

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 Goldstone 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 Colledge 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>. Предпочитательно 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 беспersпективным»<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