом из статей Лоренца, которые он начал изучать еще будучи студентом в 1895 году»<sup>66</sup>. Но, быть может, наиболее важная часть этих двух статей заключается в публикации в них письма, которое Эйн-

<sup>64</sup> R. A. Shankland. The Michelson—Morley Experiment.—*Scientific American*, 1964, 211, N 5: 107.

<sup>66</sup> R. A. Shankland. The Michelson—Morley Experiment.—*Am. J. Phys.*, 1964, 32: 34.

<sup>64</sup> Там же, стр. 55.

штейн написал, очевидно, по просьбе Шэнкленда, для специального собрания Кливлендского физического общества 19 декабря 1952 года, отмечавшего столетие со дня рождения Майкельсона. Это письмо — результат более внимательного и вдумчивого рассмотрения, чем это могло быть в его *viva voce*\* ответах, поэтому оно имеет даже большее значение. Более строго, чем в несколько отрывочных замечаниях в интервью, Эйнштейн предлагает точку зрения для получения более ясного понимания его работы 1905 года по теории относительности. Следующее представляет собой опубликованный Шэнклендом документ, в который я включил в скобках альтернативное прочтение некоторых фраз или слов, чтобы показать перевод, более соответствующий копии оригинального немецкого текста<sup>67</sup>:

«Я всегда думал о Майкельсоне как об артисте в науке. Его величайший восторг, кажется, исходит от красоты самого эксперимента и от изящества применяемого метода.

Но он обнаружил также исключительное понимание трудностей фундаментальных вопросов физики. Это очевидно из того острого интереса, который он проявил с самого начала к проблеме зависимости света от движения.

Влияние решающего [знаменитого] эксперимента Майкельсона — Морли на мои собственные усилия [размышления] было довольно косвенным. Я узнал о нем из убедительного исследования Лоренца по электродинамике движущихся тел (1895), с которым я познакомился

\* Устных (лат.).

<sup>67</sup> Шэнкленд опубликовал английский перевод, присланный ему Эйнштейном; он сообщает, что он получил также и немецкий текст; в обоих случаях имеется собственноручно написанный автором черновик и копия последнего под копирку (оба эти варианта в настоящее время находятся в архиве Эйнштейна в Принстоне). Первые два предложения написаны по-английски, они появились для того, чтобы показать, что Эйнштейн одобрил тезисы, представленные Шэнклендом по данному поводу, составленные на основе бесед с Эйнштейном. Ввиду большого различия между немецким и английским вариантами, которые следуют за первыми двумя предложениями, было бы интересно установить, кто сделал английский перевод немецкого оригинала. На протяжении многих лет друзья Эйнштейна и его ассистенты помогали ему в английских переводах, но в данном случае, как полагает мисс Элен Дюкас, мы можем быть уверены, что перевод принадлежит самому Эйнштейну. Она сообщила мне, что в последние годы он иногда делал переводы сам.

перед развитием [изложением] специальной теории относительности. Основная гипотеза Лоренца о покоящемся эфире казалась мне сама по себе неубедительной, а также [заменить *также* на *именно*] потому, что она приводила к истолкованию результата [опустить *результата*] эксперимента Майкельсона — Морли, котороеказалось мне искусственным. К специальной теории относительности меня более или менее [опустить *более или менее*] привело убеждение, что электродвижущая сила, действующая на тело, перемещающееся в магнитном поле, есть не что иное, как электрическое поле. Но я руководствовался также результатами опытов Физо и явлением aberrации.

Конечно, нет логического пути, приводящего к созданию теории; существуют лишь осуществляемые на ощущение конструктивные попытки, контролируемые посредством тщательного анализа познанных фактов»<sup>68</sup>.

Отметим сначала некоторое различие текстов в важных пунктах. Так, эксперимент Майкельсона — Морли в английском переводе называется «решающим» (*«crucial»*) (как это часто встречается в дидактической литературе), а в немецком оригинале — знаменитым (*berühmt*).

<sup>68</sup> В архиве Эйнштейна имеется следующий оригинальный текст «I always think of Michelson as the Artist in Science. His greatest joy seemed to come from the beauty of the experiment itself and the elegance of the method employed.

Aber er hat auch ein aussergewöhnliches Verständnis gezeigt für die fundamentalen Rätsel in der Physik. Diese sieht man aus dem Interesse, das er von Anfang an dem Problem der Abhängigkeit des Lichtes von der Bewegung entgegenbrachte.

Mein eigenes Nachdenken wurde mehr indirekt durch das berühmte Michelson-Morley Experiment beeinflusst. Ich erfuhr von diesem durch Lorentz' bahnbrechende Untersuchung über die Elektrodynamik bewegter Körper (1895), von der ich vor Aufstellung der speziellen Relativität Kenntnis hatte. Lorentz' Grundannahme vom röhrenden Aether schien mir gerade deshalb nicht überzeugend, weil sie zu einer Interpretation des Michelson — Morley Experiments führte, die mir unnatürlich erschien. Mein direkter Weg zur Speziellen Relativitäts-Theorie wurde hauptsächlich durch die Überzeugung bestimmt, dass die in einem im Magnetfelde bewegten Leiter induzierte elektromotorische Kraft nichts anderes sei als ein elektrisches Feld. Aber auch das Ergebnis des Fizeauschen Versuches und das Phänomen der Aberration führten mich.

Es führt ja kein logischer Weg zur Aufstellung einer Theorie, sondern nur tastendes Konstruieren mit sorgfältiger Berücksichtigung des Thatsachen-Wissens».

Но наиболее значительный аспект этого документа состоит в определении порядка важности, который Эйнштейн придает четырем идентичным экспериментам. Один «эксперимент» цитировался здесь как такой, который привел Эйнштейна «непосредственно» (в немецком тексте) или «более или менее непосредственно» (в английском тексте) к специальной теории относительности; это именно тот мысленный эксперимент, который появился на первой странице его статьи 1905 года,— движение проводника в магнитном поле. Три других эксперимента имели дополнительное значение: опыты Физо и aberrация, которыми «также руководствовался» Эйнштейн, и эксперимент Майкельсона в той форме, в какой он изложен Лоренцом в 1895 году. Но даже в этом послании по поводу столетия со дня рождения Майкельсона Эйнштейн приписывает эксперименту Майкельсона только четвертое место в ряду других исторических стимулов: он сообщает, что этот эксперимент имел «довольно косвенное влияние» на его собственную работу 1905 года; характерно, что этот эксперимент (или скорее его результат) подчеркивал «искусственный» характер контракционной гипотезы, которая казалась ему необходимой лишь для того, чтобы спасти концепцию неподвижного эфира — искусственный характер, о котором, как мы увидим, сожалели многие физики, включая и самого Лоренца.

Следовательно, этот документ представляет собой вероятную схему того, какую роль играли эксперименты в генезисе статьи Эйнштейна 1905 года. Сама по себе эта схема правдоподобна, если учесть авторитетность утверждений. И мы найдем, что она соответствует всем другим прямым и косвенным данным, исходящим от Эйнштейна, включая и его письма, его ответы на вопросы и его оригинальные статьи.

Последний раздел документа довольно удивителен. Здесь Эйнштейн, выполнив свой долг ответом на специальный вопрос, выходит за его пределы и бегло излагает свою методологическую позицию, которую он уже выдвигал в интервью с Шэнклендом: «Конечно, нет логического пути, приводящего к созданию теории; существуют лишь осуществляемые на ощупь конструктивные попытки, контролируемые посредством тщательного анализа познанных фактов». Будучи честной самокритикой творческого ученого, откровенное признание Эйнштейна

все же очень противоречит широкому потоку мифов, согласно которым научная работа представляется как непреклонное следование логически правильным заключениям из несомненных экспериментальных посылок. Систематики, аксиоматики, авторы учебников и другие тоскуют по прямолинейной последовательности как в самой научной работе, так и в отчетах о ней; увы, истина состоит в другом. Эйнштейн часто напоминал об этом, например, беседуя с Шэнклендом об истоках своей работы 1905 года. Шэнкленд сообщает в «Conversations»: «Это привело его к довольно длинному замечанию о природе мыслительных процессов, о том, что они вовсе не являются продвижением к решению шаг за шагом; он особенно подчеркнул, как извилист путь нашего мышления к решению... Только в конечном счете выясняется, какая последовательность в проблеме вообще оказывается возможной»<sup>69</sup>. Точно так же, обсуждая вопрос о правильном взгляде, который историк должен иметь на работу физиков, Эйнштейн сказал ему: «Преодоление трудностей проблем, постоянное стремление найти решение, которое, наконец, приходит, но часто благодаря очень косвенным методам,— вот истинная картина»<sup>70</sup>.

Этот взгляд Эйнштейн выражал неоднократно, хотя и не в таком контексте, начиная примерно с 1918 года и более настойчиво — с начала 30-х годов. Примеры можно найти в его очерке, написанном к 60-летию Макса Планка в 1918 году («Не существует логического пути к открытию этих элементарных законов. Есть только путь интуиции», основанный на проникновении в суть опыта); в его спенсеровской лекции 1933 года (относительно «чисто воображаемого характера оснований научной теории»); в его «Автобиографических заметках», написанных в 1946 году («На опыте можно проверить теорию, но нет пути от опыта к построению теории»<sup>71</sup>); в его ответе Д. Адамару, просившему Эйнштейна проанализировать его собственный процесс мышления («Слова или язык в том виде, как они пишутся или произносятся, вряд ли играют какую-нибудь роль в механизме моего мышления. Пси-

<sup>69</sup> R. S. Shankland. Conversations, стр. 48.

<sup>70</sup> Там же, стр. 50.

<sup>71</sup> A. Einstein. Autobiographical Notes, у Шилпса: Albert Einstein, стр. 89. [См.: Альберт Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. IV, стр. 291].

хические сущности, которые, по-видимому, служат элементами мышления,— это некоторые знаки и более или менее ясные образы, которые можно «произвольно» воспроизводить и сочетать друг с другом»)<sup>72</sup> и во многих других случаях<sup>73</sup>.

В своем убеждении относительно того, что между опытом и логически упорядоченной теорией может быть существенный разрыв, а также в том, что существует связанное с этим различие между «чувственным восприятием», с одной стороны, и «чистыми идеями», с другой (которые, как мы уже отмечали, он рассматривал как возможный повод для обвинения его в «метафизическом первородном грехе»)<sup>74</sup>, Эйнштейн отошел от своих ранних позитивистских привязанностей и разошелся с большинством известных философий науки его времени. О том, что для него это было не легко, видно из того, как часто он возвращался к этим вопросам на протяжении многих лет. В этой связи документ Эйнштейна по поводу столетия со дня рождения Майкельсона будет ключом к окончательной оценке обсуждаемой проблемы.

Завершая этот раздел о действительно исторических оценках, мы вернемся к относительно немногим другим источникам, имевшим серьезные исторические цели. Здесь у авторов мы встречаем большее разнообразие мнений. На одном конце ряда находится Э. Уиттекер; в своей «Истории теорий эфира и электричества»<sup>75</sup>, в известной и широко обсуждавшейся главе, многозначительно озаглавленной «Теория относительности Планка и Лоренца», автор отсылает к «эксперименту Майкельсона — Морли и к другим данным, которые положили начало теории относительности». На другом конце находятся «Исторические исследования» Чалмерса. Он пишет: «...Следовало бы уяснить, что, несмотря на частые утверждения обратного, теория относительности не обя-

зана своим происхождением нулевому результату экспериментов по обнаружению эфирного ветра, они не стимулировали ее, ... если бы эти эксперименты никогда не были выполнены, теория относительности возникла бы тем же путем, каким она и появилась, но только отсутствовал бы один из многих источников ее экспериментального подтверждения»<sup>76</sup>.

Наиболее обстоятельное историческое исследование опыта Майкельсона было недавно выполнено Лойдом Свенсоном в его диссертации, упомянутой выше: «The Ethereal Aether: A History of the Michelson — Morley Aether-Drift Experiments, 1880—1930». Свенсон в своем очерке главным образом заботился не о специальной стороне рассматриваемого вопроса, а скорее об историческом анализе идеи *experimentum crucis* (решающего эксперимента), и особенно рассмотрел вопрос о том, как воспринимался эксперимент Майкельсона накануне 1905 года и после. Ряд моментов, полезных для нашего анализа, был уже отмечен в разделе II. Свенсон привел дополнительный материал, характеризующий тот ужас, который был вызван статьей Эйнштейна о теории относительности в первое время. Так, он цитирует послание Вильяма Маги от 28 декабря 1911 года Американскому физическому обществу, президентом которого он только что был избран. Маги утверждал, что «безусловно можно сказать, что теория относительности обосновывается необходимостью объяснить отрицательный результат известного эксперимента Майкельсона — Морли и удобством, которое дается возможностью применять уравнения электромагнитного поля Максвелла в подвижной системе координат без изменения их формы»<sup>77</sup>. Далее Свенсон продолжает: «Маги настаивает на контраргументах, будто принцип относительности не давал объяснения ни экспериментов Физо, Маскарта, Брэса, ни экспериментов Кауфмана и Бухерера. В таком случае, почему, спрашивал он [Маги], мы должны позволить эксперименту Майкельсона — Морли опрокинуть все наши исходные понятия физики?» И снова цитируется Маги: «Принцип относительности объясняет отрицательный результат эксперимента Май-

<sup>72</sup> Jacques Hadamard. An Essay on the Psychology of Invention in the Mathematical Field. (New York: Dover, 1954; первоначально Princeton: Princeton Univ. Press, 1945), стр. 142—143.

<sup>73</sup> G. Holton. Mach, Einstein, and the Search for Reality, стр. 636—637.

<sup>74</sup> A. Einstein. Reply to Criticism, у Шилпса: Albert Einstein, стр. 637.

<sup>75</sup> E. Whittaker. A History of Theories of Aether and Electricity, Vol. II: The Modern Theories, 1900—1926. (London: Thomas Nelson, 1953), стр. 38.

<sup>76</sup> T. W. Chalmers. Historic Researches, стр. 81; курсив в оригинале.

<sup>77</sup> L. Swenson. The Ethereal Aether, стр. 280—281 (цитируется по Science, 1912, 35 : 287).

кельсона — Морли, но как можем мы объяснить явление интерференции без эфира, который только и делает возможным этот эксперимент?»<sup>78</sup>. Ясно, что Маги, как и Оливэр Лодж, не думал много о попытке сделать теорию относительности и работу Майкельсона опорой друг друга<sup>79</sup>.

В итоге, из явно исторических очерков, включая и беседы Эйнштейна с Шэнкленом, выясняется, что рассказы, которые мы находили раньше в дидактических или философских сочинениях, в лучшем случае являются сомнительными, и они нуждаются в серьезной критике. Настоящий очерк до сих пор имел целью внести ясность в тот отбор, который проявится из прямых документальных данных и прежде всего из основной статьи Эйнштейна 1905 года.

## VII. Прямые данные в статье Эйнштейна 1905 года

Статья по теории относительности Эйнштейна 1905 *annus mirabilis*\* — эта столь свежая и ясная вдохновенная работа гения так часто обсуждалась, что нам нужно здесь только напомнить некоторые ее главные моменты<sup>80</sup>.

<sup>78</sup> Там же, стр. 281.

<sup>79</sup> Свенсон приводил также новые данные о том, что Майкельсоном владел страх: «В ответ на просьбу дать оценку своего наиболее значительного достижения Майкельсон сказал: «Я думаю, что большинство людей сказали бы, что это был эксперимент, который положил начало теории относительности Эйнштейна. Этот эксперимент является опорой Эйнштейна. Но я хотел бы думать о нем, как об одном из дюжины моих экспериментов по интерференции световых волн» (там же, стр. 317—318, цитируется по статье Джемса О'Доннел Беннета, опубликованной в связи с 70-летием А. А. Майкельсона в «The Chicago Tribune», ротогравюрный отдел, 1923, стр. 22). В этой же связи уместно напомнить отрывок из «Бесед» Шэнкленда: «Майкельсон сказал Эйнштейну, что он немного сожалел о том, что его собственная работа положила начало этому «монстру»» (стр. 56).

\* Удивительного года (лат.).

<sup>80</sup> Приведенные в тексте переводы взяты из статьи А. Эйнштейна «On the Electrodynamics of Moving Bodies», стр. 37—65 в сб. «The Principle of Relativity», H. A. Lorentz et al., перевод Перрета и Джейфери (New York: Dover, без даты [1951]); сборник, впервые опубликованный в 1923 г., включает статью А. Эйнштейна «Zur Elektrodynamik bewegter Körper», Annalen der Physik, 1905, 17 (с подстрочными замечаниями А. Зоммерфельда). Хотя я исправил перевод в нескольких пунктах, ни одно из этих исправлений существенно не изменяет смысла перевода Перрота и Джейфери.

Цель этой статьи, как указывается в заглавии и в первых строках введения, построить электродинамику движущихся тел, базирующуюся на законах, первоначально сформулированных в электродинамике Максвелла для покоящихся тел. Как сказал Эйнштейн почти сорок лет спустя в своих «Автобиографических заметках», «специальная теория относительности обязана своим возникновением уравнениям Максвелла для электромагнитного поля. И обратно, только специальная теория относительности дает уравнениям Максвелла удовлетворительное формальное толкование»<sup>81</sup>.

Первое основание для этой работы указывается Эйнштейном в первой же фразе: «Известно, что электродинамика Максвелла, как ее в настоящее время обыкновенно толкуют, в применении к движущимся телам приводит к асимметрии, которая, по-видимому, несвойственна самим явлениям». Это — неудовлетворенность эстетического рода, показывающая, между прочим, сколь современна эта работа до сих пор. Более того, как теперь уже можно сказать, асимметрия была выявлена, хотя другие физики не считали ее большим дефектом, который следует устранить. Во всяком случае, мы отмечаем, что Эйнштейн начал не с указания на какое-либо противоречие между теорией и известными фактами. К первой фразе он добавил хорошо известный пример о том, что «обычное представление проводит резкое различие» между обоснованиями появления тока в проводнике в двух случаях, с одной стороны, когда проводник находится в покое, в то время как магнит движется (в этом случае говорят, что ток вызван электрическим полем, возникшим вблизи магнита); с другой стороны, когда проводник движется в поле покоящегося магнита (в этом случае электрическое поле вблизи магнита не возникает, но, согласно Герцу, в проводнике появляется электродвижущая сила, которая и вызывает электрический ток). Однако величина и направление токов, созданных одним и тем же относительным движением, в обоих случаях одни и те же. Молодой ученый заключил, что эта теория, «как она обычно толкуется в настоящее время», несовершенна в силу асимметрии описания указанных случаев, и поэтому необходима переформулировка электродинамики, чтобы изменить «понимание» путем

<sup>81</sup> A. Einstein. Autobiographic Notes, стр. 63.

устранения асимметрии (как это сделано позднее в статье)<sup>82</sup>. Конечно, обычная научная статья, особенно в наше время, началась бы с описания некоторых новых экспериментальных результатов или наблюдений, которые упорствуют, сопротивляются их обобщению в существующей теоретической системе.

Избранный Эйнштейном, внешне скорее прозаичный и совсем не новый, пример обращается к работе Фарадея. Но, конечно, в этом признак его оригинальности. Предлагая переформулировку наиболее фундаментальных понятий пространства и времени, Эйнштейн не рассчитывал на софистический эффект или на новую или даже древнюю экспериментальную загадку. Он обращается к давно известным наблюдениям, которые, как он убежден, хорошо понятны каждому. Это было так же, как в споре, который Галилей описал в своем «Dialogue Concerning of Two Chief Systems». Следовательно, это было не так, как у Коперника в его «De revolutionibus» или у Ньютона в «Principia», теории которых базировались на новых, имевшихся в их распоряжении фактах, и не как это было в других трудах, призванных объяснить наблюдения, которые предшествующая теория не сумела должным образом согласовать.

Вслед за этими подробностями, которые Эйнштейн привел, обсуждая эксперименты с возбуждением инду-

<sup>82</sup> A. Einstein. On the Electrodynamics of Moving Bodies, стр. 51—55. [см. А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. I, стр. 7, 24—25]. Выполняя требование, чтобы уравнения Максвелла были инвариантны, Эйнштейн показывает, что чисто электрическая (или чисто магнитная) напряженность поля в какой-либо одной системе будет восприниматься как электромагнитное поле в другой системе, движущейся относительно первой. Отсюда, «если единичный точечный заряд движется в электромагнитном поле, то действующая на него сила равна напряженности электрического поля в месте нахождения этого заряда, получающейся в результате преобразования поля к координатной системе, покоящейся относительно этого заряда... Мы видим, что в изложенной теории электромоторная сила играет роль вс помогательного понятия, которое своим введением обязано тому обстоятельству, что электрические и магнитные поля не существуют независимо от состояния движения координатной системы».

Напомним то, что сказал Эйнштейн в своем послании по поводу столетия со дня рождения Майкельсона: «Что привело меня более или менее непосредственно к специальной теории относительности,— это убеждение, что электромоторная сила, действующая на тело, движущееся в магнитном поле, есть не что иное, как электрическое поле».

цированного тока, проводниками и магнитами, следуют два предложения, удивительные как по своей общей формулировке, так и по связи внешне не связанных вопросов:

«Примеры подобного рода, как и неудавшиеся попытки обнаружить движение Земли относительно «светоносной среды», ведут к предположению, что не только в механике, но и в электродинамике никакие свойства явлений не соответствуют понятию абсолютного покоя, и даже, более того,— к предположению, что для всех координатных систем, для которых справедливы уравнения механики, справедливы те же самые электродинамические и оптические законы, как это уже доказано для величин первого порядка»<sup>83</sup>.

Остановимся кратко на этом важном месте: именно к нему опыт Майкельсона мог бы иметь отношение. В конечном счете, именно этот эксперимент указывается в наших учебниках главным среди экспериментов по обнаружению влияния движения Земли на наблюданную скорость света. Однако, какие бы догадки мы ни строили о том, думал ли о нем Эйнштейн или нет, в его статье нет подтверждений таким догадкам. Кроме того, позднее, когда Эйнштейн в своих «Автобиографических записках» специально говорил о происхождении теории относительности, он нигде не упомянул опыт Майкельсона. Некоторых это обстоятельство разочаровывает, но было бы само-надеянным думать, что Эйнштейн обязан был объясняться по этому поводу либо в 1905 году, либо позднее. Как это будет дальше выяснено, он оставил для историков более чем достаточный материал, чтобы решить эту проблему однозначно.

Что во всяком случае ясно, так это то, что нет именно ссылки ни на этот знаменитый эксперимент, ни на какие-либо другие эксперименты по обнаружению предполагаемого эффекта движения Земли относительно эфира. Таким образом, эксперименты, которые можно подразумевать в предложении, касающемся неназванных неудачных попыток обнаружить эфирный ветер, нельзя отнести к «решающим» (crucial). По-видимому, они играют роль опоры следующего рода: результаты упоминаемых экспериментов с магнитом и проводником и не упоминаемых оптических экспериментов вступают в противоречие с

<sup>83</sup> Там же, стр. 37. [Русск. изд., стр. 7].

понятиями абсолютного пространства и с другими идеями абсолютистской физики. Кроме того, на языке электромагнитной теории Максвелла существуют тесно связанные эксперименты. Эти факты приводят к тому, что гораздо более резонно ухватиться за теорию Максвелла, как за такое звено, путем релятивизации которого и оптика и электродинамика должны быть заново истолкованы совместно.

В последнем предложении Эйнштейна содержится идея, которую он называет «принципом относительности»; без дальнейшего обсуждения она возводится в положение первого из двух постулатов, образующих исходный базис его статьи. Второй постулат (постоянство скорости света в вакууме) добавляется в том же высказывании без ссылки на какие-либо данные, которые могли бы увеличить его вероятность. Читатель должен найти их оправдание в успехе теории, базирующейся на этих постуатах.

Ни здесь, ни позднее в этой статье не приводится фундаментальных положений, изложенных логически, связанных в хорошо упорядоченный ряд фактов и экспериментов, подкрепленных подробными обоснованиями и примерами (см. таблицу 1, как попытку схематически представить структуру, лежащую в основании этих страниц статьи 1905 года). Напротив, в статье ощущалась свежесть излияния гения, который сделал вероятным то, что было написано в пределах «пяти или шести недель» (как писал Эйнштейн 11 марта 1952 года одному из своих биографов Карлу Зеелигу). В тот же год он послал в печать три основополагающие статьи с интервалами менее чем восемь недель и в то же время выполнял свою работу в Патентном бюро в Берне<sup>84</sup>. Это находится также в согласии с утверждением Эйнштейна, что он уже тогда ясно видел, что «нет логического пути к построению теории», что он должен был перепрыгнуть через пропасть «к открытию универсального формального принципа»<sup>85</sup>.

Таким образом, мы можем эти высказывания из статьи 1905 года сопоставить с хорошо известным отрывком из

<sup>84</sup> M. Klein. Thermodynamics in Einstein's Thought. (Science, 1967, 157 : 513). Здесь Клейн пишет об этой деятельности Эйнштейна: «... в противоположность тому, что иногда сообщают, эта работа сильно загружала его — по восемь часов изнурительного труда ежедневно».

<sup>85</sup> A. Einstein. Autobiographical Notes, стр. 53.

Таблица 1

Краткая схематическая структура вводного раздела статьи Эйнштейна по теории относительности 1905 года

Утверждения в их последовательности	Примеры или обоснования
A. Максвелловская электродинамика для покоящихся тел ведет к асимметрии, которая не принадлежит самим явлениям	1. Мысленные эксперименты à la Фарадей по электродинамическому взаимодействию между магнитом и проводником 2. Другие «примеры того же рода» (не уточнены) (Не приводится никаких примеров)
B. Попытки обнаружить движение Земли относительно «светоносного эфира» потерпели неудачу	
C. Постулирование «принципа относительности» для механики, оптики и электродинамики	1. А + В «ведет» к предположению (постулату) С (как — не указано) 2. Это уже испытанная полезная теория для первого порядка ( $v/c$ ) (Никаких оснований не дано)
D. Постулирование принципа постоянства скорости света	
E. С + D будут иметь следствия	1. Результатом будет простая непротиворечивая электродинамика, базирующаяся на теории Максвелла 2. «Светоносный эфир» будет излишним

«Автобиографических заметок» Эйнштейна (написанных в 1946 г., опубликованных в 1949 г.), в котором он сообщал о том, что он в своих собственных размышлениях считал источником теории относительности:

«Благодаря такого рода рассуждениям уже вскоре после 1900 г., т. е. вскоре после основополагающей работы Планка, мне стало ясно, что ни механика, ни термодинамика не могут претендовать на полную точность (за исключением предельных случаев). Постепенно я стал отчаяваться в возможности докопаться до истинных законов путем конструктивных обобщений известных фактов. Чем дальше и отчаяннее я старался, тем больше я приходил к заключению, что только открытие общего формального принципа может привести нас к надежным результа-

там. Образцом представлялась мне термодинамика. Там общий принцип был дан в предложении: законы природы таковы, что построить вечный двигатель (первого и второго рода) невозможно. Но как же найти общий принцип, подобный этому? Такой принцип я получил после десяти лет размышлений из парадокса, на который я натолкнулся уже в 16 лет. Парадокс заключается в следующем. Если бы я стал двигаться вслед за лучом света со скоростью  $c$  (скорость света в пустоте), то я должен был бы воспринимать такой луч света как покоящееся, переменное в пространстве электромагнитное поле. Но ничего подобного не существует; это видно как на основании опыта, так и из уравнений Максвелла. Интуитивно мне казалось ясным с самого начала, что с точки зрения такого наблюдателя все должно совершаться по тем же законам, как и для наблюдателя, неподвижного относительно Земли. В самом деле, как же первый наблюдатель может знать или установить, что он находится в состоянии быстрого равномерного движения?

Можно видеть, что в этом парадоксе уже содержится зародыш специальной теории относительности»<sup>86</sup>.

Этот отрывок имеет свою точную параллель в статье 1905 года в концептуальном скачке от простого эксперимента (на самом деле это также род мысленного эксперимента — относительное движение проводника и магнита) к общему принципу, из которого будет выведена суть теории относительности. Более того, нельзя не отметить, что плодотворный парадокс, над которым он задумывался в дни своей юности, и эксперимент, которым начинается статья 1905 года, имеют один и тот же физический характер: в одном случае вопрос касается электрического и магнитного полей, которые движущийся наблюдатель находит связанными со световым лучом; в другом случае вопрос касается электрического и магнитного полей, которые действуют на движущийся проводник; в обоих случаях решения вытекают из одних и тех же уравнений преобразования. Поэтому кажется вполне возможным, что Эйнштейн мог держать в уме этот юношеский мысленный эксперимент со световым лучом, когда он в 1905 году написал довольно туманную в другом отно-

шении фразу о «примерах подобного рода». В самом деле, парадокс о световом луче мог бы быть естественным мостом к непосредственно следующему в статье 1905 года упоминанию об экспериментальных попытках «обнаружить движение Земли относительно «светоносной среды»».

В следующем предложении, как раз почти заканчивая введение статьи 1905 года, Эйнштейн без всякого повода указывает на результат, который можно ожидать от его подхода. «Введение «светового эфира» окажется при этом излишним, поскольку в предлагаемой теории не вводится «абсолютно покоящееся пространство», наделенное особыми свойствами...» Затем он сразу переходит к «Кинематической части», в которой исследуются понятия пространства и времени. Уравнения преобразований Лоренца выводятся из постулатов, они приводят к преобразованиям уравнений Максвелла — Герца, которые заключают в себе все электродинамические явления, охватывая, с одной стороны, движущиеся магниты, а с другой — движущиеся световые лучи. Все остальное следует из этого же: релятивистский доплер-эффект, aberrация и давление излучения, испытываемое рефлектором. Существенно, что aberrация и изменение частоты световой волны являются двумя наистарейшими известными оптическими эффектами, которые вызываются движением Земли относительно звезд, — известными задолго до эксперимента Майкельсона, — и что проблема давления излучения есть одна из тех проблем, о которой Эйнштейн позднее говорил, что она очень рано заинтересовала его как обоснование предела применимости теории Максвелла.

Но на этом вопросе Эйнштейн останавливается сам: «Примененным здесь методом могут быть решены все задачи оптики движущихся тел. Существо дела заключается в том, что электрическое и магнитное поля в световой волне, подвергающейся воздействию со стороны движущегося тела, преобразуются к координатной системе, покоящейся относительно этого тела». (Здесь этот эксперимент с магнитом и индуцированным током опять связывается с экспериментом о движении светового луча). «Благодаря этому каждая задача оптики движущихся тел сводится к задачам оптики покоящихся тел»<sup>87</sup>.

<sup>86</sup> Там же, стр. 51—52. [А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. IV, стр. 277—278].

<sup>87</sup> A. Einstein. On Electrodynamics of Moving Bodies, стр. 59. [А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. I, стр. 30.]

Для других ординарных физиков, особенно для молодежи, стремящихся с гордостью продемонстрировать мощь своей новой теории, кажется неправдоподобным поступать так, как в то время поступал (или не поступал) Эйнштейн: он не пытался объяснять, что его положения содержат новое толкование нулевого результата опыта Майкельсона, релятивистский эквивалент контракции Лоренца — Фитцджеральда, а также решение других проблем, которые занимали многих лучших физиков на протяжении двух предыдущих десятилетий. В зависимости от склонности человека, последнее приведенное выше предложение может быть истолковано как выражение кокетства, или высокомерия, или игнорирования экспериментальных деталей в «оптике движущихся тел», или отсутствия серьезного отношения к грязным деталям экспериментальной физики, или даже просто как результат отсутствия времени для вхождения в более отдаленные детали в статье, размером в 31 страницу, которая писалась в чрезвычайно продуктивный период его жизни.

Я склонен думать, что действовали все эти элементы, но первый из них наиболее бросается в глаза. Например, отказываясь повторно упомянуть эксперимент Майкельсона, Эйнштейн учитывает только тот факт, что с точки зрения релятивистской физики в этом эксперименте *ничего существенного вовсе не происходит*. Его результат является «естественной», вполне предвиденной и тривиальной истиной. Отказ от эфира и принятие уравнений преобразования означает исчезновение как самого объекта, так и языка, на котором с позиции эфирной теории обсуждаются такие вопросы, как нулевой результат, так и возможные причины контракции. Таким образом, оба взгляда на этот эксперимент были различны и несовместимы в главном, что и вызвало нескончаемые дебаты между двумя противоборствующими группами на протяжении долгого времени после того, как эта статья была опубликована; так это было, например, в 1927 году на конференции, посвященной эксперименту Майкельсона. Релятивисты просто не могли усмотреть сложных проблем, которые, очевидно, были важными для защитников эфира, для которых, по удачному выражению Дюга, эфирное безмолвие образовало «субстрат мышления в физике».

Это признание должно подготовить нас к возможности того, что в аналогичных философских спорах выделяются

две точки зрения на избитый вопрос о том, как понимать историю развития теории относительности. С одной стороны, налицо подход самого Эйнштейна, в значительной степени интуитивный, с элементами эмпиризма и рационализма; с другой стороны, имеются аксиоматический и экспериментистский подходы, о которых мы говорили раньше. Для первой группы кажется естественным, что эксперимент, не игравший никакой роли, не должен быть упомянут, однако для второй группы отсутствие в статье Эйнштейна специального признания роли эксперимента Майкельсона становится проблемой, и Эйнштейна считали уклонившимся от «обязательства» объясниться<sup>88</sup>.

Вернемся к статье Эйнштейна 1905 года. В конце статьи мы находим краткий раздел о динамике движущихся электронов, которые представляют собой хорошо известный пример движущихся тел, открытых за восемь лет до того; одновременно электроны явились предметом широко обсуждавшихся экспериментов, таких, как эксперименты Кауфмана. Однако в статье ни один из экспериментов не упоминается. Она заканчивается тремя предложениями, одно из которых «может быть проверено экспериментально»; они смело обобщаются как «законы, по которым, согласно предложенной теории, должны двигаться электроны»<sup>89</sup>. Действительно, это единственное место в статье, где новые экспериментальные результаты предсказываются явным образом, хотя в других местах имеется несколько подразумеваемых, например, что объект, движущийся с огромной относительной скоростью, «будет казаться укороченным» и что находящемуся в покое наблюдателю движущиеся часы покажутся идущими более медленно. В нескольких случаях о результате сказано, что он находится в согласии с установленными экспериментами (например, о давлении света). Однако в то время как Эйнштейн выводит уравнения, которые с поразительной легкостью могут объяс-

<sup>88</sup> Группа. Philosophical Problems of Space and Time, стр. 380. Если руководящим началом является сама история теории эфира, то можно сказать, что в этом споре, как и в других, лишь немногие поборники изменят свое мнение, происходящее из стабильности «субстрата мышления» и целенаправленных предложений.

<sup>89</sup> Einstein. On the Electrodynamics of Moving Bodies, стр. 65. [А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. I, стр. 35].

нить такие исторические эксперименты, как проверка френелевской теории увлечения эфира, выполненная Физо, или наблюдения aberrации, эти уравнения в статье явно к ним не применяются.

Статья, предназначенная для обсуждения ее научной общественностью, обычно излагает экспериментальные подтверждения новых теорий; упрочению теории относительности очень помогло бы, если бы в ней имелся, так сказать, педагогический раздел, развивающий следствия основной работы. Можно только полагать, что это удивительное упущение может служить добавочным аргументом в пользу того, что автор считал обычным то, что другим казалось замечательным открытием, и что он простодушно заботился о своей главной цели — заново формулировать электродинамику, базирующуюся на уравнениях Максвелла, а также преобразовать понятия пространства и времени, что неизбежно вытекает из этой работы<sup>90</sup>.

Исходя из собственных, более поздних критериев Эйнштейна для логической теории — «внутреннее совершенство» и «внешнее оправдание»<sup>91</sup>, — можно было бы ожидать немного более подробного обсуждения их обоих. Однако небольшое число упоминаемых «фактов» и экспериментов соответствует изречению Эйнштейна о том, что составляет «внешнее оправдание»: дело не в том, что теория может быть *построена* на несомненно очевидных опытных фактах, не в том, что теория может быть *подтверждена* постановкой решающих экспериментов, а скорее дело в том, что «теория не должна *противоречить опытным фактам*»<sup>92</sup>. Этот критерий даже связывается

<sup>90</sup> Как сообщал Эйнштейн (цитирую по Максу Борну: Physics and Relativity, in Helvetica Physica Acta, Supplementum IV. 1956, 248 [см. также: Макс Борн. Физика в жизни моего поколения. М., ИЛ, 1963, стр. 322]):

«Что было при этом нового [в статье 1905 г.], так это признание того, что значение лоренцевых преобразований выходит за пределы связи с уравнениями Максвелла: они затрагивают сущность пространства и времени вообще. Новым был также и взгляд, что «лоренц-инвариантность» есть общее условие для любой физической теории. Это представляло для меня особую важность, ибо уже ранее я осознал, что теория Максвелла не выражает микроструктуры излучения и потому не имеет общего смысла».

<sup>91</sup> A. Einstein. Autobiographical Notes, стр. 23. [А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. IV, стр. 267.]

<sup>92</sup> Там же, стр. 23. [А. Эйнштейн, т. IV, стр. 266.] Курсив наш.

с предупреждением против стремления обеспечить «Приспособление теории к фактам при помощи более или менее искусственных дополнительных предположений», которые «часто, если не всегда, возможны»<sup>93</sup>. Это замечание заставило Эйнштейна обсуждать критерии, касающиеся предпосылок теории, которые «могло бы быть кратко, хотя и не вполне ясно, назвать «естественностью» или «логической простотой» предпосылок». Он соглашается с тем, что «точная формулировка... представляет большие трудности», потому что она включает в себя «своего рода взвешивание и сравнение несопоставимых качеств». Хотя он и не мог формулировать более точно, все же «между «авгурами» большую частью наблюдается полное согласие в суждении о «внутреннем совершенстве» теорий...»<sup>94</sup> Здесь перед нами опять встает вопрос о роли того, что может быть названо только научным вкусом в решении проблемы, какую теорию или гипотезу принять, а какую отвергнуть. Мы вернемся к этому важному вопросу позднее.

Подведем итог. Стиль мышления, выявляемый путем непосредственного анализа статьи 1905 года, находится в полном соответствии с докладом Эйнштейна, который он сделал спустя полстолетия по поводу столетия со дня рождения Майкельсона. Речь идет не о теории обычного рода, цель которой описать одно или даже несколько явлений, а о теории, «предметом которой является вся совокупность физических явлений»<sup>95</sup>. В этой статье нет ничего, что поддержало бы ту идею, будто Эйнштейн должен был рассматривать эксперимент Майкельсона как «решающий» или даже как эксперимент первостепенного значения, или даже что он знал или должен был знать о его существовании. Нулевой результат Майкельсона очевиден «по другим основаниям», если признается общее господство теории Максвелла во всей области электродинамики и оптики и к ней применяется принцип относительности. Такие основные экспериментальные результаты, которые предполагаются в этой статье, могли быть также результатами Фарадея, Физо и экспериментов по наблюдению aberrации. С самого начала и до конца статья Эйнштейна является работой грандиозного масштаба, специаль-

<sup>93</sup> Там же, стр. 21—23. [А. Эйнштейн, т. IV, стр. 266.]

<sup>94</sup> Там же, стр. 23—25. [А. Эйнштейн, т. IV, стр. 266—267.]

<sup>95</sup> Там же, стр. 23. [А. Эйнштейн, т. IV, стр. 267.]

но направленной на то, чтобы преобразовать электродинамическую теорию как ее тогда понимали. И в этом процессе подразумеваются своя собственная методология и своя собственная метафизика, являющиеся философской основой обновленной науки. Это и объясняет, почему мы до сих пор считаем ее такой яркой работой.

## VII. Косвенные данные: от 1905 года и раньше

Мы видим, что в самой статье 1905 года нет прямых данных, которые поддерживали бы общепринятую историю, излагаемую в учебниках; напротив, мы обнаружили более вероятные данные противоположного характера. Однако это не может полностью исчерпать наш источник, потому что существует ряд косвенных данных, которые следует проанализировать, включая данные из одновременных работ Эйнштейна 1905 года и из его более ранних работ, комментариев и писем.

Можно ожидать, что в другой работе Эйнштейна 1905 года мы найдем дополнительную оценку отношения между экспериментальными фактами и теорией. Как я уже писал в другом месте<sup>96</sup>, в 1905 году были опубликованы три статьи Эйнштейна, статьи эпохального значения, посвященные самым различным областям физики — квантовой теории света, броуновскому движению, теории относительности, — которые объединены двумя важными качествами. Они возникли из одной и той же общей проблемы, а именно, из проблемы флуктуаций давления излучения; оказывается, как уже в 1905 году знал Эйнштейн, теория Максвелла приводит к неверному предсказанию движения зеркала, подвешенного в «полости излучения»\*. И для них характерен один и тот же стиль построения: «Каждая из этих статей начинается с констатации формальной асимметрии или других несоответствий, преимущественно эстетического характера... далее предлагается принцип (предпочтительно общий, скажем, второй закон термоди-

<sup>96</sup> Holton. On the Origins of the Special Theory of Relativity, стр. 629—630. [Перев. см.: «Эйнштейновский сборник», 1966, «Наука», 1966, стр. 177—194].

\* Теория Максвелла не учитывает части флуктуации давления излучения, соответствующей предположению, что энергия излучения состоит из неделимых квантов энергии  $\hbar v$ . (Прим. перев.).

амики, если привести пример Эйнштейна), одним из следствий которого является устранение асимметрии, и в заключение выдвигается одно из нескольких предсказаний, допускающих экспериментальную проверку»<sup>97</sup>.

Экспериментальная часть в каждой из трех статей несомненно наименее развита и для многих наиболее неубедительна. Так, Милликен, Нобелевская премия по физике которому была присуждена отчасти за его экспериментальное подтверждение эйнштейновской теории фотоэлектрического эффекта, заметил позднее, что объяснение этого эффекта, которое Эйнштейн дал в 1905 году, «в то же время игнорировало и фактически казалось противоречащим всем многочисленным фактам интерференции и, таким образом, прямым возвратом к корпускулярной теории света, которая полностью отрицалась со времен Юнга и Френеля (около 1800 г.) до наших дней. Десять лет своей жизни после 1905 года я посвятил проверке уравнения Эйнштейна и, вопреки моему ожиданию, я был вынужден в 1915 году заявить о его однозначном экспериментальном подтверждении, несмотря на всю его бессмысличество, поскольку он казался нарушающим все, что мы знали об интерференции света»<sup>98</sup>.

Мы приходим к заключению, что другие работы Эйнштейна 1905 года вполне согласуются со статьей об относительности и что, в частности, его отношение к экспериментам было тем же самым: опора на очень небольшое число экспериментов либо как на базис теории, либо как на поддержку ее требования на серьезное внимание.

В другом месте я показал, что, по крайней мере начиная с 1907 года и дальше, мы имели данные, что даже в случае «неподтверждающихся фактов», вроде кауфмановского самоуверенного «экспериментального ниспровержения» теории относительности в 1906 году, Эйнштейн продолжал верить в теорию, которая, как ему казалось, имеет все «большую вероятность», по той причине, что она охватывала «все больший комплекс явлений»<sup>99</sup>. Теперь я изложу в приблизительно хронологическом порядке дру-

<sup>97</sup> Там же, стр. 629. [«Эйнштейновский сборник», 1966], стр. 180—181.]

<sup>98</sup> Millikan. Albert Einstein on his Seventieth Birthday, стр. 344.

<sup>99</sup> Holton. Mach, Einstein, and the Search for Reality, стр. 651—653.

6 Эйнштейновский сборник, 1972

гие документы, которые я был в состоянии найти и которые имеют отношение к взглядам Эйнштейна на значение экспериментирования, особенно что касается эксперимента Майкельсона.

Имеются достаточные данные, что еще будучи юным студентом Эйнштейн считал себя эмпирицистом. Позднейшее приобретение более сложной концепции датировано самим Эйнштейном в его «Автобиографических записках»; он указывает, что «вскоре после 1900 года», после публикаций Планка, он нашел, что ни механика, ни термодинамика не могут претендовать на полную точность. «Постепенно я стал отчаиваться в возможности докопаться до истинных законов путем конструктивных обобщений известных фактов»<sup>100</sup>. Но перед этим, будучи студентом в Политехническом институте в Цюрихе с 1896 по 1900 год, он стремился к практическому экспериментированию. «Там у меня были прекрасные преподаватели (например, Гурвиц, Минковский), так что, собственно говоря, я мог бы получить солидное математическое образование. Я же большую часть времени работал в физической лаборатории, увлеченный непосредственным соприкосновением с опытом»<sup>101</sup>. Это датирование совпадает с данными, которые указал биограф Эйнштейна Антон Рейзер<sup>102</sup>, настоящее имя которого, как я уже отмечал в другом месте<sup>103</sup>, Рудольф Кайзер, работавший с молчаливого согласия Эйнштейна над его биографией. Интересное место в этой биографии относится к юному Эйнштейну, который рано, в то время когда он находился под влиянием «чистого эмпиризма», проявил интерес к созданию эксперимента того типа, который мы здесь обсуждали:

«На втором году обучения в колледже он сразу столкнулся с проблемой свет — эфир — движение Земли. Эта проблема никогда не оставляла его. Он хотел построить аппарат, который мог бы точно измерить движение Земли относительно эфира. Что его намерение совпадало с на-

мерениями других видных теоретиков, Эйнштейн еще не знал. В это время он был знаком с положительным вкладом, сделанным за несколько лет до этого великим датским физиком Генриком Лоренцом, и со ставшей впоследствии знаменитой попыткой Майкельсона. Он хотел действовать совершенно эмпирически, приспособить свое научное осознание времени, и он был убежден, что такой аппарат, какой он отыскал бы, привел бы его к решению проблемы, далекие перспективы которой он уже ощущал.

Однако шансов построить такой аппарат не было. Скептицизм его учителей был слишком велик, а дух предпримчивости слишком мал. Он еще надеялся подойти к главным вопросам физики путем наблюдения и эксперимента. Его мысль была связана с реальностью. Как ученый-естественник, он был чистым эмпириком. Он не был полностью убежден в исследовательской силе математических символов. Спустя несколько лет это положение дел полностью изменилось»<sup>104</sup>.

Рассказ фиксирует дату (академический год 1897—1898), до которой Эйнштейн, вероятно, не слышал об эксперименте Майкельсона, и это помогает нам также понять то, что иначе может казаться загадочным и противоречивым в эйнштейновской ссылке на состояние его осведомленности об эксперименте Майкельсона перед публикацией его статьи 1905 года. Это делает более вероятным то, что Эйнштейн мог воспринять результат опыта Майкельсона без удивления, когда он стал ему известен, потому что он уже размышлял о своем собственном эксперименте по обнаружению эфирного ветра; и во всяком случае эмпирический характер его подхода позднее «изменился полностью». Как мы уже отмечали, Шэнклэнд писал о своей первой беседе с Эйнштейном в 1950 г.: «Я спросил его, когда он познакомился с опытом Майкельсона — Морли, он сказал, что узнал о нем из работ Г. А. Лоренца, но только после 1905 года он вошел в его сознание»<sup>105</sup>. А в 1952 году Эйнштейн сказал Шэнклэнду: «Я не могу с уверенностью сказать, когда я впервые услышал об опыте Майкельсона. У меня не было ощущения, что он непосредственно влиял на меня в течение семи лет,

<sup>100</sup> Einstein. Autobiographical Notes, стр. 53. [А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. IV, стр. 277.]

<sup>101</sup> Там же, стр. 15. [А. Эйнштейн, т. IV, стр. 264.]

<sup>102</sup> Anton Reiser. Albert Einstein. (New York: Albert and Charles Boni, 1930.)

<sup>103</sup> G. Holton. Influences on Einstein's Early Work in Relativity Theory. American Scholar, Winter, 1968—1969, 37: 59—79.

<sup>104</sup> Reiser. Albert Einstein, стр. 52—53.

<sup>105</sup> Shankland. Conversations, стр. 48; курсив в оригинале.

когда теория относительности была моей жизнью. Я полагаю, что я как раз воспринял его результат как нечто само собою разумеющееся»<sup>106</sup>. Тут же Шэнкленд добавляет: «Однако Эйнштейн сказал, что в годы 1905—1909 он много думал о результате Майкельсона во время своих дискуссий с Лоренцом и другими и в своих размышлениях об общей теории относительности. В то время он представлял себе (так он сказал мне), что он отдавал себе отчет о результате Майкельсона до 1905 года отчасти благодаря статьям Лоренца, а еще больше потому, что просто считал этот результат Майкельсона справедливым».

Сообщение Шэнкленда о том, что Эйнштейн читал «статьи Лоренца» до 1905 года, следует теперь разъяснить. Мы знаем, что это чтение фактически не включало известной статьи Лоренца 1904 года<sup>107</sup>, в которой он дал электромагнитную теорию для движущихся тел с точностью до величин второго порядка ( $v^2/c^2$ ), а, вероятно, также и большинство других статей, которые отчасти подготовляли к ней<sup>108</sup>. У нас есть положительные данные о том, что Эйнштейн читал только одну статью и одну книгу Лоренца — статью от 1892 года (опубликованную на французском) и книгу от 1895 года (опубликованную на немецком), в которой эта теориядается с точностью до величин первого порядка ( $v/c$ ). Это полностью совпадает с замечанием Эйнштейна в статье 1905 года: «как уже было показано с точностью до величин первого порядка малости...». Кроме того, Эйнштейн писал, в частности, по этому вопросу своему биографу Карлу Зеелигу: «Что касается меня, то я знал только замечательные работы Лоренца 1895 года — «La théorie électromagnétique de Maxwell» [фактически опубликована в 1892 г.] и «Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern», — но не знал ни более поздних его работ, ни последующего исследования Пуанкаре. В этом

<sup>106</sup> Там же, стр. 55.

<sup>107</sup> H. A. Lorentz. Electromagnetic Phenomena in a System Moving with any Velocity Smaller than that of Light.— Proceedings of the Academy of Sciences. Amsterdam, 1904, 6 : 809. [Русский перевод см.: сб. «Принцип относительности», ОНТИ, Гл. ред. общетехн. л-ры, 1935, стр. 16—50.]

<sup>108</sup> Следует учесть тот факт, что большинство из этих статей, по-видимому, было трудно получать, а роль могли здесь играть опубликованные по-датски или по-английски.

смысле моя работа 1905 года была самостоятельной»<sup>109</sup>. Мы можем разумно использовать приведенное письмо Эйнштейна Зеелигу; даже если бы он читал другие статьи Лоренца, опубликованные до его статьи 1904 года, он не нашел бы в них более широкого обсуждения опыта Майкельсона, чем Лоренц дал в своей книге 1895 года. Поэтому будет полезно кратко рассмотреть эту работу Лоренца<sup>110</sup>.

В этой работе Лоренц еще удовлетворялся построением теории, которая объясняла эффекты первого порядка, соответственно отношению  $v/c$ . Поэтому на первой же странице сильно подчеркнуто значение эфирной теории Френеля и опыта по наблюдению aberrации, а дальше они рассматриваются и в тексте. Что касается экспериментов

<sup>109</sup> Цитировано по Борну — Physics and Relativity, стр. 248 [см.: Макс Борн. Физика в жизни моего поколения. ИЛ, 1963; статья «Физика и относительность», стр. 316, ссылка на стр. 322]. Книга Лоренца «Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern» была опубликована Е. Бриллем в Лейпциге в 1895 г. (перепечатана без изменений в 1906 г. Тойбнером в Лейпциге).

Как я показал в другом месте («Influences on Einstein's Early Work in Relativity Theory»), почти во всех книгах, по которым Эйнштейн мог изучать теорию Максвелла, эксперимент Майкельсона даже не был упомянут — ни в лекциях по теоретической физике Гельмгольца, хотя именно в его лаборатории был начат первый опыт Майкельсона, ни в очерках Герца, ни в «Maxwells Theorie der Elektrizität» Августа Фёппля. В самом деле, наиболее существенной чертой немецких научных трудов является чрезвычайно малое количество ссылок на фактические экспериментальные обстоятельства, и не только на опыт Майкельсона, но и на все другие эксперименты по обнаружению эфирного ветра. Явное исключение составляет только книга П. Друде «Lehrbuch der Optik» (Leipzig: S Hirzel, 1900; в 1901 г. она вышла под названием «The Theory of Optics» в переводе Манна и Р. А. Милликена с предисловием А. А. Майкельсона, London: Longmans & Green). Однако обсуждение оптических свойств движущихся тел базировалось целиком на книге Лоренца «Versuch...» 1895 г., которая «развивала законченную и изящную теорию. Это именно та теория, которая здесь изложена» (английский перевод, стр. 457). Таким образом, в изложении толкования опыта Майкельсона на языке контракционной гипотезы Друде почти дословно копировал соответствующие предложения из книги Лоренца «Versuch...».

<sup>110</sup> Краткое изложение следующих нескольких страниц было опубликовано в Proceedings of the International Conference on Relativistic Theories of Gravitation, Vol. I. (London, 1965), стр. 14—18 (мимографическое издание).

Майкельсона по обнаружению эфирного ветра, то они были только кратко упомянуты (на стр. 2) и было указано, что они найдут свое объяснение в рамках теории первого порядка только при помощи того, что он называет *Hülfshypothese*\*. Этот вопрос не поднимается вновь вплоть до 120-й страницы, до краткого раздела, уже близкого к концу книги, имеющей 139 страниц. Но случилось так, что эта часть книги, которую каждый работающий физик знает по отдельному оттиску со своим подзаголовком «Интерференционный опыт Майкельсона», впоследствии использованному в качестве главного титула, была включена как первая статья в известный специальный сборник работ Лоренца, Эйнштейна, Минковского и Вейля, опубликованного Тойбнером в 1913 году<sup>111</sup>. (Так с помощью ножниц и комбинаций издатели в действительности исказывают историю!)

В книге Лоренца этот раздел появляется в последней главе, посвященной оставшимся неразъясненными трудностям лоренцовской теории первого порядка, во всех других отношениях вполне удачной; эта глава называется «Эксперименты, результаты которых неясны без дальнейших размышлений». Он обсуждает три таких эксперимента, приводящих исследователя в замешательство. Изложение первого занимает около пяти страниц, он посвящен неожиданному отсутствию вращения плоскости поляризации (Маскарт, 1872), которое Лоренц пытается очень неуверенно объяснить с помощью особой гипотезы *ad hoc*. Затем идет (примерно также на пяти страницах) изложение экспериментов Майкельсона 1881 и 1887 годов по обнаружению эфирного ветра. Здесь «на основе [эфирной] теории Френеля предсказывается эффект второго порядка относительно  $v^2/c^2$ ». Чтобы объяснить, почему он не наблюдался, Лоренц сперва отверг исходную теорию aberrации Стокса, как теорию, которая порождает слишком много трудностей; в качестве альтернативы он попытался сместить загадку «посредством одной гипотезы, которую я уже высказал некоторое время тому назад [в 1892—1893 гг.] и к которой, как я позже узнал, пришел и

Фитцджеральд». Эта спасительная вспомогательная гипотеза [*Hülfshypothese*] введена совершенно *ad hoc*: «если принять, что плечо [интерферометра], лежащее в направлении движения Земли, короче другого плеча в отношении  $L(v^2/c^2)\dots$ , то результат опыта Майкельсона будет вполне объяснен»<sup>112</sup>. Он признает, что «этот гипотеза на первый взгляд может показаться чуждой, но тем не менее нужно признать, что она не так уж неестественна», если связать ее с другими предположениями, а именно, что молекулярные силы, определяющие размеры тела, под влиянием движения относительно эфира изменяются «подобно тому, как мы можем теперь утверждать это относительно электрических и магнитных сил».

Автор не дает никаких подробных объяснений, которые связали бы эту гипотезу с преобразованиями Лоренца в их еще примитивной форме, опубликованными раньше в этой книге. А на протяжении всего этого раздела Лоренц подчеркивает, что этот аргумент имеет природу *ad hoc*. Так, когда он обращается к сравнению трансформационных свойств, которые он предположил как в молекулярных, так и в электростатических силах, он признает, что «нет никакого основания» для этого предположения<sup>113</sup>. У читателя остается впечатление, что результаты этого эксперимента «*sich nicht ohne Weiteres erklären lassen*», как об этом предупреждает название главы (см. выше). Поэтому кажется, что вся эта работа не потерпела бы ущерба, если бы опыт Майкельсона вовсе не был осуществлен!

Третьим опытом, который Лоренц привел в своей книге 1895 года, является поляризационный опыт Физо со стеклянным стержнем, с помощью которого Физо надеялся обнаружить эффект движения Земли в плоскости поляризации света. Этому опыту отведены последние тринадцать страниц книги, больше, чем другим. Этот опыт выделен замечанием Лоренца о том, что его результаты «заслуживают большого внимания»<sup>114</sup>.

<sup>112</sup> Lorentz. «Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern», стр. 123.

<sup>113</sup> «Wozu freilich kein Grund vorliegt» (там же, стр. 124).

<sup>114</sup> Оказалось, что экспериментальные результаты Физо были ошибочны, как это уже начал подозревать Лоренц (там же, стр. 2, 127).

\* Вспомогательной гипотезы (нем.). (Прим. перев.).

<sup>111</sup> Das Relativitätsprinzip. (Leipzig — Berlin: Teubner, 1913.) Сборник часто перепечатывался, имеется английский перевод под названием «The Principle of Relativity», см. ссылку выше. [О русском переводе см. выше].

Таким образом, когда в 1905 году Эйнштейн в статье по теории относительности после вводного раздела упоминает «неудачные попытки обнаружить движение Земли относительно „световой среды“», не называя специально какую-либо одну из них, он мог иметь в виду любые два или более по крайней мере из семи экспериментов, — первых два, приводившихся в последней главе лоренцовой работы 1895 года, и еще пять дополнительных, которые стали известны к 1905 году: эксперименты Рэлея 1902 года по вращению плоскости поляризации и двойному преломлению; опыты Брэса по двойному преломлению в 1904 году, и повторение, с отрицательным результатом, опыта Физо со стеклянным стержнем в 1905 году, а также опыты Троутона и Нобля в 1903 году о вращающем магнитном моменте заряженного конденсатора \*. (Можно было бы также добавить другие эксперименты по обнаружению эфирного ветра, которые производились до того времени: например, опыт Араго, 1810 год; Физо — 1851, Лоджа — 1832.) Обратив внимание на то, что Эйнштейн имел весь этот выбор, каждый, кто читал доступную литературу, поймет, что из этого еще не вытекает, что опыт Майкельсона не играл вдохновляющей роли. С другой стороны, нельзя также твердо считать, что фраза Эйнштейна о «неудачных попытках» должна непосредственно указывать на какой-либо один из этих опытов, в том числе и на опыт Майкельсона. В действительности вполне возможно, что он читал и слышал о любых двух из этих «неудачных попыток» и сделал правильный вывод, что все они должны быть неудачными.

Вернемся теперь к основной статье Лоренца 1904 года, которую каждый, включая и Эйнштейна после 1905 года, читал и цитировал. Здесь Лоренц возглавил работу по усовершенствованию теории первого порядка 1895 года и особенно стремился достичь теории, охватывающей явления второго порядка. Поэтому опыт Майкельсона стал теперь гораздо более важен для аргументов Лоренца, чем это было в 1895 году. Теперь этот опыт появляется в самом начале статьи, следуя за некоторыми другими, более современными, запутанными экспериментами (Рэлея, Брэса, Троутона и Нобля и Кауфмана), а объяс-

\* Ожидалось, что такой момент должен появиться под влиянием движения Земли относительно эфира. (Прим. перев.).

нение результата Майкельсона дается в двух различных местах <sup>115</sup>. Эта статья — произведение большого мастера. По моему мнению она, вместе со статьей Пуанкаре 1905 года, представляет собой лучшую работу, которую только могла достигнуть электродинамика до появления теории относительности Эйнштейна. Но существенно, что в этом высшем достижении классической физики мы обнаруживаем два поразительно слабых места, что признавал позднее и сам Лоренц.

Первое состоит в том, что выведенные в статье уравнения преобразования Лоренца в конце концов не дают то, на что он надеялся: уравнения Максвелла не вполне инвариантны даже при малых скоростях. В 1912 году, при переиздании своей статьи 1904 года в сборнике Тойбнера (1913 г.), Лоренц великодушно добавил подстрочное замечание, которое, к сожалению, опущено в английском переиздании сборника:

«Можно заметить, что в этой статье мне не удалось в полной мере получить формулы преобразования теории относительности Эйнштейна. Ни равенство (7), ни формулы (8) не имеют того вида, который дан Эйнштейном, вследствие чего мне не удалось уничтожить член  $-wi_x/c^2$  из первой формулы (9) и таким образом привести уравнения (9) точно к виду, справедливому для покоящейся системы. С этим обстоятельством связана беспомощность [Unbeholfene] некоторых дальнейших рассуждений в этой работе. Заслуга Эйнштейна состоит в том, что он первый высказал принцип относительности в виде всеобщего строгого и точно действующего закона» <sup>116</sup>.

В «The Theory of Electrons» Лоренца мы находим подобное же заявление <sup>117</sup>. Лоренц указывает, что «наряду с захватывающей смелостью своего отправного пункта, теория относительности Эйнштейна имеет еще и другое значительное преимущество по сравнению с моей теорией». Эйнштейн получил точную ковариантность «при помощи

<sup>115</sup> «The Principle of Relativity», стр. 22, 29. [«Принцип относительности», стр. 32, 40.]

<sup>116</sup> «Das Relativitätsprinzip», стр. 10. [«Принцип относительности», стр. 22—23.]

<sup>117</sup> H. A. Lorentz. The Theory of Electrons. (Leipzig: Teubner; New York: Stechert, 1909); 2-е изд. (Teubner, 1915), стр. 230. [См.: Г. А. Лоренц. Теория электронов. Гос. изд. технико-теорет. лит-ры, 2-е изд. под ред. Т. П. Кравца, 1956, стр. 333.]

системы новых переменных, весьма, впрочем, мало отличающихся от тех, которые были введены мной». И Лоренц выразительно добавляет: «Я не пользовался этими подстановками только по той причине, что формулы представляются довольно сложными и имеют несколько искусственный смысл, если только не выводить их из самого принципа относительности». К сожалению, это замечание привело к выдвижению новой темы — об «искусственных» предпосылках в теории относительности, что более подробно будет рассмотрено ниже<sup>118</sup>.

Признание второго недостатка в работе Лоренца, которое поражает нас как даже более серьезное, чем первое, выражено в другом типично благородном комментарии Лоренца в его «The Theory of Electrons» в 1909 году. Здесь он намекает на следующий аспект расхождения между «беспомощностью» своей собственной сковывающей гипотезы и построенной на ней теории и «изумительной смелостью» эйнштейновского подхода, отбрасывающего весь сложный механизм эфирной электродинамики, теории, в которой Эйнштейн отправляется от общих принципов и где по возможности устраниет любые гипотезы, даже те,

которые для современной ему физики были столь же драгоценны, как и световой эфир. Результаты Эйнштейна, касающиеся электромагнитных и оптических явлений, пишет Лоренц, «в основных чертах совпадают с теми результатами, которые мы получили на предыдущих страницах, причем главное различие заключается в том, что Эйнштейн просто постулирует то, что мы старались с некоторыми затруднениями и не всегда вполне удовлетворительно вывести из основных уравнений электромагнитного поля. При этом он, конечно, требует от нас, чтобы мы заранее верили, что отрицательный результат опытов, подобных опытам Майкельсона, Рэлея и Брэса, является не случайной компенсацией противоположных эффектов, но выражением общего и основного принципа»<sup>119</sup>.

В примечании, добавленном в издании 1915 года, Лоренц идет дальше: «Теория относительности Эйнштейна ... получает такую простоту, какой мне достигнуть не удалось»<sup>120</sup>. В последовавшей вскоре публикации Эйнштейн согласился с утверждением, что теория относительности выросла из электродинамики Максвелла — Лоренца «как поразительно простое обобщение и объединение ряда независимых друг от друга гипотез, на которых была основана электродинамика»<sup>121</sup>.

Осознание того, что представлявшиеся ранее в виде разрозненных процессы, явления, структуры теперь оказываются взаимосвязанными, всегда было в науке квази-эстетическим, наиболее ценимым доказательством. Следует вспомнить о торжествующей гордости Коперника в его «De revolutionibus» за то, что из его гелиоцентрической системы «не только следуют все их [планет] явления, но что эта корреляция столь тесно связывает вместе порядок и размеры планет и их сфер, или орбитальных кругов, и сами небеса, что ничто не может быть смещено в какой-либо их части без нарушения остальных частей и вселенной в целом».

<sup>118</sup> Профессор Киттель обратил мое внимание на то, что в книге Иосифа Лармора «Aether and Matter». (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1900), в которой не цитируются ни Эйнштейн, ни Лоренц, излагаются полные и точные уравнения преобразований Лоренца для  $x$ ,  $t$ ,  $E$  и  $B$ . Лармор относил их только к порядку  $(v/c)^2$ , что ему только и было нужно; он применил их для объяснения нулевого результата опыта Майкельсона, но поскольку он стремился получить инвариантность величины  $x^2 - c^2t^2$ , как это мы делаем теперь, Лармор получил точно все преобразования.

Один из бывших студентов Лармора, Е. Куннингем, в письме Киттелю от 14 декабря 1963 г. объяснял, что в 1903—1904 годах он не обращал внимания на точность преобразования, но полагал, как и Лоренц, что он получил его только для величин второго порядка. Поэтому он говорил о нем как о преобразовании Лармора — Лоренца. В 1904 г. он переехал из Кембриджа в Ливерпуль, здесь установил точные преобразования и написал о них Лармору, который кратко ответил, что он знал, хотя никогда не ссылался на это в своих публикациях или лекциях. Куннингем просто добавляет: «Лармор вовсе не приходил в восторг от идеи, что алгебраические преобразования оказались точными». Таким же по характеру было известное нежелание Лоренца придать более общий смысл понятию *Ortszeit* [местного времени]. Это интересное побочное свидетельство об ограничении, которое может быть наложено на теорию, если она рассматривается как теория, призванная обслужить только ближайшие цели.

<sup>119</sup> Lorentz. The Theory of Electrons (1909), стр. 230. [Г. А. Лоренц. Теория электронов, 2-е изд., 1956, стр. 332—333]. Лоренц и Эйнштейн установили тесную дружбу, каждый из них восхищался научным вкладом другого, несмотря на их фундаментально различные подходы к электродинамике.

<sup>120</sup> Там же (1915), стр. 321. [См. русск. изд. (1956), стр. 438.]

<sup>121</sup> Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie, стр. 28. [А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. I, стр. 551.]

### VIII. Против физики *ad hoc*

Осознание того, что речь идет о раскрытии обобщенной системы, столь превосходно связанной, что из нее все можно вывести, опираясь на небольшое число постулатов,— это именно то, чего недостает в теории Лоренца. Хотя Пуанкаре был предан Лоренцу, он приберег для него некоторые из своих наиболее язвительных критических шпилек за тот метод, благодаря которому в этой работе все больше появлялось новых гипотез:

«On a fait des expériences qui auraient dû déceler les termes du premier ordre; les résultats ont été négatifs; cela pourvait-il être par hazard? Personne ne l'a admis; on a cherché une explication générale, et Lorentz l'a trouvée; il a montré que les termes du premier ordre devaient se détruire, mais il n'en était pas de même de ceux du second. Alors on a fait des expériences plus précises; elles ont aussi été négatives; ce ne pouvait non plus être l'effet du hazard; il fallait une explication; on en trouve toujours; les hypothèses, c'est le fonds qui manque le moins.

Mais ce n'est pas assez... »<sup>122</sup>.

Конечно, Лоренц не получил удовольствия от того, что его теория имеет характер *ad hoc*. По его мнению, положение было очень ясным, когда он писал эту статью 1904 года. На второй странице Лоренц приводит главные основания для публикации новой разработки:

«Описанные опыты не являются единственным основанием желательности новой обработки проблем, связанных с движением Земли. Пуанкаре, возражая против прежней теории оптических и электрических явлений в движущихся телах, указывал, что для объяснения отрицательного результата опыта Майкельсона оказалось нужным ввести новую гипотезу, и что в этом может встре-

<sup>122</sup> Н. Р о i n c a r é. Congrès de physique de 1900, Paris, I : 22. «Производились эксперименты, которые должны обнаружить члены первого порядка; результаты оказались отрицательными; неужели это могло быть случайным? Лично я не допускаю. Искали общее объяснение, и Лоренц нашел его; он показал, что члены первого порядка должны исчезать, но он не мог предположить того же для членов второго порядка. Тогда произвели более точные опыты; оказалось, что и они дали отрицательный результат; это уже нельзя было считать случайным; это требовало объяснения; его всегда находят; гипотезы, вот та почва, которой меньше всего не хватает.

«Но этого недостаточно...».

титься необходимость всякий раз, когда станут известны новые факты. Подобному введению особых гипотез для каждого нового опытного результата присуща, конечно, некоторая искусственность. Положение вещей было бы удовлетворительнее, если бы можно было с помощью определенных основных допущений показать, что многие электромагнитные явления строго, т. е. без какого-либо пренебрежения членами высших порядков, не зависят от движения системы. Несколько лет назад [1899] я уже сделал попытку создать подобную теорию. Теперь я надеюсь рассмотреть этот вопрос с большим успехом»<sup>123</sup>.

Существует сомнение в том, что надежды Лоренца на более удовлетворительную теорию были не вполне напрасны. Так, он мог сказать: «На скорость налагается только то ограничение, что она должна быть меньше скорости света»<sup>124</sup>. Но эта работа была далека от того, чтобы она могла обойтись без выдвижения «специальных гипотез», чтобы объяснить новые экспериментальные результаты, и Лоренц должен был, явно или скрыто, ввести по крайней мере одиннадцать предположений, или гипотез *ad hoc* (оба термина взаимозаменяемы в его статье), как я уже

<sup>123</sup> «The Principle of Relativity», стр. 12—13, [«Принцип относительности», стр. 18—19]. Несколько чувствительно Лоренц относился к этому спору, видно из его статьи в Acta Mathematica, 1912—38, напечатанной в конце тома IX Трудов Пуанкаре «Oeuvres» (Paris: Gauthier-Villars, 1954), в которой Лоренц дал оценку вклада Пуанкаре в физику, особенно в теорию относительности и квантовую теорию. В связи с этим Лоренц позволил себе выразить сожаление относительно своего собственного метода работы (стр. 684):

«Чтобы объяснить опыт Майкельсона 1881 года гипотеза о неподвижном эфире была недостаточна. Я был вынужден сделать новое предположение, допускающее, что перенос тела сквозь эфир вызывает слабое сжатие тела в направлении движения. Эта гипотеза была единственно возможной. Она была изложена Фитцджеральдом и получила одобрение Пуанкаре, но тем не менее Пуанкаре не скрывал того, как мало удовлетворяли его теории, в которых размножаются специальные гипотезы, изобретенные для объяснения частных явлений. Эта критика была для меня дополнительной причиной поисков общей теории».

Дополнительно о том, что Пуанкаре был неудовлетворен теми гипотезами, которые в то время были необходимы, см. С. С г i b-н e г. Henri Poincaré and the Principle of Relativity.— Am. J. Phys., 1964, 32 : 672, и S. G o l d b e r g. Henri Poincaré and Einstein's Theory of Relativity.— Am. J. Phys., 1967, 35: 934—944.

<sup>124</sup> «The Principle of Relativity», стр. 13 [«Принцип относительности», стр. 19].

отмечал ранее<sup>125</sup>. Для статьи, которая имеет дело с физикой, с фундаментальной точки зрения это по-настоящему навязчивые гипотезы. Я произвел беглый подсчет, сколько раз встречается термин «гипотеза», или «предположение», и их явные эквиваленты («теперь я предположу»): на этих страницах это случается по меньшей мере тридцать раз и даже больше, если добавить иносказания и скрытые намеки (например, «скорость будет ограничена...»). Все ли введенные гипотезы имеют характер *ad hoc* в одном и том же смысле или в одной и той же степени, различается ли критерий этого *ad hoc* для теорий различных типов, или имеет ли существенное значение это различие для физиков или философов,— спор здесь не об этом. Что здесь более уместно для понимания работы Эйнштейна,— это прочитать статью Лоренца глазами такого же мыслителя, как и Эйнштейн, чей стиль работы состоит в том, чтобы как можно меньше создавать гипотез.

С другой стороны, чтобы полностью понять цель и задачу Лоренца, мы должны помнить, что он видел кризис физики с 1890 и в 1900 годах совсем иначе, чем Эйнштейн. Лоренц, с его обширными познаниями фактически во всех областях физики, в то время был особенно сильно увлечен постепенным, шаг за шагом, построением жизнеспособной теории электродинамики, основанной по возможности на существующих принципах и структурах, покоящейся на экспериментальных результатах, которые выступают в качестве проводников, ведущих к детальной модификации существующей теории. Поэтому, как показывает внимательное чтение статьи Лоренца, обвинение Пуанкаре было вполне оправданно. Но Лоренц пользовался конвенциональным инструментом, заботясь о решении самых трудных проблем, а мы знаем, что и в наше время в некоторых областях физики существуют значительно менее изящные работы с более крикливыми гипотезами *ad hoc*. Вероятно, ничего лучшего нельзя было сделать, поскольку в основе самой физики сохранялся эфир, и это казалось Лоренцу, как и Пуанкаре, Майкельсону и многим другим, предопределенной неизбежностью до конца его жизни<sup>126</sup>.

<sup>125</sup> Holton. On the Origins of the Special Theory of Relativity, стр. 630.

<sup>126</sup> См. G. Holton. On the Thematic Analysis of Science: The Case of Poincaré and Relativity. *Mélanges Alexandre Koyré* (Paris: Hermann, 1964), стр. 797—800.

Простоту введенного Эйнштейном подхода гораздо легче разглядеть ретроспективно. В этом отношении проблема выбора пути в начале развития современной науки — принять или отклонить систему Коперника в шестнадцатом веке — была совершенно аналогична проблеме выбора пути при его раздвоении в науке нашего времени. Известный отрывок из книги Герберта Баттерфильда «The Origins of Modern Science» относится как к поворотным пунктам двадцатого века, так и к более ранним:

«... По крайней мере некоторые положения системы Коперника являются скорее оптической иллюзией более поздних веков. В наши дни мы можем сказать, что меньше усилий требуется, чтобы привести в движение Землю вокруг ее оси, чем поворачивать всю Вселенную вокруг Земли в двадцать четыре часа. Но в аристотелевской физике требовалось нечто колоссальное, чтобы переместить тяжесть и инертную Землю, в то время как все небеса состояли из тонкой субстанции, которая, как предполагалось, не имела тяжести, и потому ее сравнительно легко было вращать, так как вращение согласовалось с ее природой. Кроме того, если вы отдаете Копернику преимущество в отношении геометрической простоты, жертва, которую нужно было принести ради этого, была огромна. Вы теряли всю космологию, связанную с аристотелианством,— всю сложную увязанную систему, в которой величие различных элементов и иерархическая классификация их была так великолепно объединена. В самом деле, вы должны выбросить за борт саму структуру существующей науки, и здесь структура Коперника потерпела неудачу в раскрытии удивительной альтернативы. Он создал более точную геометрию небес, но это был человек, допустивший нелепость в обоснованиях и объяснениях, которые были даны в расчете на движение в небесах»<sup>127</sup>.

Здесь опять нужно было сделать мучительный выбор: чтобы распространить принцип относительности, перенеся его с механики (где он до того работал) на всю физику, и в то же время объяснить нулевые результаты всех оптиче-

<sup>127</sup> Herbert Butterfield. The Origins of Modern Science. (New York: Free Press, 1957), стр. 42. Коперника рассматривали попрежнему,— как безумца, глупца или гения. Анализ логического процесса, усматриваемого в его публикациях, не дает основания для такой оценки.

ских и электромагнитных экспериментов по обнаружению эфира, нужно было «только» отказаться от понятия абсолютной системы отсчета и от понятия эфира. Но без этих понятий обычная картина изменилась внезапно, решительно и в каждой детали. Физика была лишена своей старой надежды, уже частично и иногда удовлетворительно выполненной, а именно, объяснить все явления с помощью одной последовательной, механистической теории.

В пределах этой работы мы не можем в полной мере обсуждать вопрос о том, что представляет собой гипотеза *ad hoc*, как она влияла на работу таких ученых, как Лоренц или Эйнштейн. Но мы должны по меньшей мере сделать несколько замечаний по этому вопросу, ибо он является важным предметом спора для двух близких умов. Что касается направления истории в учебниках, то немногие философы эмпиристического убеждения, по-видимому, думают, что теория Лоренца и теория Эйнштейна в целом удовлетворительны (например, они согласны, что не все гипотезы имели характер *ad hoc* в одном и том же смысле, или что теория Эйнштейна не уменьшала решительным образом число и искусственность гипотез); таким образом, опыт Майкельсона становится более вероятным «критическим» событием, которое вынуждает радикальный пересмотр. Для наших целей более важным является другое основание разъяснения смысла *ad hoc* в фактической работе ученых: чтобы уметь оценить различие стиля главных деятелей, а в действительности различие между классической физикой девятнадцатого века и современной физикой двадцатого века.

Начнем с того, что практически не имеет значения, получает ли гипотеза *ad hoc* какую-либо опору в теории (так, из статей Лоренца легко видеть, что он стремится связать контракционную гипотезу с аналогичным, как он предполагает, поведением «молекулярных сил», с одной стороны, и с поведением электрических и магнитных сил, с другой, хотя он и не был в состоянии сказать о каких-либо открытиях, относящихся к этим предполагаемым молекулярным силам). Не имеет также большого значения, что контракционная гипотеза была полностью самостоятельной; Лоренц сам выяснил, что его гипотезы *ad hoc* могли бы быть использованы не только для объяснения тех экспериментов, которые привели к их формулировке (например, предсказание отрицательного результата опыта Майкельсона

для световых лучей, проходящих сквозь прозрачные предметы) <sup>128</sup>. Эти и другие применения гипотезы *ad hoc* во всех случаях не представляют действительного интереса; они были неубедительны в качестве критерия, который решал бы вопрос о приемлемости гипотезы, и даже если бы такое испытание было проведено успешно, оно вряд ли увеличило бы привлекательность гипотезы для Эйнштейна.

Усовершенствование понятия *ad hoc*, включая подразделения на такие категории, как «логическое *ad hoc*» и «психологическое *ad hoc*», возможно, может представлять интерес для эпистемологических дискуссий. Однако такое занятие все же не имеет существенного значения, и во всяком случае мы не должны отвлекать внимание от того, что действительно является важным, а именно, от ощущения ученого, что гипотезе присущ характер *ad hoc*, независимо от того, идет ли речь о своей собственной гипотезе или нет,— например, отвращение к контракционной гипотезе выражали Эйнштейн, Пуанкаре, Майкельсон и даже сам Лоренц. Понять, что чувствует почти каждый ученый, когда он оценивает гипотезу, оказывается делом трудным для тех, кто фактически не вовлечен в творческую научную работу. Отсюда следует, что будет полезно развивать область, которую безусловно можно назвать эстетикой науки. Потому что эти вопросы по-прежнему практически решаются на той же, внешне неопределенной и все же правильной основе, из которой исходил и Коперник, и которая, возможно, привела его к решению не признавать

<sup>128</sup> Некоторые полагают также, что контракционная гипотеза не могла не иметь других применений. Некоторые применения, как, например, в эксперименте Троутона — Нобля, хорошо известны. Другие же — нет. Так, когда Газенёрль обнаружил, что его вычисления показали возрастание температуры в заполненной радиацией полости, пропущшей через замкнутый цикл скоростей при адиабатических условиях, он заметил, что «наше противоречие [со вторым законом термодинамики] находит разрешение, если плотность истинной радиации не остается постоянной... Простое предположение состоит в том, что возможно размеры «изменились фактором  $(1 - 1/2\beta^2)$ » в полном согласии с предложением Лоренца и Фитцджеральда». F. H a s e n b ö h r. Zur Theorie der Strahlungen in bewegten Körpern.— Annalen der Physik, 1904, 15: 369. У Газенёрля были и другие применения контракционной гипотезы Лоренца — Фитцджеральда, например, в Sitz. Ak. Wiss., 1907, 116: 1391, и 1908, 117: 207. Я благодарю С. Гольдберга за то, что он обратил мое внимание на эти места.

«планетарную теорию Птолемея и большинства других астрономов, несмотря на ее совместимость с числовыми данными»: одно из его главных возражений состояло в том, что он нашел этот род системы «недостаточно привлекательным для разума». Другой взгляд на критерий отбора [теорий], хорошо знакомый каждому работающему ученному, можно найти в письме Гейзенберга к Паули, в котором он дал выход своему чувству относительно подхода Шредингера к квантовой механике: «Чем больше я размышляю над физической частью теории Шредингера, тем более отвратительной [desto abscheulicher] она мне кажется». Шредингер был не менее откровенен в своих чувствах по отношению к теории Гейзенберга, когда писал: «Я был обескуражен [abgeschreckt], если не сказать оттолкнут [abgestossen] тем, что казалось мне довольно трудным методом трансцендентальной алгебры... »<sup>129</sup>

Существенное различие между тем, как применяет гипотезу *ad hoc* ученый и как применяет ее логик, состоит в том, что первый рассматривает ее в значительной степени как вопрос, касающийся науки в личном плане или науки в процессе ее созидания (мы обозначим такой подход к

гипотезе через  $S - 1$ ), в то время как второй рассматривает ее как вопрос, касающийся науки в общественном аспекте ( $S - 2$ ). Было бы ошибочным думать об аспектах ( $S - 1$ ) и ( $S - 2$ ) как о всегда резко разделенных, но еще большей ошибкой было бы не заметить глубокого различия между этими двумя значениями науки. В рассматриваемом случае они имеют отношение к различию между двумя правильными, но разными применениями *ad hoc*, которые могут быть обозначены как *ad hoc (S - 1)* и *ad hoc (S - 2)*. Для ученого, поглощенного творческой деятельностью, его определение *ad hoc* (или эквивалентного термина) является существенно эстетическим суждением, находящимся в пределах ( $S - 1$ ), в то время как он представляет себе, рассматривает, вводит в употребление или же отклоняет гипотезу. *Ad hoc (S - 1)* в смысле действия индивидуального, как первичное приватное мнение ученого, который может быть очень глубоко и не только рационалистически увлечен, фундаментально отличается от *ad hoc (S - 2)* в смысле общественной категории, с постоянными более или менее ясными эпистемологическими свойствами, которые были обнародованы и стали частью науки как общественного института (*science-as-an-institution*)<sup>130</sup>.

Нет сомнения, что гипотезы *ad hoc (S - 1)* имеют логические свойства; дело в том, что они не являются господствующими при фактическом применении таких гипотез. Ученый, заимствующий чью-то гипотезу или создающий свою собственную для специальных целей, «чтобы объяснить» беспокоящий результат или особенности теории, рассматривает ее как гипотезу *ad hoc* — не обязательно в умаляющем смысле, — независимо от ее «логического» статуса. Это помогает объяснить вспыльчивый и задевающий личности «ненаучный язык», широко применяемый при описании таких гипотез, и к тому же указывает на градации эстетической или «психологической» приемлемости. Так, мы нашли в научной литературе следующие характеристики для принятия гипотезы *ad hoc*: «не невозможная», «разумная», «правдоподобная», «фундаментальная», «естественная», «привлекательная», «изящная»,

<sup>129</sup> См. Max Jammer. *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*. (New York: McGraw-Hill, 1966), стр. 272. Подобные критерии направляют личное решение, на основании которого ученый выбирает наиболее возможную теорию как тогда, когда аргументы за и против обеих теорий кажутся ему одинаково уравновешенными, так и тогда, когда фактически данные кажутся направленными против той теории, которая тем не менее предпочтется. Случай первого рода относится к Галилею, который в книге «Dialogues Concerning the Two Chief World Systems» [русск. перев.: Галилео Галилей. Диалог о двух главнейших системах мира — птолемеевой и коперниковской. Гос. изд. техн.-теорет. л-ры, 1948] указал, что гораздо более вероятно, что суточное движение принадлежит только одной Земле, чем всей остальной Вселенной за исключением Земли. Случай второго рода относится к Эйнштейну. Вопреки внешне авторитетному экспериментальному доказательству Кауфмана в 1906 году в пользу теории Абрагама и Бухера о движении электрона и тем самым против теории Эйнштейна, последний отказался считать вопрос решенным с помощью таких «фактов» и отклонил конкурирующие теории, заявив: «По моему мнению, обе теории имеют довольно небольшую вероятность по той причине, что их фундаментальные предположения, касающиеся массы движущихся электронов, не объяснимы в понятиях теоретических систем, которые охватывают большую совокупность явлений». (Jb. Radioakt., 1907, 4: 28).

<sup>130</sup> Я рассматривал некоторые различия в значениях ( $S - 1$ ) и ( $S - 2$ ) в статье «On the Duality and Growth of Physical Science» — American Scientist, 153, 41: 89—99.

«подходящая», «априори допустимая для получения желательных результатов», «вспомогательная», или «работающая гипотеза». С другой стороны, когда гипотеза *ad hoc* отклоняется, мы находим следующее ее описание: «искусственная», «сложная», «надуманная», «неправдоподобная», «беспокойная», «неразумная», «невероятная», «непривлекательная», «не необходимая», «вздорная». Иногда само «*ad hoc*» употребляется в уничижительном смысле и тогда *ad hoc* получает такие значения. Или утверждение индивидуума переносится на саму природу, как в древней идеи, которую Ньютона выразил так: «Природа любит простоту, она избегает пышности излишних причин» (Заметим, что во всех этих случаях мы не рассматриваем теперь совершенно другой вопрос, что будет выявлено позднее, — была ли гипотеза «верной» или «ложной»).

Унизительные характеристики вызывают поправки, которые вносит автор гипотезы *ad hoc*, чтобы улучшить ее. Так, в 1892 году в публикации на французском языке, о которой Эйнштейн говорил, что он ее читал, Лоренц выдвинул контракционную гипотезу со значительно ограниченной квалификацией: «Итак, некоторые такие изменения в плечах в первом опыте Майкельсона и в размере плиты во втором, насколько я могу видеть, не являются физически невозможными... влияние порядка  $r^2 : v^2$  не исключено и это как раз то, что нам необходимо»<sup>131</sup>. А в 1899 году, описывая влияние движения на массы заряженных частиц, Лоренц говорил: «На первый взгляд такая гипотеза кажется потрясающей. Тем не менее нам не следует полностью отклонять ее».

Язык, применявшийся в то время, когда вводилась контракционная гипотеза, даст нам ключ к раскрытию некоторых свойств гипотезы *ad hoc*, которая не может быть приспособлена к аксиоматической трактовке теории. Вот документ от 10 ноября 1894 года — Лоренц посыпает

<sup>131</sup> H. A. Lorentz. The Relative Motion of the Earth and the Aether. Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Amsterdam, 1892, 1: 74; также: H. A. Lorentz. Collected Papers. (The Hague: Martinus Nijhoff, 1937), Vol. IV, стр. 219—223; курсив наш. Некоторые из этих и подобных отрывков находятся в статье: A. M. Bork. The «Fitz-Gerald» Contraction.— Isis, 1966, 57: 199—207. См. также обсуждение, изложенное выше в примечаниях 112 и 113.

письмо Фитцджеральду: «Дорогой сэр, в своей «Aberration Problems» профессор Оливер Лодж упомянул гипотезу, которую вы сформулировали для того, чтобы объяснить отрицательный результат опыта м-ра Майкельсона»<sup>132</sup>. Точно так же, упоминая идею Фитцджеральда в публикации от 27 мая 1892 года, Лодж сказал: «Профессор Фитцджеральд указал выход из трудности, предположив, что размер тел является функцией их скорости по отношению к эфиру»<sup>133</sup>.

Верно, что контракционная гипотеза была вначале радушно встречена теоретиками эфира потому, что она «объясняла» результат Майкельсона; позднее обнаружилась ее неприемлемость ввиду того, что она предсказывала несимметричное изменение размеров для различных инерциальных систем. Но мы должны обратить внимание на тот факт, иллюстрированный этими примерами, что в то время, когда контракционная гипотеза была сформулирована, она была ясно и совершенно очевидно гипотезой *ad hoc*, — или, если предпочитают применять лабораторный жаргон, — гипотезой, остроумно «состряпанной» для ограниченной цели, которую она должна обслужить. В самом деле, в статье А. М. Борка<sup>134</sup> приводятся две цитаты из более поздних воспоминаний Лоджа; в них описывается доверительная обстановка, в которой протекала деловая беседа между Лоджем и Фитцджеральдом, в ходе которой эта гипотеза, по-видимому, впервые обсуждалась между друзьями, как деликатная, построенная на догадках идея. Точно в такой же ситуации были достигнуты наилучшие успехи — например, Гаудсмитом и Уленбеком был сформулирован постулат о спине электрона<sup>135</sup>. Но в случае этой частной гипотезы всегда сохранялся каузальный, не вероятностный характер, даже когда Лоренц пытался предложить ее в несколько иной форме,

<sup>132</sup> Черновик рукописи в Algemeen Rijksarchief, The Hague, опубликован С. Г. Брушем в статье «Note on the History of the Fitz-Gerald — Lorentz Contraction». — Isis, 1967, 58: 231; курсив наш.

<sup>133</sup> O. Lodge. On the Present State of Knowledge of the Connection Between Ether and Matter: An Historical Summary. — Nature, 1892, 46: 164—165; курсив наш.

<sup>134</sup> A. M. Bork. The «Fitz-Gerald» Contraction, там же.

<sup>135</sup> Эта история кратко рассматривается в книге: Max Jammer. The Conceptual Development of Quantum Mechanics, стр. 149—150, а более подробно — в тех источниках, которые он там цитирует.

беспечно полагаясь на объясняющую ее схему, которая базируется на гипотетической аналогии между молекулярными силами (вообще, они могут быть) и электрическими и магнитными силами. Я вовсе не нахожу удивительным, что сам Фитцджеральд был удовлетворен тем, что заставил других обсуждать ту гипотезу, которую Эйнштейн и другие называли гипотезой *ad hoc* в явно умаляющем смысле или которая обычно называлась настоящим образцом гипотезы *ad hoc*.

Этот действующий смысл «*ad hoc*» не является, конечно, единственным смыслом этой фразы, кроме того, имеется смысл, который в этой стадии понимания гипотез является важным для любого исторического анализа, претендующего на выяснение действительного вклада в науку индивидуальной личности. И это есть смысл, который не может быть отклонен как «просто психологический» или «только психологический». Независимо от того, может ли эпистемологический анализ установить другой, возможно, «в широком масштабе не замеченный» смысл, эта фраза остается ясной. Хемпель ясно показал, что «фактически, нет точного критерия для гипотезы *ad hoc*»<sup>136</sup>. Затем эпистемологическое различие между разными значениями гипотезы *ad hoc* оказывается делом более трудным, чем в свое время думали; недавний анализ эпистемолога А. Грюнбаума, который доверительно объявил ясным различие между «логическим *ad hoc*» и «психологическим *ad hoc*», вскоре был изъят его автором, после того как Хемпель показал, что в этой работе были серьезные несоответствия<sup>137</sup>. Можно надеяться на возможный прогресс, но необходимо, не ожидая его, показать оперативный смысл гипотезы *ad hoc*, который все же существует в среде ученых. Джиллспи сказал правильно: «Специальная теория относительности была скорее ограничением, наложенным на науку, чем выводом из положительных явлений. Своим стремлением к «внутреннему совершенству» в теории Эйнштейн отвечал на требование эстетики, которую логики науки все же не сводят к эмпирической области,

или на требование взаимной согласованности восприятий»<sup>138</sup>.

Возникают некоторые вопросы, которые мы можем осветить в другом месте, а здесь затронем только очень кратко. Все ли гипотезы являются гипотезами *ad hoc*? Краткий ответ — нет. В специальном примере контракционной гипотезы были, по меньшей мере, альтернативы двух родов. Отрицательный результат опыта Майкельсона можно было объяснить, показав, что заключения, эквивалентные лоренц-фитцджеральдовской контракции, могли быть выведены из гипотез или постулатов, которые не предполагались бы специально для того, чтобы объяснить это явление, например из уравнений преобразований Лоренца, хотя последние в начальной стадии могли полностью иметь характер *ad hoc* что касается их собственной исходной цели — обеспечения инвариантности уравнений Максвелла<sup>139</sup>. В самом деле, когда Лоренц предложил уравнения преобразования, это имело тот же смысл *ad hoc* в отношении их целей; он поэтому отказался признать одно из возможных следствий уравнений преобразования, а именно физическое значение понятия *Ortszeit* — «местного времени»; он полагал, что это понятие было изобретено для более узких целей. Другая возможность состояла в том, чтобы вывести положение, которое было бы эквивалентно контракционной гипотезе, из положений, которые были бы даже более далеки от какой-либо специальной работы об экспериментальных результатах Майкельсона, например, из двух основных постулатов, изложенных в статье Эйнштейна о теории относительности 1905 года. Это было столь просто сделать, что Эйнштейн, как мы знаем, в своей статье 1905 года не соблаговолил тща-

<sup>136</sup> C. G. Hempel. Philosophy of Natural Science. (New York, Prentice Hall, 1966), стр. 30.

<sup>137</sup> A. Grünbaum. The Bearing of Philosophy on the History of Science: Philosophical Mastery of the Special Theory of Relativity is Required for Unraveling its History. — Science, 1964, 143: 1406, 1410, 1412.

<sup>138</sup> C. G. Gillispie. The Edge of Objectivity. (Princeton: Princeton Univ. Press, 1960), стр. 516.

<sup>139</sup> Что требование инвариантности уравнений Максвелла было основным побуждением к выводу уравнений преобразований Лоренца, скорее чем объяснение экспериментов по обнаружению эфира, — это не всегда признается доказанным; например, в книге S. J. G ro k h o v n i k. The Logic of Special Relativity. (Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1967, стр. 6) написано: «Однако их [Лоренца и Пуанкаре] метод спасения понятия эфира имел определенно искусственный характер. Их преобразование было придумано исключительно с целью объяснить нулевой результат, связанный с необнаруживаемостью среды. Это была тень призрака нулевого измерения».

тельно, пункт за пунктом, рассмотреть вывод, а просто намекнул, что читатель может сам сделать для себя этот вывод в отношении всех оптических экспериментов.

*Существенный момент состоит здесь в том, что «ad hoc» является не абсолютным, а относительным понятием.* О постуатах 1 и 2 можно сказать, что они были введены *ad hoc* в отношении теории относительности 1905 года в целом; Эйнштейн мало ссылался на обоснование даже *Vermutung* [предположения] постулата 1 и фактически не приводил ничего в обоснование *Vermutung* постулата 2. Но оба эти принципа не были *ad hoc* в отношении к опыту Майкельсона, ибо они не были специально «сформулированы для того, чтобы объяснить» его результат.

Таким образом, какое-либо положение может быть *ad hoc* относительно одного контекста, но не быть *ad hoc* относительно другого. Как показал Бруш<sup>140</sup>, Фитцджеральд пытался опубликовать свою контракционную гипотезу в письме в журнал «Science» в 1889 году, но он никогда не видел отпечатанного оттиска и думал, что письмо не появилось потому, что журнал приостановил печатание примерно в это время. Это первоначальное предложение было полностью предложением *ad hoc* относительно эксперимента по обнаружению эфирного ветра:

«Я хотел бы подсказать мысль, что почти единственной гипотезой, которая может согласовать это противоречие [между экспериментом Майкельсона и френелевским эфиром], является гипотеза о том, что длина материальных тел изменяется соответственно тому, как они движутся сквозь эфир, на величину, зависящую от квадрата отношения их скоростей к скорости света»<sup>141</sup>.

Чтобы подкрепить эту гипотезу, он сослался на «правдоподобное предположение, что движение воздействует на молекулярные силы и что соответственно изменяется объем тел». До некоторой степени, подобно Лоренцу, Фитцджеральд сам основывался на качественной аналогии: «Мы знаем, что движение заряженных тел относительно эфира воздействует на электрические силы». Однако позднее Фитцджеральд, по-видимому, не считал свое предложение чем-то большим, чем гипотезой *ad*

*hoc*, и его ответ Лоренцу от 14 ноября 1894 года подчеркивает отличие от взгляда Лоренца, выраженного в его собственном первом письме. Фитцджеральд писал: «Дорогой сэр, я пропагандировал доктрину, которую доказывает опыт Майкельсона, и являюсь одним из тех, кто видит единственный путь в доказательстве, что длина тела зависит от того, как оно движется сквозь эфир... Теперь, когда я слушаю вас как защитника и авторитета, я начну смеяться над другими за поддержку какого-либо иного взгляда». То, что Фитцджеральд в публикации 1889 года характеризовал более скромно как «почти единственную гипотезу, которая может согласовать это противоречие», которая поддерживалась «правдоподобным предположением», — полезная идея, как показала работа Лоренца, когда он применил свою собственную, очень сходную идею, — стала в 1894 году для Фитцджеральда «доктриной», «доказанной» экспериментом Майкельсона, и в этом контексте уже больше не является гипотезой *ad hoc*. Отсюда мы видим, что понятие *ad hoc* является относительным в более глубоком смысле, чем мы могли полагать: оно относительно для одного лица по отношению ко времени (то, что для Фитцджеральда было *ad hoc* в 1889 году, уже не является *ad hoc* в 1894 году), и относительно в одно и то же время для разных лиц (то, что было в 1894 году *ad hoc* для Лоренца, не было *ad hoc* для Фитцджеральда в том же году).

Как можно решить, является ли гипотеза гипотезой *ad hoc* или нет? И более того, является ли она отвергающей гипотезой *ad hoc* или же утверждающей? И тут мы находим связь с эйнштейновским критерием «внутреннего совершенства» теории. Этот критерий есть ощущение «естественности» или «логической простоты» предпосылок. И мы снова вспоминаем, что Эйнштейн отмечает непосредственно два пункта: один — это то, что эта точка зрения «всегда играла большую роль при выборе между теориями и при их оценке», и второй, — что «точная формулировка его представляет большие трудности», потому что «речь идет здесь не просто о каком-то перечислении логически независимых предпосылок (если таковое вообще возможно однозначным образом), а о своего рода взвешивании и сравнении несопоставимых качеств»<sup>142</sup>.

<sup>140</sup> «Note on the History of the Fitz-Gerald — Lorentz Contraction»,  
цит. выше.

<sup>141</sup> G. F. Fitz-Gerald. The Ether and the Earth's Atmosphere.—  
*Science*, 1889, 13: 390.

<sup>142</sup> «Autobiographical Notes», стр. 23. [А. Эйнштейн. Собр. науч.  
трудов, т. IV, стр. 266.]

В поисках других аспектов самой науки, лучших критериев для решения вопроса о том, имеет ли какая-либо гипотеза характер *ad hoc*, выступает не один только логический анализ. На это, что бы там ни произошло, обращает внимание авторитетное заявление Эйнштейна: «Конечно, нет логического пути, ведущего к установлению теории, существуют только нащупывающие конструктивные попытки...». Вероятно, нет ученого, кому бы сильно не помог такой критерий, как тот, какой сформулирован Карлом Поппером: «Что касается вспомогательных гипотез, то мы считаем нужным установить правило, согласно которому только те из них приемлемы, введение которых не уменьшает степень, с какой опровергается или подтверждается рассматриваемая система, и, напротив, эту степень увеличивает»<sup>143</sup>. Что требуется, так это нащупывание состояния дел — *Fingerspitzengefühl*, — тонкое чутье, которое не только характеризует проницательность различных ученых, но и вынуждает их высказывать совершенно различные взгляды на одну и ту же гипотезу. Я умышленно применяю рискованное слово «нащупывание», потому что оно точно указывает на трудность определения пути, которым формируются взгляды о научной ценности гипотез. Так, Макс Вертхаймер записал высказывание Эйнштейна о контракционной гипотезе Лоренца: «Он воспринял эту вспомогательную гипотезу как гипотезу *ad hoc*, которая не доходит до сути дела... Он чувствовал, что действительные трудности лежат глубже, чем противоречие между ожидаемыми фактическими результатами опыта Майкельсона»<sup>144</sup>.

Главная трудность, какую я встречал при более абстрактных обсуждениях, состоит в том, что в некоторых случаях этого важного *Fingerspitzengefühl* не хватает. При отсутствии идущего из первых рук ощущения стиля науки историческая или философская ученость, в особенности когда речь идет о случаях, относящихся к переднему краю главного направления науки, подвергается опасности, вероятно, потому, что ее мнение, по существу, будет неинтересным или беспомощным перед масштабом личности, приватным (*S* — 1) аспектом науки, независимо от того,

будет ли некоторый подход «доходить до сути дела» или нет. Так называемое «философское мастерство» должно быть пополнено пониманием вопросов, связанных с научным вкусом и мироощущением. С другой стороны, оно может быть отнесено к бессодержательному слушаю, или хуже того, к слушаю, который существует только как наглядная модель, построенная с целью отобразить собственную завуалированную теорию науки данного автора. Это может привести к тому, что такое лицо будет распекать Эйнштейна за то, что он не вел себя подобно послушному студенту в классной комнате логики, за то, что он не применял «правильной» терминологии, за то, что он не взял на себя каких-то «обязательств» по отношению к его философским произведениям<sup>51, 137</sup>. Это может привести к тому, что это лицо не обратит внимания на полезность (неполного) определения гипотезы *ad hoc*, которое заключается в весьма свободомыслящем четвертом правиле умозаключения Ньютона: гипотеза принимается «за строго или почти строго истинную, несмотря на то, что могут быть предложены некоторые противоположные ей гипотезы», до тех пор, пока мы не получим некоторые дополнительные данные, благодаря которым эта гипотеза может быть пересмотрена или сформулирована более точно<sup>145</sup>.

<sup>143</sup> Именно в этом духе Планк в докладе «Zur Dynamik bewegter Systeme» (Sitz. Ak. Wiss., 1907, 29: 542—570) доказывал, что принцип относительности следует принять, так как до сих пор еще не встречалось ничего, что вынуждало бы считать его *неверным*. В этом аргументе тот же смысл, что и в первом критерии надежной теории Эйнштейна, в котором он требовал, что «теория не должна *противоречить фактам*».

Естественно, что подобная точка зрения появилась в различных публикациях Поланьи, например, в «Current Issues in the Philosophy of Science» (под ред. H. Feigl и G. Maxwell, New York: Holt, Rinehart & Winston, 1961, стр. 53—55), а также в публикациях С. Дрэка, например, в «The Scientific Personality of Galileo» (в печати, стр. 22 мимеографического издания):

«В последнее время я читал много ученых,— лучше бы сказать «схоластических», — дискуссий по вопросу о том, имел ли Галилей право, как ученый, сделать вывод в пользу Коперника на основе тех данных, которые были в его распоряжении... Решающий пункт не в том, имел ли Галилей или не имел наглядные данные решительно в пользу Коперника [благодаря более поздним наблюдениям], а именно как он поступал, когда он считал, что у него были такие данные».

Конечно, имеются полезные суждения о гипотезах *ad hoc* у философов, например у Мэри В. Гэсс в «Forces and Fields», стр.

<sup>143</sup> K. Popper. The Logic of Scientific Discovery. (New York: Basic Books, 1959), стр. 82.

<sup>144</sup> M. Wertheimer. Productive Thinking. (New York: Harper Brothers, 1945), стр. 173—174.

Я полагаю, что задача эпистемолога является трудной потому, что самый характер его работы отличается от эпистемологии работающего ученого, по необходимости более неопределенного. Эйнштейн предупреждал об этом в известном отрывке в «Ответе на критику», который мы цитировали и в котором он сравнивает отношение профессионалов к этим дисциплинам и замечает, что ученый не может позволить себе «ограничиваться в построении своего концептуального мира приверженностью к какой-либо эпистемологической системе»<sup>146</sup>, Ганс Рейхенбах благородно признавал эту опасность, когда он писал в том же томе отрывок, которого мы уже касались:

«Физик, который надеется на новое открытие, не должен быть слишком критическим; в начальной стадии он зависит от отгадывания, и он найдет свой путь, если будет придерживаться определенной веры, которая направляет его догадки. Когда я по определенному поводу спросил Эйнштейна, как он обосновал свою теорию относительности, он ответил, что он обосновал ее потому, что был сильно убежден в гармонии Вселенной. Нет сомнения в том, что его теория дает очень удачную демонстрацию полезности такого убеждения. Но убеждение еще не фило-

226—235. Она поднимает также важный, не обсуждавшийся выше, вопрос о том, что контракционная гипотеза была «отчасти ad hoc потому, что она вызывала [мысль], что движение в эфире принципиально ненаблюдаемо» (стр. 228).

По этому поводу мы можем заметить, что гипотеза *ad hoc*, в особенности малоплодотворная [*a priori* one], создает впечатление, что процессы природы сокращаются или ограничиваются произвольным вмешательством человека. С другой стороны, огромные масштабы обобщения вызывают ощущение, что она *расширяет* область применения и показывает, где лежат «естественные» границы: например, первый принцип теории относительности распространяет равенство инерциальных систем с механики на всю физику. Точно так же и другие успехи науки характеризовались утверждением гипотез, которые обобщают предельные ситуации; таковы: ньютоновское предложение о всеобщем тяготении; галилеевское распространение земной физики на небесные явления; максвелловское обобщение, которое уничтожает границы между электрическими, магнитными и оптическими явлениями, а также и другие гипотезы, которые легко можно дополнить из работ Гельмгольца, Дарвина и Фрейда. Своевременное философское обоснование этого метода гипотез было дано в третьем правиле умозаключений Ньютона.

<sup>146</sup> Einstein. Reply to Criticism, стр. 684. [A. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. IV, стр. 310].

софия; оно называется так только при упрощенном толковании этого термина. Философ науки не очень интересуется процессами мышления, которые приводят к научным открытиям; он обращает внимание на логический анализ завершенной теории, включая соотношения, устанавливающие ее ценность. Иначе говоря, он *заинтересован не в том, какая ситуация привела к открытию*, а в том, какие взаимосвязи оправдывают его»<sup>147</sup>.

Конечно, у самих ученых иногда проявляются зеркально-симметричные «зоны молчания», или отсутствие интереса или подготовки. Но ничто не кончается на мертвой точке. Напротив, можно надеяться, что дальнейшие исследования структуры и смысла свойств гипотезы *ad hoc* могут принести пользу в результате работы такого рода, какая будет плодотворной для научных поисков вообще,— в результате сотрудничества между историками, философами и специалистами [естественноиспытателями], между теми, кто разделяет убеждение, что проблема стоит труда, и кто желает соединить свои разносторонние усилия для совместной работы над ней.

Возвращаясь из этой краткой экскурсии в область, которая нуждается в дальнейшей разработке, мы должны теперь усовершенствовать и подвести итог нашей оценке возможной роли эксперимента Майкельсона в работе Эйнштейна, приведшей к статье 1905 года. При чтении книги Лоренца 1895 года Эйнштейн обнаружил, что этот эксперимент не мыслился как решающее событие, на основе которого должна быть построена новая физика; он был лишь одним из нескольких экспериментов с точностью до величин второго порядка, которые в это время могли быть объяснены только путем привлечения еще других неудачных гипотез *ad hoc*; их нужно было присоединить ко всем другим, на которых была построена очередная теория. Лоренц сам открыто называл контракционную гипотезу *Hülfshypothese* [вспомогательной гипотезой] и позднее считал необходимым сделать (по существу, напрасную) попытку объяснить результат Майкельсона более привлекательными гипотезами. После 1905 года Эйнштейн по разным поводам характеризовал контракционную гипотезу как неудовлетворительную. Майкельсон был с

<sup>147</sup> H. Reichenbach. The Philosophical Significance of the Theory of Relativity, стр. 292; курсив наш.

этим согласен («такая гипотеза казалась довольно искусственной»<sup>148</sup>). То же и Пуанкаре. Были согласны с этим и другие, те, перед которыми вставал вопрос, можно ли с нею работать. А это и есть то, что следует учитывать в характеристике свойств *ad hoc*.

Мы приходим к выводу, что главный урок из опыта Майкельсона для Эйнштейна был второстепенным: в распространенном в то время объединении результата этого опыта с гипотезой сжатия тел он ощущал ее непривлекательный характер *ad hoc* и ее компромисс с теорией электродинамики, построенной на гипотезе стационарного эфира, которую Эйнштейн уже и ранее признавал неадекватной по многим другим, и в значительной степени по эстетическим, основаниям. Этой проблемой, как считал Эйнштейн, была не логическая структура контракционной гипотезы, не сам результат опыта Майкельсона, потому что он мог быть приспособлен, даже если и не «*ohne Weiteres*» [без дальнейшего], а только неспособность теории Лоренца удовлетворить критерию «внутреннего совершенства» теории.

В другом месте я уже обращал внимание на то, что Эйнштейн делал различие между «конструктивными теориями» и «теориями принципов»<sup>149</sup>. Теории последнего рода, такие же, как теория относительности и термодинамика, исходят из «эмпирически наблюдаемых общих свойств явлений». Ударение не на каком-либо одном свойстве или явлении, а на творческом обобщении или синтезе *gesamten Erfahrungstatsachen* [опытных фактов в целом], всего объема физического опыта в какой-либо области в целом. Было бы неудачной карикатурой думать, что какой-либо один эксперимент мог быть главным основанием для перестройки всей электродинамики.

Этим мы завершаем наш анализ данных, относящихся к более раннему периоду работы Эйнштейна. Теперь мы обратимся к более позднему периоду, к 1920—1950 годам.

## IX. Косвенные данные: после 1905 года

Сначала мы вернемся к беседам Шэнклена, чтобы рассмотреть итог развития взглядов Эйнштейна на экспериментирование вообще. Итак, Шэнклэнд спросил Эйнштейна в 1952 году относительно незадолго до того опубликованного подхода к относительности Синга, который предсказал небольшой положительный эффект в эксперименте майкельсоновского типа. «Эйнштейн решительно заявил, что он считает, что подход Синга не имеет значения. Он полагает, что даже если бы Синг осуществил эксперимент и были бы получены положительные результаты, они совершенно не имели бы отношения к делу... [Позднее] он повторил снова, что нет необходимости в новых экспериментах и что результаты, которые Синг мог бы получить, «не имели бы отношения к делу». Он предостерег меня от опытов такого рода»<sup>150</sup>.

Этот взгляд был характерен не только для позднего периода. При просмотре документов в архиве Эйнштейна обнаруживаются обильные данные из самого раннего периода, показывающие, что Эйнштейн чувствовал, что было необходимостью или последовательностью в законе природы, понимание которого, после того как он нашел его даже только на основе намеков, полученных благодаря немногим избранным экспериментальным фактам, позволяло ему оценить значение дальнейших экспериментов. Отклики Эйнштейна на результаты Д. Миллера, повторившего опыт Майкельсона — Морли, довольно типичны.

Во время рождественских каникул 1925 года Эйнштейн получил от газетного агентства в Соединенных Штатах телеграмму: «Президент Американского физического обще-

<sup>148</sup> R. S. Shankland. Conversation, стр. 53—54. [УФН, 87, 1965, стр. 717—718]; курсив наш. Эксперимент с этой целью был осуществлен позднее, он дал нулевой результат, как и предсказывал Эйнштейн. В той же самой беседе Эйнштейн выразил сожаление о тогдашнем состоянии ядерной теории и вновь добавил предостережение того же рода: «он считает, что простое увеличение фактов и экспериментальных данных в ядерной физике не способно прояснить ситуацию или привести к окончательной правильной теории. Это находится в сильном противоречии с господствующим взглядом, что экспериментальные факты в конечном счете раскроют закономерности и тем самым дадут нить, которая приведет к теоретическому решению. Он совершенно не согласен с этим взглядом...» (там же, стр. 54).

<sup>149</sup> A. Michelson. Studies in Optics, стр. 156.

<sup>149</sup> См. A. Einstein. Time, Experience and Gravitation (1948) в «Out of May Later Years». (New York: Philosophical Library, 1950). Это было рассмотрено в книге: Holtom.: Mach, Einstein and the Search for Reality, стр. 647, 667.

ства Миллер объявил об открытии эфирного ветра. Он утверждает: «Моя работа аннулирует второй постулат теории Эйнштейна». Пожалуйста, телеграфируйте мнение для прессы. Ответ 200 слов оплачен ...» По-видимому, Эйнштейн не дал ответа, но в эти же дни он написал своему старому другу Мишелю Бессо: «Я думаю, что эксперименты Миллера покоятся на ошибке в температуре. Я не принимаю их всерьез ни на минуту». Кроме того, 14 марта 1926 года в письме А. Паккарду Эйнштейн писал: «Я убежден, что в случае Миллера все привидение вызвано температурными влияниями (воздух)»<sup>151</sup>. Как это и оказалось, интуитивный ответ Эйнштейна был правилен. В самом деле, именно Шэнкленд и его коллеги<sup>152</sup>, старательно и превосходно проанализировав данные Миллера, нашли, что разность «эфирного ветра» на различных высотах, о которой сообщал Миллер, «была фактически вызвана различием температурных условий в фундаментах лабораторий в Институте Кэйза и на Маунт-Вильсон»<sup>153</sup>.

<sup>151</sup> Копии переписки находятся в архиве Эйнштейна. Мисс Дюкас сообщает, что известное замечание: «Raffinert ist der Herr Gott, aber boshaft ist Er nicht» [Господь Бог изощрен, но не злобен] — было высказано Эйнштейном в 1921 году на приеме после лекции в Принстоне в связи с вопросом о его отношении к эксперименту Миллера 1921 года, когда было доложено о получении им положительных результатов, доказывающих наличие эфирного ветра на разных высотах.

<sup>152</sup> R. S. Shankland, S. W. McCuskey, F. C. Leone and G. Kuettner. New Analysis of the Interferometer Observations of Dayton C. Miller.— Rev. Mod. Phys., 1955, 27: 167.

<sup>153</sup> Shankland. Conversations, стр. 52. В этой истории имеется многозначная ирония. Группа Шэнкленда вначале полагала, что наиболее вероятное решение загадочных результатов Миллера лежит в другом пункте, и на поиски этих решений затратила три года. Шэнкленд писал: «Это было только до начала 1954 года, когда после тщательного анализа разброса результатов мы убедились, что периодические эффекты, обнаруженные Д. С. Миллером, вызываются не статистическими флуктуациями или его методом анализа. Только после этого мы глубоко погрузились в изучение температурных эффектов, чтобы найти действительную причину результатов Миллера» (там же, стр. 51).

Ирония состоит еще и в том, что задолго до Эйнштейна другой гениальный ученый дал аналогичный интуитивный ответ на вопрос о возможном источнике ошибки в эксперименте майкельсоновского типа. В недавно обнаруженном письме Майкельсон, писавший Симону Ньюкомбу о своем визите в Берлин 22 ноября 1880 года и о своем плане постановки самого первого опыта с интерферометром, сообщил ответ выдающегося руководителя

Теперь мы переходим к самому важному документу, который следует понять совместно с обстановкой, в которой он появился. Мы имеем в виду речь Эйнштейна, которую он произнес в начале 1931 года во время своего посещения Пасадены (штат Калифорния), когда он в первый и последний раз встретился лицом к лицу с Майкельсоном. Случай, должно быть, волнующий. Майкельсон, который был на двадцать семь лет старше, заочно восхищался Эйнштейном, как мы уже отмечали. Позднее Шэнкленд рассказывал, что Эйнштейн особенно ценил в Майкельсоне «артистическое восприятие и подход к науке, особенно его чувство симметрии и формы. Эйнштейн улыбался от удовольствия всякий раз, когда он вспоминал артистическую натуру Майкельсона — это были родственные натуры»<sup>154</sup>.

Но известно, что Майкельсон не был сторонником теории относительности, которая разрушила представление об

---

лаборатории — Германа фон Гельмгольца: «Я имел очень продолжительную беседу с Гельмгольцем о предложенном мною методе обнаружения движения Земли относительно эфира, и он сказал, что не видит возражений против этого опыта, кроме трудности сохранения постоянной температуры». Это письмо было впервые приведено в тезисах Свенсона «The Etheral Aether»; см. также: Shankland. The Michelson—Morley Experiment.— Am. J. Phys., 1964, 32: 19.

Но ирония заключается и в собственной интерпретации Миллера эйнштейновского интереса и отклика на его работу. В письме к Т. Менденхаллу от 2 июня 1921 года Миллер писал: «На прошлой неделе меня посетил Эйнштейн и полтора часа беседовал об экспериментах по обнаружению эфирного ветра. Я нашел его чрезвычайно любезным, он вовсе не требовал внимания к теории относительности и явно более интересовался результатами этих экспериментов и менее всего чем-либо другим, и был вполне готов признать результаты, независимо от того, будут ли они за или против теории. По крайней мере, он был довольно искренен и сердечен, чтобы оставить такое впечатление» (из письма, находящегося в «the Archive of the Center of History and the Philosophy of Physics», American Institute of Physics, New York. Я благодарю доктора Чарльза Вайнера, его директора, за сообщение мне этого письма). Правдоподобность объяснения того впечатления, которое получил Миллер, несколько уменьшается сообщением Шэнкленда; он задал Эйнштейну вопрос по поводу этого визита к Д. С. Миллеру в Институт Кэйза в 1921 году: «... он сказал мне, что когда он приехал в Соединенные Штаты в этом году, он не знал по-английски ни слова. Во время путешествия кое-что выучил на слух» (Shankland. Conversations, стр. 50).

<sup>154</sup> Shankland. Conversations, стр. 49.

эфире. Подобно многим другим, Майкельсон был убежден, что его собственные злополучные опыты служили основой этой теории; в беседе, состоявшейся в 1927 году, он так объяснял ход развития физики: эксперимент Майкельсона заставил Лоренца предположить преобразования, а «они содержали по существу всю теорию относительности»<sup>155</sup>. Позднее Эйнштейн вспомнил, что Майкельсон «не один раз сказал мне, что ему не нравятся теории, которые вытекали из его работы»<sup>156</sup>, он сказал также, что немного огорчен тем, что его собственная работа породила это «чудовище»<sup>157</sup>.

Майкельсону было тогда семьдесят девять лет; за неделю до этого у него был серьезный удар. С фотографии, снятой по случаю встречи, смотрит болезненный старик, стоящий на этом последнем публичном выступлении рядом с Эйнштейном, с обычным для него выражением достоинства; но он уже был отмечен знаком смерти, которая последовала три месяца спустя.

Среди других присутствовавших на большом обеде в новом Атенее, в Пасадене, 15 января 1931 года были выдающиеся физики и астрономы: У. С. Адамс, У. У. Кэмпбелл, Д. Э. Хэйл, Э. П. Хаббл, К. Э. Сент-Джонс, Р. Э. Милликен, Р. Ч. Толмэн, а также миссис Эйнштейн и двести членов Калифорнийского институтского объединения<sup>158</sup>. Милликен открыл выступления несколькими замечаниями о тех характерных чертах, которые он усматривал в современном научном мышлении (он берет «в качестве ее исходного пункта хорошо удостоверенные, тщательно опровергнутые экспериментальные факты, независимо от того, кажутся ли эти факты соответствующими какому-либо общему философскому направлению или нет... Короче говоря, современная наука есть наука существенно эмпирическая, и чтобы она стала таковой, никто не сделал больше, чем физик-теоретик Альберт Эйнштейн»). В сущности это в значительной степени был тот же самый материал,

который Милликен опубликовал еще раз через восемнадцать лет как часть своей вводной статьи в выпуске журнала «Review of Modern Physics», посвященном Эйнштейну. Но в 1931 году после предложения — «Так родилась специальная теория относительности» — Милликен продолжал: «Сейчас я хочу представить человека, который заложил ее экспериментальные основы,— профессора Альберта А. Майкельсона...».

Майкельсон отвечал кратко в духе Милликена: «Я особенно счастлив тем, что имею возможность выразить доктору Эйнштейну мою признательность за уважение и особое внимание, которыми он наградил меня за результат, так щедро приписанный им экспериментам полувековой давности, выполненным мной в сотрудничестве с профессором Морли, и который он с такой щедростью признает вкладом в экспериментальное обоснование, приведшее к его знаменитой теории относительности».

Эйнштейн ничего на это не ответил. Затем Милликен пригласил высказаться Кэмпбелла, одного из блестящих астрономов-экспериментаторов, сказав: «Тем самым я ставлю перед ним задачу обрисовать развитие экспериментальных оснований теории относительности». Кэмпбелл перечислил успешные результаты трех основных контрольных исследований, в которых ведущую роль играли калифорнийские астрономы.

Затем Милликен перешел к представлению Эйнштейна, но предварительно еще раз подчеркнул философскую концепцию, которую он развивал. На этот раз он сослался на собственную «экспериментальную проверку» предсказаний, содержащихся в ранних статьях Эйнштейна. В свете высказываний Милликена, его оценка статьи Эйнштейна по квантованию световой энергии (1905 года) не была неожиданной: «Чрезвычайную проницательность и смелость проявил Эйнштейн в 1905 году, проанализировав новую группу экспериментальных фактов и проследовав за ними вплоть до следствий, казавшихся ему неизбежными,— независимо от того, были ли они разумными или нет с точки зрения господствовавших в то время представлений. Никогда эти качества не проявлялись более разительно».

Наконец наступил момент, когда все ждали ответа Эйнштейна. То, что происходило затем — или, точнее, то, что считают за происходившее, — широко известно из

<sup>155</sup> Michelson. В сб. «Conference on the Michelson — Morley Experiment», стр. 344.

<sup>156</sup> Shankland. Conversations, стр. 57.

<sup>157</sup> Там же, стр. 56.

<sup>158</sup> Труды были опубликованы в Science, 1931, 73 : 375—381. Все приведенные ниже цитаты взяты из этого источника, если не указаны другие.

отчета, приведенного в единственной имеющейся в настоящем время биографии Майкельсона — «Майкельсон и скорость света», написанной Б. Джейффом. Джейфф пишет: «Эйнштейн произнес краткую речь. Рядом с ним сидели Майкельсон, Милликен, Хэйл и другие известные учёные. «Я нахожусь среди людей,— начал Эйнштейн,— которые на протяжении многих лет были моими настоящими товарищами в моем труде». Затем, обратившись к тому, кто измерял скорость света, он продолжал: «Мой достопочтенный доктор Майкельсон, Вы начали эту работу, когда я был еще маленьким мальчиком, ростом едва ли трех футов. Именно Вы повели физиков по новому направлению и своей изумительной экспериментальной работой проложили путь развитию теории относительности. Вы обнаружили скрытый дефект в существовавшей тогда эфирной теории света и стимулировали идеи Г. А. Лоренца и Фитцджеральда, из которых развилась специальная теория относительности. Без Вашей работы эта теория была бы и сегодня не более чем интересным умозрением; именно Ваше подтверждение впервые поставило теорию на реальную почву».

Майкельсон был глубоко тронут. Более высокой похвалы для любого человека не могло быть»<sup>159</sup>.

Все описание происходившего события подготовило читателя к ответу именно такого рода, и Джейфф дает естественный и четкий ответ на вопрос о возможной генетической связи между опытом Майкельсона и работой Эйнштейна, ответ, находящийся в полном согласии со всеми учебниками, которые мы цитировали раньше: «В 1931 году, как раз перед смертью Майкельсона, Эйнштейн публично связывает свою теорию с опытом Майкельсона»<sup>160</sup>.

Однако при внимательном чтении изложения Джейффа нам не нужно идти так далеко. Майкельсон «стимулировал» идеи Лоренца и Фитцджеральда, из которых, в свою очередь, «развилась» специальная теория относительности — эта схема не противоречит вероятной цепи событий, рассмотренной выше. В свое время опыт Майкельсона объяснялся посредством гипотезы сжатия, выдвинутой Лоренцом и Фитцджеральдом и изложенной в работах Лоренца 1892 и 1895 годов, которые, как мы знаем,

Эйнштейн читал. Это объяснение вследствие своего не-привлекательного характера *ad hoc* окончательно скомпрометировало эфирную теорию электродинамики, которую Эйнштейн уже по многим другим причинам считал неадекватной реальности. В изложении краткого ответа Эйнштейна было определено выпущено упоминание о вкладе других, кроме тех, кого он здесь называет; но ясно, что для этого не было оснований.

Труднее для нас согласовать последнее приведенное выше высказывание с идеями, которые мы развиваем. Как это верно для подобных замечаний в другое время, может быть, их действительно можно отнести скорее к восприятию теории относительности общественностью, чем к собственному развитию идей Эйнштейна, ведущему к его статье 1905 года. А замечания — «без Вашей работы ...», «... именно Ваше подтверждение...» — звучат, конечно, как личная признательность Майкельсону, публичное признание той связи, которую ясно увидел в них Джейфф. И в этом случае мы должны признаться, как это сделал Кеплер в середине *Astronomia Nova*: «Дорогой читатель, наша гипотеза обращается в дым».

Но оказывается, что широко толкуемая Джейффом версия выступления Эйнштейна попалась в ловушку предвзятого мнения, и она была выдвинута против желания Эйнштейна. Заголовок, небольшое высказывание и длинное заключение из речи Эйнштейна, которое было опущено Джейффом, — все это сильно изменило выступление. Немецкий оригинал текста речи Эйнштейна был опубликован в 1949 году<sup>161</sup> вместе с довольно неточным переводом, который был использован в отчете *«Science»*, а также с пропусками в книге Джейффа. Речь начинается словами *«Liebe Freunde!»* [«Дорогие друзья!»]; это обращение адресовано, конечно, ко всем присутствующим, среди которых были те, чья научная деятельность была тесно связана с его собственной. И как раз между двумя последними предложениями, цитированными Джейффом, мы находим другое предложение, которое внезапно уводит обсуждение от Майкельсона и специальной теории относительности к собравшимся астрономам и общей теории относительности. Точное изложение читается так: «До-

<sup>159</sup> Jaff e. Michelson and the Speed of Light, стр. 167—168.

<sup>160</sup> Там же, стр. 101.

<sup>161</sup> Proceedings of the American Philosophical Society, 1949, 93: 544—545.

рогие друзья! Вы обнаружили скрытый дефект в существовавшей тогда эфирной теории света и стимулировали идеи Г. А. Лоренца и Фитцджеральда, из которых развилась специальная теория относительности. В свою очередь, последняя открыла путь к общей теории относительности и теории гравитации. Без вашей работы эта теория была бы и сегодня не более чем интересным умозрением; именно ваше подтверждение впервые поставило теорию на реальную почву» (курсив наш). Немедленно вслед за этим следует признательность за экспериментальные достижения калифорнийским астрономам, «которые создали реальную почву для [общей] теории», — Кэмпбеллу, Сент-Джонсу, Адамсу и Хабблу<sup>162</sup>.

То, что произошло, является все же уточненным комплиментом Майкельсону. Однако даже стоя рядом с ним и под усугубляющим давлением драматического события, Эйнштейн не соглашался ни с милликеновской, ни с майкельсоновской версиями генетической связи (и, конечно же, это не совпадает с версией Джеффа). Он не воспользовался возможностью высказать прямо то, что, казалось, все были готовы услышать, вроде: «Решающий эксперимент Майкельсона явился основой моей собственной работы». Создается впечатление, что он смотрит на Майкельсона скорее как на одну из фигур на непрерыв-

<sup>162</sup> Английские переводы, только слегка отличающиеся друг от друга, опубликованы в журналах *Science* (1931) и *Proc. Am. Phil. Soc.* (1949). Но ради полноты я дам здесь более точный перевод первой части немецкого текста (см. ссылку 161):

«Дорогие друзья! Я пришел к вам издалека, но не к чужим, а к людям, которые на протяжении многих лет были верными товарищами в моей работе. Вы, достопочтенный господин Майкельсон, начали, когда я был только маленьким мальчиком, даже и не в метр ростом. Именно Вы повели физиков по новому направлению и своим изумительным экспериментальным трудом подготовили развитие теории относительности. Вы обнаружили опасный дефект в существовавшей тогда эфирной теории света и стимулировали идеи Г. А. Лоренца и Фитцджеральда, из которых возникла специальная теория относительности. В свою очередь, последняя открыла путь к общей теории относительности и к теории гравитации. Без вашей работы эта теория была бы и сегодня не более чем интересным умозрением; ваше подтверждение обеспечило реальную [или реалистическую] основу этой теории. Определение Кэмпбеллом отклонения светового луча, проходящего около Солнца; определение Сент-Джонсом красного смешения спектральных линий благодаря гравитационному потенциалу, существующему на поверхности Солнца; ...».

ном и долгом пути, ведущем к теории относительности. Ибо даже в процессе работы над теорией весной 1905 года Эйнштейн заявлял, что он рассматривал свой труд не как резкий разрыв с прошлым, а более скромно, как продолжение и совершенствование существующих тенденций<sup>163</sup>.

Что касается досадного пропуска указанного предложения в очень полезной в других отношениях книге Джеффа, то известно, как такие вещи случаются в самый щекотливый момент. Объяснение заключается в следующем: когда в чем-то твердо убеждены, в пользу того и излагают ситуацию. Хуже всего то, что не по вине Джеффа его оценку много раз повторно публиковали другие, которые явно подошли без научной проверки к существующему оригинальному тексту, но нашли его оценку удобной для своей собственной цели — проведения тесной генетической связи от Майкельсона к Эйнштейну.

Следующий подлежащий рассмотрению документ был опубликован после возвращения Эйнштейна из Пасадены. Он представляет собой написанный в третьем лице конспект замечаний Эйнштейна, представленный 17 июля 1931 года Физическому обществу в Берлине в связи с тем, что отмечалось память Майкельсона, скончавшегося 9 мая 1931 года. Еще раз Эйнштейну представился случай сказать о том, о чем уже долгое время твердили все учебники, и сделать это при наиболее естественных обстоятельствах. Но, как и в Пасадене, этого не случилось. Об Эйнштейне сообщается, что он сказал (без прямого цитирования), что величайшей идеей Майкельсона «было изобретение его знаменитого интерферометра, который приобрел большое значение как для теории относительности, так и для наблюдения спектральных линий», и «этот отрицательный результат [опыта Майкельсона] сильно укрепил веру в справедливость общей теории относительности»<sup>164</sup>. Фраза в лучшем случае внушает некоторое сомнение в точности информации, так как опыт Майкель-

<sup>163</sup> В письме к своему другу Конраду Габихту Эйнштейн писал: «Четвертая статья, лежащая передо мной в черновом наброске, по электродинамике движущихся тел, применяет модификацию теории пространства и времени». В книге: Carl Seelig. Albert Einstein. (Zürich: Europa Verlag, 1954), стр. 89, 97; курсив наш. [Русск. перевод: К. Зелиг. Альберт Эйнштейн. Атомиздат. Изд. 2-е, стр. 72—73.]

<sup>164</sup> «Gedenkworte auf Albert A. Michelson». — Zeitschrift für Angewandte Chemie, 1931, 44: 685.

сона мог быть истолкован раньше, чем появилась общая теория относительности. Но даже в этой сомнительной форме сообщение больше согласуется с более ранними утверждениями Эйнштейна, указывающими на полезность эксперимента для убеждения других физиков в ценности теории относительности.

Последовало затишье на несколько лет, в течение которых вопрос о возможном долге по отношению к Майкельсону, по-видимому, не возникал. Затем в ответном письме к Джеффу от 17 марта 1942 года Эйнштейн снова сделал заявление по этому вопросу. Оно имело наиболее характерные черты ответов, данных Шэнкленду спустя восемь—двенадцать лет, т. е. речь идет о влиянии, которое усиливало полученные ранее убеждения и устранило сомнения (возникшие у других):

«Несомненно, что опыт Майкельсона имел значительное влияние на мою работу, поскольку он усиливал мое убеждение в справедливости принципа специальной теории относительности. С другой стороны, я был очень твердо убежден в справедливости этого принципа еще до того, как я узнал об этом эксперименте и о его результатах. Во всяком случае эксперимент Майкельсона практически устранил какое-либо сомнение в справедливости этого принципа в оптике и показал, что глубокое изменение основных понятий в физике неизбежно»<sup>165</sup>.

В 1946 году Эйнштейн по просьбе Шиллпа написал «Автобиографические заметки», из которых мы уже цитировали все места, относящиеся к обсуждаемому вопросу. Часто отмечали, особенно те, кто верил в «связующее звено», что Эйнштейн разрушил их надежды, даже по

этому поводу не дав им то, что они ожидали. Но он не упомянул ни имени, ни эксперимента.

Начиная с 1950 года, в течение оставшихся пяти лет жизни Эйнштейна, этот вопрос стали задавать даже гораздо чаще, чем раньше. Многие просьбы относятся ко времени интервью Шэнкленда, которые мы уже разбирали, и ответы в целом совершенно совпадают с ними.

8 июля 1953 года интервью у Эйнштейна взял физик Н. Балаш, отчет которого был затем опубликован М. Поланы в 1958 году. Балаш сообщал:

«... Опыт Майкельсона — Морли не играл роли в обосновании этой теории. Он ознакомился с ним во время чтения статьи Лоренца о теории этого эксперимента (он, конечно, не помнит точно когда, хотя это было до его статей), но в дальнейшем он не оказал влияния на рассуждения Эйнштейна, и теория относительности вовсе не была обоснована с целью объяснить его результаты»<sup>166</sup>.

Поланы, выдающийся физико-химик, в продолжение долгого времени знакомый с Эйнштейном, опубликовал также второе заявление, «одобренное для публикации Эйнштейном в начале 1954 года»: «Эксперимент Майкельсона — Морли имел незначительное влияние на открытие теории относительности»<sup>167</sup>.

Почти в то же самое время на Эйнштейна пала священная обязанность отдать долг одному из выдающихся учеников и наставников. Это было сделано в кратком обзоре «Г. А. Лоренц как творец и человек», датированном 27 февраля 1953 года, составленном для прочтения в Лей-

<sup>165</sup> В книге: M. Polanyi. Personal Knowledge. (Chicago: Univ. Chicago Press, 1958), стр. 11.

<sup>167</sup> Там же, стр. 10. Поланы предпочел использовать это заявление чтобы подкрепить свои собственные заключения:

«То, что обычный учебник считает теорию относительности откликом на эксперимент Майкельсона — Морли, есть выдумка. Это — продукт философского предубеждения. Когда Эйнштейн открыл рациональность в природе без помощи какого-либо наблюдения, которого не было в распоряжении физиков по крайней мере на 50 лет раньше, наши позитивистские учебники сразу прикрыли скандал соответствующе приукрашенным изложением о его открытии».

Это замечание привело к исключительно ругательским нападкам на него со стороны крайней позитивистской школы. Последующая дискуссия показала его справедливость, но ее рассмотрение должно быть отложено до другого повода.

<sup>166</sup> B. Jaff e. Men of Science in America. (New York: Simon & Schuster, 1944), стр. 372. Напечатано также в книге: B. Jaff e. Michelson and the Speed of Light, стр. 100—101. Такие же рассуждения без подробностей приводятся в хорошо известной и держащей в некотором напряжении книге психолога Макса Верхеймера «Productive Thinking». Верхеймер сообщает, что начиная с 1916 года он проводил многие часы с Эйнштейном, «чтобы услышать от него историю драматического развития, которое достигло кульминационного пункта в теории относительности» (стр. 168). «Когда Эйнштейн читал об этих критических экспериментах, произведенных физиками, и о тончайшем эксперименте, выполненнем Майкельсоном, их результаты не были для него сюрпризом, хотя они были очень важными и убедительными. По-видимому, они скорее подтверждают, чем подрывают его идеи» (стр. 172).

дене в ознаменование столетия со дня рождения Лоренца<sup>168</sup>. После великолепной дани Лоренцу за его руководство и выдающуюся роль в физике на повороте века Эйнштейн приводит (неполное) перечисление гипотез, на которых Лоренц базировал свою реконструкцию электродинамики, и добавляет: «Его работа обладает последовательностью, ясностью и красотой, которые очень редко достигаются в эмпирической науке».

Но эта эмпирически обоснованная конструктивная теория имеет свои ограничения, и в описании их Эйнштейн отмечает две совершенно различные черты электродинамики конца XIX и начала XX веков, которые, как он намекает, создали арену для эйнштейновской теории относительности. Одна из них — главным образом эстетическая:

«Для него [Лоренца] уравнения Максвелла в пустом пространстве были справедливы только в определенной системе координат, которая казалась преимущественной благодаря своей неподвижности относительно всех остальных систем координат. Это было поистине парадоксальное положение, потому что теория, казалось, ограничивает инерциальную систему сильнее, чем классическая механика. Это обстоятельство, которое с эмпирической точки зрения представлялось совершенно необоснованным, должно было привести к специальной теории относительности».

Это замечание полностью совпадает с давно существующим преданием о том, что первичным толчком для Эйнштейна было существенное требование отыскания симметрии и универсальности в действиях природы.

Другая проблема в теории Лоренца, к которой Эйнштейн привлекает внимание, касается экспериментальной стороны — неспособность теории охватить в изящной форме не относящиеся к делу явления. В части абзаца, посвященного этому недостатку, Эйнштейн набрасывает несколько сокращенную версию, значительно менее адекватную, чем собственное признание Лоренца. Вместо перечисления всех трудных для понимания экспериментов, обсуждаемых у Лоренца в его «Versuch» 1895 года, или еще большего числа их, ставших известными к 1905 году,

Эйнштейн напоминает только один, для которого Лоренц и Фитцджеральд приспособили знаменитую спасительную гипотезу, а именно, эксперимент Майкельсона; затем Эйнштейн добавляет еще два высказывания, менее известных, чем большинство других, которые мы читали по этому вопросу, и, по-видимому, более отличающихся от них:

«Единственное явление, объяснение которого на этом пути не удалось полностью, т. е. без дополнительных допущений, был знаменитый опыт Майкельсона — Морли. Что этот опыт приводил [или направлял, *hinführte*] к специальной теории относительности, было бы немыслимо понять без локализации электромагнитного поля в пустом пространстве. Фактически существенный шаг состоял в любом случае в прослеживании [явлений?] до уравнений Максвелла в пустоте, или — как тогда ее называли — в эфире»<sup>169</sup>.

Средняя фраза представляет для нас, конечно, особый интерес; но ее вдвое отрицательная довольно неясная конструкция не дает нам оснований заменять ее каким-либо другим утверждением, вроде: «Этот эксперимент привел меня к специальной теории относительности». В ходе обсуждения этого вопроса на протяжении почти пятидесяти лет Эйнштейн не проявлял никакого колебания, и когда он этого хотел, он говорил от имени первого лица в единственном числе; и всегда, когда он так делал, он соединял воспоминания о своих собственных достижениях и об эксперименте, в лучшем случае говоря, как в ответе Джиффу в 1942 году, что эксперимент «имел боль-

<sup>168</sup> Как это бывает нередко, нельзя положиться на опубликованные переводы; в данном случае мы установили текст, используя немецкий оригинал, находящийся в архиве Эйнштейна: «Das einzige Phänomen, dessen Erklärung auf diesem Wege nicht restlos, d. h. nich ohne zusätzliche Annahmen, gelang war das berühmte Michelson — Morley-Experiment. Dass dies Experiment zu der speziellen Relativitätstheorie hinführte, wäre ohne die Lokalisierung des elektromagnetischen Feldes im leeren Raum undenkbar gewesen. Der wesentliche Schrift war eben überhaupt die Zurückführung auf die Maxwell'schen Gleichungen in leeren Raum oder — wie man damals sagte — im Aether».

Два других перевода, слегка отличающихся друг от друга, приведены в «Ideas and Opinions», стр. 75, и в сборнике: H. A. Lorentz. Impressions of his Life and Work. Ed. G. L. DeHaas — Lorentz. (Amsterdam: North Holland Publishing Co., 1957), стр. 8. [Имеется небольшое разнотечение с русским переводом, см.: А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. IV, стр. 335].

<sup>168</sup> Перевод см.: A. Einstein. Ideas and Opinions, стр. 73—76, под названием: H. A. Lorentz. Creator and Personality. [См.: А. Эйнштейн. Собр. науч. трудов, т. IV, стр. 334].

шое влияние на мою работу, поскольку он укреплял мое убеждение относительно обоснованности принципа специальной теории относительности».

Наиболее близким к идеям Эйнштейна мне представляется следующее понимание: в статье, посвященной ознаменованию памяти Лоренца, он хотел дать краткое указание на то, что опыт дополняет эстетико-теоретическую направляющую линию, что мы отмечали несколько ранее, и он направляет удар по тем пояснениям роли опыта, которые наиболее часто применяют для целей всех дидактических изложений (включая и собственные изложения Эйнштейна)<sup>170</sup>. Мы узнали раньше, что когда Эйнштейн писал в пассивной форме, отвечая на вопросы, или по обязанности, он говорил о важности эксперимента Майкельсона для дальнейшего развития и признания теории *другими физиками*. Когда он явно упоминал о влиянии эксперимента на него самого, в явном виде и в первом лице, он говорил, что эффект был «незначительным», «косвенным», «довольно косвенным», «не решающим» или самое большое «значительным» в том ограничительном смысле, в каком был дан ответ Джейффу. Поэтому мы научились различать между эйнштейновскими оценками влияния опыта на научную общественность и его влиянием на отдельного ученого.

Эти рассуждения привели нас непосредственно к последнему документу по этому вопросу, к последнему из ответов Эйнштейна, данному примерно за год до его смерти. 2 февраля 1954 года Ф. Давенпорт (с исторического факультета Монмаутского колледжа, штат Иллинойс) написал Эйнштейну, что в связи с обдумыванием монографии «*Scientific Interests in Illinois, 1865–1900*» он изучал доказательства того, что Майкельсон «повлиял на Ваше мышление и, возможно, помог Вам разработать Вашу теорию относительности». Не являясь специалистом, Давенпорт просил «кратко изложить в неспециальных терминах, каким образом Майкельсон помог проложить путь Вашей теории, если это действительно было так».

Эйнштейн ответил вскоре после того, как получил это письмо, 9 февраля 1954 года<sup>171</sup>. Возможно, извлекши

пользу от вопросов, повторявшихся на протяжении нескольких предыдущих лет, и обдумав снова свои ответы, он теперь, кажется, очень охотно и подробно отвечал неизвестному человеку, разрешил опубликовать письмо, а также пригласил продолжить переписку. Этот глубоко-мысленно составленный ответ, который мы можем считать сам по себе как обобщающий итог всего, что мы изучали из других документов, заставляет привести четкую дифференциацию между влиянием обсуждаемого эксперимента на развитие физики и его влиянием на развитие собственного мышления Эйнштейна, между красотой бессмертного эксперимента и его вспомогательным местом в теории, между утверждениями, которые ученый может делать в непосредственном ответе на повторяющиеся вопросы, и утверждениями, когда он выступает по собственному желанию (в последнем случае Эйнштейн предпочитал не говорить об отдельных экспериментах, за исключением опыта Физо и aberrации), и между большим интересом всего вопроса, занимающего многих людей, и малым интересом, который, по-видимому, занимал Эйнштейна.

#### «Дорогой мистер Давенпорт!

Уже до работы Майкельсона было хорошо известно, что в пределах точности эксперимента не наблюдалось влияния состояния движения координатной системы на физические явления, и соответственно на их законы. Г. А. Лоренц показал, что это может быть объяснено на основе его формулировки максвелловской теории во всех случаях, когда можно пренебречь вторыми степенями скорости системы (т. е. в эффектах первого порядка).

Однако из свойств теории было естественно ожидать, что такая независимость не будет иметь места для эффектов второго и более высоких порядков. Величайшей заслугой Майкельсона было то, что в одном решающем случае он сумел показать, что ожидаемого эффекта второго порядка *de facto* не существует. Эта работа Майкельсона,— замечательная в равной степени как по смелости и ясности постановки задачи, так и по той изобретательности, с какой была достигнута необходимая, крайне высокая точность измерений,— составляет непревзойденный вклад в науку. Этот вклад явился новым сильным аргументом за то, что «абсолютного движения» не существует, т. е. в пользу принципа относительности, который

<sup>170</sup> См. выше сноски 29 и 30.

<sup>171</sup> Копия его до сих пор не опубликованного ответа находится в картотеке архива Эйнштейна в Принстоне.

никогда со времени Ньютона не подвергался сомнению в механике, но казался несовместимым с электродинамикой.

Когда я развивал свою теорию, результат Майкельсона не оказал на меня заметного влияния. Я даже не могу припомнить, знал ли я о нем вообще, когда я писал свою первую работу по специальной теории относительности (1905 г.). Объяснить это можно тем, что из общих соображений я был твердо убежден в том \*, что никакого абсолютного движения не существует, и моя задача состояла только в том, чтобы сочетать это обстоятельство с тем, что известно из электродинамики. Отсюда можно понять, почему в моих исследованиях опыт Майкельсона не играл никакой роли или, по крайней мере, не играл решающей роли.

Я не возражаю против опубликования этого письма. Я готов также дать дополнительные разъяснения, если они потребуются.

С искренним уважением Альберт Эйнштейн».

Но если такое отношение Эйнштейна было искренним, то почему он по собственной инициативе не сделал какого-либо заявления, чтобы остановить миф, который, как он видел, распространяется вокруг него? Ведь были же многие благоприятные возможности. Почему он ждал, когда ему зададут вопросы, вроде Джеффа, Балаша, Шэнкленда, Поланы и Давенпорта, чтобы выдвинуть ранее отрицавшиеся разногласия, которые почти каждому представлялись решенными? Ответ на этот вопрос можно, конечно, найти в общем характере ответного письма Эйнштейна. Даже в чисто научных спорах он только очень редко публиковал поправки ко многим ошибочным толкованиям его работ (не говоря уже об ответных атаках); еще менее мыслимо, чтобы он по собственному желанию опубликовал что-либо, что могло бы казаться возвышением степени оригинальности его собственной работы или намеком на более низкое положение другого ученого. Сюда же относится и то, что он с удивительным юмором и терпением встречал даже наи-

более злобные нападки в прессе на его работу и на его личность со стороны нацистских ученых (и не-ученых).

В самом деле, с точки зрения историка, характерный недостаток Эйнштейна состоял в том, что он был слишком терпелив. Это показывает следующий примечательный эпизод. Когда Уиттекер составлял второй том своей «A History of the Theories of Aether and Electricity» (1953), в котором он открыто приписал главную оригинальную работу по специальной теории относительности Лоренцу и Пуанкаре, старый друг Эйнштейна Макс Борн, живший тогда в Эдинбурге, увидел рукопись Уиттекера. Наблюдая за появлением теории относительности практически с самого начала, Борн был удивлен и в некоторой мере рассержен по поводу этой, вводящей в заблуждение версии. В тревоге он написал Эйнштейну, что Уиттекер продолжал упорствовать в намерении опубликовать свою версию, несмотря на противоречащие ей данные, которые Борн представил ему на рассмотрение (включая переводы с немецких оригиналов некоторых относящихся к делу статей, которые он подготовил для Уиттекера). Хотя Эйнштейн был несколько удивлен, он написал 12 октября 1953 года письмо Борну, чтобы его успокоить:

«Не беспокойся ты из-за книги этого своего приятеля! Каждый ведет себя так, как ему представляется правильным или, выражаясь детерминистски,— как он должен. Если ему удастся убедить других, то это их дело. Сам я, во всяком случае, получил удовлетворение от своих трудов, но не считаю разумным защищать пару результатов как «свою собственность»,— подобно тому, как некий старый скряга оберегает пару медяков, которые он с трудом собрал. Я не обижаюсь на Уиттекера ... я вообще совсем не вижу необходимости читать эту штуку»<sup>172</sup>.

## X. Заключительные замечания

Историки часто обнаруживают большие расхождения между документальной историей науки, с одной стороны, и популярной историей науки в учебниках и очерках некоторых выдающихся ученых и философов-аналитиков, с

\* В этом месте в публикации «Isis», вероятно, по недосмотру прощущена часть фразы: *that there does not exist absolute motion and my problem was only ...* (см. статью Холтона с текстом этого письма в Am. Journ. of Phys., 37, N 10, 1969, стр. 969). (Прим. перев.).

<sup>172</sup> Копия в архиве Эйнштейна в Приистоне. См. наст. сборник, стр. 71. (Прим. ред.).

другой. Собрав вместе все известные в настоящее время, полученные из первых рук, документы,— и среди них статью 1905 года, интервью Шэнкленда, «Автобиографические заметки» и письма,— мы видим, что они соответствуют друг другу и рисуют историю, которую вторичные источники нам не показали. Это — схема, в которой мы не можем, соответственно природе случая, быть уверенными, но схема в высокой степени вероятная. В действительности роль опыта Майкельсона в генезисе теории Эйнштейна, по-видимому, была столь небольшой и косвенной, что можно было бы сделать предположение, что для теории Эйнштейна ничего не изменилось бы, если бы этот опыт вовсе никогда не был выполнен. Конечно, общественное признание теории могло бы сильно задержаться. Но благодаря чтению работ Лоренца Эйнштейн имел в своем распоряжении достаточно других «неудачных попыток установить движение Земли относительно «световой среды» и достаточно других свидетельств о том, что сам Лоренц называл «неуклюжестью» общепринятой тогда теории.

Этот специальный случай может навести и на более широко применимые выводы. Прежде всего мы вынуждены снова спросить, какие стили и функции больше всего соответствуют сегодня исторической эрудиции, особенно на фоне преобладающей доктрины экспериментализма. Собственная точка зрения Эйнштейна разъясняет этот вопрос. Шэнкленд спросил Эйнштейна во время их первой беседы в 1950 году, «считает ли он, что стоит описать историю эксперимента Майкельсона — Морли».

«Он сказал: «Да, конечно, но вы должны написать ее так же, как Max написал свою «Механику». Затем он рассказал мне свои идеи о том, как следует писать историю науки. «Почти все историки науки — филологи, которые не понимают, к чему стремятся физики, как протекает процесс мышления и к чему сводятся их усилия в разрешении проблем. Даже большинство работ о Галилее выполнены слабо». Нужно найти такой способ изложения, который показал бы процесс мышления, приводящий к открытиям. В этом вопросе физики мало могут помочь, так как большинство из них не обладает «историческим чутьем». Однако он считал, что «Механика» Маха — это одна из действительно замечательных книг, которая является образцом литературы по истории науки. Он сказал: «Max не знал реальных фактов о том, каким путем ра-

ние исследователи разрешали свои проблемы», но он, Эйнштейн, чувствует, что Max обладал достаточной интуицией, и то, что он сказал, по-видимому, весьма правдоподобно. Преодоление трудностей проблем, стремление любыми средствами найти решение, которое наконец приходит, но часто благодаря очень косвенным методам — вот истинная картина»<sup>173</sup>.

При обсуждении подхода «почти всех историков» (возможно, это сказано слишком сильно) Эйнштейн подчеркивает, что историческая работа должна касаться личной сферы труда ученого, показывая, как человек мыслит и преодолевает трудности при решении проблемы. Оценивая самих физиков (возможно, также несколько резковато), Эйнштейн подчеркивает необходимость особого исторического чутья, которое подсказывает, каким образом мог действовать ученый, даже при отсутствии «действительных фактов», в ходе творческого процесса. Это претенциозное заявление — не что иное, как рекомендация принять для исследования в области истории науки тот урок, который Эйнштейн получил в процессе своего исследования физики: *так же, как и при создании самой физики*, Эйнштейн советует здесь историку перешагнуть через неминуемый разрыв между неизбежно слишком ограниченными «фактами» и теми умственными построениями, которые необходимы для того, чтобы трактовать факты. В таком историческом исследовании, *как и в самой физике*, решение приходит часто «благодаря очень косвенным методам», и лучший исход, на который можно надеяться, заключается не в достоверности, а лишь в вероятности того, что результат «так или иначе правилен».

Можно вполне согласиться с этим призывом к новым методам описания тех процессов мышления, которые привели к большим открытиям, не соглашаясь, однако, задним числом с выбором в качестве конкретного образца «Механики» Маха. Наиболее очевидная трудность, которая встречается, если следовать совету Эйнштейна, — это, конечно, неопределенность термина «достаточная интуиция». Другая трудность заключается в том, что любое исследование процесса открытия — этого мимолетного, отчасти бессознательного, недоступного для наблюдения,

<sup>173</sup> Shankland. Conversations, стр. 50. [УФН, 87, в. 4, 1965, стр. 714.]

непередаваемого словами и невосстановимого вида деятельности — по определению должно привести к результату с явно неопределенными и противоречивыми элементами. Еще одна трудность связана с тем, что предложение «смело перешагивать» может привести к тому, что даже некоторые из наиболее подходящих и легко доступных документов (исторических «фактов») будут упущены. И четвертое затруднение обусловлено существованием некоторых проблем, которые в настоящее время кажутся почти неразрешимыми ни одним из существующих методов: проблемы одаренности, причин тематического и эстетического выбора, взаимодействие между личным и общественным аспектом наук, не говоря уже о проблеме индукции.

Сам Эрнст Мах, возможно, возразил бы против данной Эйнштейном характеристики его работы по истории науки, какой бы хвалебной она ни была. Тем не менее Эйнштейн был прав, приписывая Маху и рекомендую другим необычный метод несмотря на трудности и опасности, которые он может повлечь. Ибо таким путем можно по крайней мере надеяться проникнуть за пределы прозаических или тривиальных аспектов важных исторических событий, более полно осознать проявление интеллектуальной смелости и великолепного вкуса, который был необходим для создания теории.

Конечно, эксперименты существенны для исторического прогресса. Конечно, построение цепи от нового загадочного эксперимента к теоретической схеме, которая его объясняет, — это обычный процесс, особенно в повседневной работе большинства ученых. Конечно, эксперименты оказывали влияние и на мышление молодого Эйнштейна, стремившегося по-новому осмыслить проблемы электродинамики, проникнуть в «сердце материи». Конечно, эксперимент Майкельсона играл в этом косвенную роль, хотя бы потому, что Эйнштейн нашел одно несоответствие электродинамической теории Г. А. Лоренца, заключавшееся в том, что «она приводила к интерпретации результата эксперимента Майкельсона — Морли, которая казалась искусственной», как писал Эйнштейн в своем послании к столетию Майкельсона, или как слишком явное *ad hoc*, как он писал по другим поводам.

И тем не менее следует противостоять заблуждению экспериментистов, внушающих идею о строго логическом

следовании от эксперимента к теории, по учебнику. Это неверно не только в отношении к реальному развитию исторических процессов мышления, которые привели к большим научным открытиям. Эта доктрина, если говорить серьезно, не только может мешать творческой работе в науке. Но хуже то, что, обращая внимание в первую очередь на внешне зримые моменты, которые создают фактическую опору и оперативную действенность развитой теории, она не возвращает должного всему величию теории. Основное достижение теории Эйнштейна состояло не в сохранении освященных традицией представлений или конструкций и не в построении логически строгого хода размышлений; она не была основана на превосходном и убедительном с педагогической точки зрения эксперименте. Скорее основным достижением теории было то, что даже ценой пожертвования всем этим она дала нам новую гармонию в объяснении природы.