

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6 Эйнштейновский сборник, 1972

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<sup>106</sup> Там же, стр. 55.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### VIII. Против физики *ad hoc*

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

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

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

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

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

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

«Но этого недостаточно...».

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## IX. Косвенные данные: после 1905 года

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<sup>157</sup> Там же, стр. 56.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<sup>160</sup> Там же, стр. 101.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### «Дорогой мистер Давенпорт!

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

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

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

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

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

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

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

С искренним уважением Альберт Эйнштейн».

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

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

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

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

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

## X. Заключительные замечания

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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