

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКИЗ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

530.12:531.18

ЭЙНШТЕЙН И «РЕШАЮЩИЙ» ЭКСПЕРИМЕНТ*)*Джеральд Холтон*

Когда меня попросили выступить на текущей сессии, я подумал, что вам будет интересно, если я выберу в качестве темы спорный вопрос в истории современной науки, на который могут пролить свет документы, найденные в Архиве Эйнштейна в Принстоне. На протяжении нескольких последних лет я помогал там наблюдать за составлением каталога статей и корреспонденций; возможно кое-кто из присутствующих помнит, как время от времени я докладывал на подобных собраниях о том новом, что удавалось обнаружить. Сегодня я использую некоторые документальные материалы, чтобы подвергнуть анализу широко распространенное мнение о том, что именно «решающий» («crutial») эксперимент привел Эйнштейна к формулировке специальной теории относительности.

Наше обсуждение начнется довольно невинно, однако в конце я надеюсь поставить некоторые, в значительной мере дискуссионные вопросы, например следующие:

Что делать специалисту по истории науки, если он не располагает «всеми фактами»? Не создается ли в самом процессе обучения чего-то такого, что заставляет нас рассказывать ложные истории о научном развитии? Не искажается ли в какой-то мере наше представление о роли теории в современной физике благодаря устаревшей или ошибочной философии?

Мы начнем с письма, датированного 2-м февраля 1954 г., приблизительно за год до смерти Альберта Эйнштейна, от Давенпорта (исторический факультет Монмаутского колледжа, штат Иллинойс), который писал Эйнштейну, что 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 нетехнических 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 г. (копия его до сих пор неопубликованного ответа находится в картотеке Архива Эйнштейна в Институте перспективных исследований в Принстоне). Конечно, Эйнштейна часто спрашивали о влиянии на него опыта Майкельсона, особенно в течение нескольких предыдущих лет (например, Шэнкленд и Балаш). По-видимому, обдумав еще раз свои

*) G. H o l t o n, Einstein and the «Crutial» Experiment, Amer. J. Phys., No. 10, 37 (1969). Доклад на объединенном симпозиуме Американской ассоциации преподавателей физики и Американского физического общества, посвященном истории и философии физики, 5 февраля 1969 г. Перевод В. В. Иванова и С. Г. Суворова.

предыдущие ответы, Эйнштейн на этот раз особенно охотно отвечал незнакому человеку. Он не только дал подробный ответ, но даже по своей инициативе разрешил опубликовать письмо и пригласил продолжить переписку *):

«Дорогой мистер Давенпорт!

Уже до работы Майкельсона было хорошо известно, что в пределах точности эксперимента не наблюдалось влияния 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 теории следовало ожидать, что такая независимость не будет иметь место для эффектов второго и более высоких порядков. Величайшей заслугой Майкельсона было то, что он сумел совершенно определенно показать в одном случае, 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 которой была достигнута необходимая, крайне высокая точность измерений — составляет непреходящий вклад в науку. Этот вклад явился новым сильнейшим аргументом за то, что «абсолютного движения» не существует, т. е. в пользу принципа относительности, который 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 просто 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».

Этот тщательно составленный ответ является последним письмом Эйнштейна по этому вопросу, которое мне удалось найти. В действительности мы можем рассматривать его как превосходное краткое изложение того, что можно узнать, изучив многие другие подлинные документы Архива, относящиеся к данному вопросу. В частности, текст письма свидетельствует о необходимости четко провести четыре разграничения: 1) между влиянием эксперимента на развитие физики и тем влиянием, которое он мог оказать на развитие собственного мышления Эйнштейна, на его личные искания; 2) между красотой бессмертного эксперимента и его вспомогательной ролью в теории; 3) между заявлениями, которые

*) Приношу благодарность лицам, которые ведают материалами, связанными с Альбертом Эйнштейном, особенно мисс Элен Дюкас, за разрешение опубликовать этот и другие цитированные документы Архива. Настоящая статья включает подбор отрывков подобного исследования, подготовленного к печати в летнем выпуске «Isis».

Эйнштейн делал, прямо отвечая на повторяющиеся вопросы о возможной генетической роли опыта Майкельсона, и несколькими иными заявлениями всякий раз, когда он касался генезиса теории относительности (в последнем случае Эйнштейн почти всегда говорил только об опыте Физо и об измерениях аберрации — если вообще говорил об измерениях), и 4) между большим интересом, который, казалось бы, вызывает весь этот вопрос у многих людей, и его малым значением для Эйнштейна, который не мог вспомнить ни то, знал ли он фактически об этом опыте в 1905 г., ни, по-видимому, то, волновал ли его этот факт.

Сегодня я больше не буду касаться дальнейших подтверждений данной Эйнштейном ретроспективной оценки о том, что результат Майкельсона «не оказал большого влияния» на развитие Эйнштейном специальной теории относительности и что он «не играл никакой роли или по крайней мере не играл решающей роли». Такая задача требует тщательного анализа данных, по большей части широко доступных, например тех, которые содержатся в первой статье Эйнштейна по теории относительности (в которой опыт Майкельсона явно не упоминается) и в других его многочисленных работах, комментариях и письмах. (Очерк подобного рода будет опубликован в другом месте). Говоря кратко, Эйнштейн считал, что электродинамика Лоренца содержала слишком много черт *ad hoc* и среди них, как один из многих факторов, его явно искусственное объяснение экспериментов по обнаружению эфирного ветра. В первую очередь нас будет интересовать следующий вопрос: если мы примем ответ Эйнштейна, то *почему* оценки, опубликованные другими авторами, за очень немногими исключениями, так сильно от него отличаются? В конце концов, последние полвека среди ученых, а также и неученых подавляющий перевес имела точка зрения, что именно опыт Майкельсона был тем фундаментальным опытом, который непосредственно привел Эйнштейна к его теории относительности. Большая часть популярной литературы и многие авторитетные суждения совпадают с оценкой, приведенной в подписи под портретом Майкельсона в издании Американского оптического общества: Майкельсон «осуществил измерения, которые легли в основу специальной теории относительности Эйнштейна».

Более подробное объяснение экспериментальных истоков теории относительности, исходящее из авторитетного источника и напечатанное по случаю необычного события, но во всех других отношениях представляющее современную распространенную точку зрения, можно найти в очерке Милликена, озаглавленном «Семидесятилетие Альберта Эйнштейна». Это была вводная статья в специальном выпуске журнала «Reviews of Modern Physics» *), посвященном Эйнштейну; некоторые отрывки стоят того, чтобы их процитировать:

«Год 1905 был примечателен тем, что в этом году 26-летний Эйнштейн опубликовал в «Annalen der Physik» три краткие, но замечательные статьи, которые имели очень важное значение для моей личной работы как физика на протяжении всей моей жизни. Эти три статьи были посвящены следующим вопросам: 1) специальной теории относительности; 2) броуновскому движению и 3) тормозящим потенциалам в фотоэффекте.

Каждая из этих трех статей представляет собой новое, далеко идущее обобщение огромной важности. Что касается первой и второй из них, то все уже было ясно и *экспериментальные* основания, на которые должны опираться все глубокие обобщения, уже были построены. В случае теории относительности первым конструктором эксперимента был мой

*) Rev. Mod. Phys. 21 (1949).

руководитель в Чикагском университете Альберт А. Майкельсон, который осуществил свой первый эксперимент по обнаружению эфирного ветра в 1881 г. в Берлине... Можно считать, что специальная теория относительности по существу исходит из обобщения опыта Майкельсона. Именно здесь проявилась характерная для Эйнштейна смелость подхода, ибо отличительной чертой современного научного мышления является тот факт, что оно начинает с отбрасывания всех априорных представлений о природе реальности (или о законченной картине строения вселенной), характерных практически для всей греческой философии, а также для всего средневекового мышления; вместо этого современное научное мышление берет в качестве отправного пункта прочно установленные, тщательно проверенные *экспериментальные* факты, независимо от того, кажутся ли в данный момент эти факты разумными или нет. Короче говоря, современная наука является существенно эмпирической...

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

1. ФАКТЫ В ДИДАКТИЧЕСКОМ ИЗЛОЖЕНИИ

Многие другие выдающиеся ученые предлагали абсолютно сходные схемы. Поэтому неудивительно, что авторы учебников обычно отражают мифический сюжет, распространенный среди видных ученых-исследователей (или по крайней мере не противоречат ему). В изложении истории теории относительности авторы учебников фактически единодушны. Выбрав с книжной полки практически наугад какой-нибудь из последних учебников физики, вы найдете по существу такую же историю, как и в статье Милликена.

Эта версия не ограничивается ни современными американскими учебниками, ни теми авторами, которые сами не принимали участия в развитии этой области в ее ранний период. Так, Макс фон Лауэ опубликовал в 1911 г. один из первых серьезных учебников по теории относительности (*Das Relativitätsprinzip*); в нем об эксперименте Майкельсона написано: «...Как оказалось, он стал фундаментальным экспериментом для теории относительности...».

Однако положение становится еще более непонятным, когда мы обнаруживаем, что подобное же впечатление на некоторых из читателей оставили высказывания самого Эйнштейна по крайней мере в двух его собственных публикациях. Одной из них является «*gemeinverständliche*» (общедоступная, популярная) книга «*Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie*» 1917 г. Здесь мы находим изложение, которое стало обычным почти во всех более поздних текстах:

«Приходилось предполагать, что такой эфирный ветер должен существовать и относительно Земли, и физики стремились обнаружить этот ветер. Майкельсон нашел для этого путь, который, казалось, должен был

привести к цели... К большому смущению физиков, эксперимент дал отрицательный результат. Лоренц и Фитцджеральд вывели теорию из этого затруднительного положения, предположив, что движение тела относительно эфира вызывает сокращение тела в направлении движения... Но истолкование, предлагаемое теорией относительности, несравненно более удовлетворительно» *).

Хотя генетическая связь в явном виде здесь не выступает, она почти неизбежно следует из текста.

Второй из этих ранних публикаций Эйнштейна является его статья «Теория относительности» в сборнике, включающем 36 сообщений выдающихся физиков; целью этого сборника было передать «состояние физики нашего времени» **).

Эйнштейн начинает статью так: «Вряд ли можно выработать самостоятельное суждение о правильности теории относительности, не ознакомившись хотя бы вкратце с опытами и идеями, предшествовавшими этой теории. Поэтому с них и надо здесь начать» (стр. 410). Затем следует обсуждение эксперимента Физо, приводящего к теории Лоренца, основанной на гипотезе о неподвижном эфире. Несмотря на ее успехи, «одна сторона этой теории не могла не вызвать недоверия среди физиков» (стр. 412); она оказалась противоречащей принципу относительности, справедливому в механике, а также, «насколько простирается наш опыт вообще», за ее пределами. Согласно этому принципу все инерциальные системы равноправны. Однако в теории Лоренца это не так: система, покоящаяся по отношению к эфиру, обладает особыми свойствами; например, по отношению к этой системе скорость света постоянна.

Эйнштейн точно характеризует эту трудность: «Успехи теории Лоренца были настолько большими, что физики, не задумываясь, отказались бы от принципа относительности, если бы не был получен один важный экспериментальный результат, о котором мы теперь должны сказать, а именно, результат опыта Майкельсона» (стр. 414). Затем следует описание эксперимента и гипотезы сжатия, выдвинутой Лоренцом и Фитцджеральдом. Эйнштейн резко добавляет: «Способ действия, когда добиваются согласия теории с отрицательным результатом эксперимента с помощью выдвинутой специально для этой цели гипотезы, выглядит крайне неестественным» (стр. 415). Более предпочтительна концепция — удержать принцип относительности и принять принципиальную невозможность обнаружения относительного движения ***).

Но как же в конце концов совместить принцип постоянства скорости света с принципом относительности? «Однако каждый, кто попытался бы заменить теорию Лоренца какой-либо другой теорией, удовлетворяющей экспериментальным фактам, должен был бы признать, что это занятие при современном состоянии наших знаний является абсолютно бесперспективным» (стр. 415—416). Скорее можно согласовать эти два кажущихся противоречивыми принципа, пересмотрев понятия пространства и времени и отказавшись от эфира.

Остальная часть краткой статьи Эйнштейна касается введения относительности одновременности и времени, уравнений преобразований и измерений длины стержня, движущегося по отношению к наблюдателю.

*) См.: А. Эйнштейн, Собрание научных работ, т. I, стр. 557. Далее ссылки на страницы этого тома даются в тексте. (Прим. ред.)

**) Die Physik, Ed. E. Warburg, B. G. Teubner, Leipzig, 1915.

***) Речь идет о невозможности обнаружения движения Земли относительно эфира. (Прим. перев.)

«Легко видеть, что упомянутая выше гипотеза Г. А. Лоренца и Фитцджеральда, выдвинутая для объяснения опыта Майкельсона, получается как следствие теории относительности» (стр. 420). Однако этот результат оказывается не настолько ценным, чтобы считать его одним из достижений теории относительности, которые суммированы ниже: «Перечислим кратко отдельные результаты, полученные до настоящего времени благодаря теории относительности» (стр. 421). Как и в 1915 г., список не был длинным: «простая теория» эффекта Доплера, абберации, эксперимента Физо; возможность применения уравнений Максвелла к электродинамике движущихся тел и, в частности, к движению электронов (катодные, или β -лучи) «без привлечения особых дополнительных гипотез» и «важнейший результат» — связь между массой и энергией, хотя для нее в то время не существовало прямого экспериментального подтверждения.

Важно теперь обратить внимание на то, что обе эти публикации Эйнштейна являются откровенно *дидактическими*. Например, очерк 1915 г. явно не имел в виду исторического анализа того пути, которому следовал сам Эйнштейн. Очерк в целом представлен как некое «оправдание» теории относительности и не обсуждает вопроса о ее происхождении. И не сам Эйнштейн, а «физики», о которых он говорит, без колебаний отказались бы от принципа относительности, если бы не опыт Майкельсона.

Тем не менее, ничего фактически не сказав здесь о своем собственном историческом пути, Эйнштейн в своих дидактических произведениях выделил опыт Майкельсона, и это не могло не послужить опорой для более поздних дидактических изложений, написанных «из вторых рук», другими авторами — даже после появления в печати отличающихся по существу явно исторических обзоров Эйнштейна, например в важном интервью с Р. Шэнклендом, опубликованном в журнале «*American Journal of Physics*» *).

Тем самым намечается первый ответ на наш вопрос: причина такого единомыслия в отношении предполагаемой генетической роли опыта Майкельсона заключается в том, что науку в смысле личной деятельности, «личных исканий» часто путают с наукой в смысле некоей развивающейся сферы деятельности, некоего общественного института.

Если потрудиться внимательно прочитать имеющиеся документы, то обнаруживается четкое различие: когда Эйнштейн пишет или говорит об истоках теории относительности в страдательном залоге, в ответ на прямой вопрос или по обязанности, например в публичной лекции, он останавливается на значении, которое имел опыт Майкельсона для дальнейшего развития и принятия теории *другими* физиками. Но когда он пишет или говорит о влиянии этого опыта на него самого — в явном виде и в первом лице единственного числа — Эйнштейн всегда говорит, что влияние на него самого было «незначительным», «косвенным» или «довольно косвенным», «не имеющим решающего значения» или (согласно его письму к Б. Джеффу, опубликованному в 1944 г.) самое большее, что опыт оказал «значительное влияние на мою работу, поскольку он укрепил мою уверенность в справедливости» теории относительности; тут же он добавляет: «Я был достаточно убежден в справедливости принципа относительности еще до того, как я узнал об этом эксперименте и его результатах». Поэтому следует учитывать, что Эйнштейн по-разному оценивает влияние на науку в общественном смысле и науку в личном смысле. Неспособность различать такие вещи является одним из самых коварных недостатков нашего обучения, на котором ниже я остановлюсь подробнее.

*) Amer. J. Phys. 31, 47 (1963) (перевод см.: УФН 87, 711 (1965)).

II. ЧТО СКАЗАЛ ЭЙНШТЕЙН МАЙКЕЛЬСОНУ?

В этом месте вы вполне могли бы предъявить мне один хорошо известный документ, который решительно противоречит всему, что я сказал до сих пор. Это отчет о речи Эйнштейна, которую он произнес в 1931 г. по случаю посещения Пасадены (штат Калифорния), когда он в первый и последний раз лицом к лицу встретился с Майкельсоном. Случай, должно быть, волнующий. Майкельсон, который был на двадцать семь лет старше, заочно восхищался Эйнштейном. 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».

Но известно, что Майкельсон не был сторонником теории относительности, которая разрушила представление об эфире. Подобно многим другим, Майкельсон был убежден, что его собственные злополучные опыты служили основой этой теории. Позднее Эйнштейн вспоминал, что Майкельсон «не один раз сказал мне, что ему не нравятся теории, которые вытекали из его работ», он сказал также, что немного огорчен тем, что его собственная работа породила это «чудовище».

Майкельсону было тогда семьдесят девять лет, за неделю до этого у него был серьезный удар, который первый раз приковал его к постели еще за два года до этого. С фотографии, снятой по случаю этого события, на нас 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 Атенеум в Пасадене 15 января 1931 г. 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. Милликен открыл выступления несколькими замечаниями о тех характерных чертах, которые он усматривал в современном научном мышлении. 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 «Reviews of Modern Physics», посвященном Эйнштейну. Но в 1931 г. 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 предыдущего выступления:

«Я особенно счастлив тем, что имею возможность выразить доктору Эйнштейну мою признательность за уважение и особое внимание, которыми он награждал меня за результат, так щедро приписанный им экспериментам полувекковой 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».

Фактически Эйнштейн ничего на это не ответил, если исходить из опубликованной записи о встрече *). Затем Милликен пригласил высказаться Кэмпбелла, одного из бестящей группы астрономов-экспериментаторов, сказав: «Тем самым я ставлю перед ним задачу обрисовать

*) Science 7 375 (1931) .

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. Настаивая на своей идее, Милликен сослался теперь на собственную «экспериментальную проверку» предсказаний, содержащихся в ранних статьях Эйнштейна. В свете его взглядов милликеновская оценка работы Эйнштейна по квантованию световой энергии (1905 г.) не была неожиданной:

«Чрезвычайную проникаемость и смелость проявил Эйнштейн в 1905 г., 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 происшедшее, — широко известно из отчета, приведенного в единственной имеющейся в настоящее время биографии Майкельсона «Майкельсон и скорость света», написанной Б. Джеффом *).

Джефф пишет: «Эйнштейн произнес краткую речь. Рядом с ним сидели Майкельсон, Милликен, Хэйл и другие известные ученые. «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 уважаемый 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 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» (стр. 168).

Конечно, такое выступление можно было ожидать от подготовленных речей; Джефф дает естественный и четкий ответ на вопрос о возможной генетической связи между опытом Майкельсона и работой Эйнштейна. На другой странице книги он просто говорит: «В 1931 г., как раз перед смертью Майкельсона, Эйнштейн публично связывает свою теорию с опытом Майкельсона» (стр. 101).

При внимательном чтении изложения Джеффа 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. В свое время опыт Майкельсона объяснялся посредством гипотезы сжатия, выдвинутой Лоренцом и Фитцджеральдом и изложенной в работах Лоренца 1892 и 1895 гг., которые, как мы знаем, Эйнштейн читал. Это объяснение вследствие своего непривлекательного характера *ad hoc* окончательно скомпрометировало эфирную теорию электродинамики, которую Эйнштейн

*) Michelson and the Speed of Light, Doubleday & Co., Inc., Garden City, N. Y., 1960 (см. перевод: Бернард Джефф, Майкельсон и скорость света, М., ИЛ, 1962).

уже по многим другим причинам считал неадекватной реальности. Но замечания «без Вашей работы...», «...именно Ваше подтверждение...» звучат, конечно, как личная признательность Майкельсону, публичное признание той связи, которую ясно увидел в них Джефф. И в этом случае мы должны признаться, как это сделал Кеплер в середине «*Astronomia Nova*»: «Дорогой читатель, наша гипотеза обращается в дым».

Но есть и другое объяснение. Существует немецкая запись выступления Эйнштейна. Ее переводы были опубликованы в 1931 и 1949 гг. Из нее видно, что широко распространенная джеффовская версия выступления Эйнштейна оказалась для него невольной подстроенной ловушкой. В версии Джеффа из речи Эйнштейна выпали небольшое вводное и большое заключительное предложения. Это сильно искажает выступление Эйнштейна.

Речь начинается словами «*Liebe Freunde!*». Это обращение адресовано, конечно, ко всем присутствующим. И как раз между двумя последними предложениями, цитированными Джеффом, мы находим другое предложение, которое внезапно уводит обсуждение от Майкельсона и специальной теории относительности к собравшимся астрономам и общей 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. *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 калифорнийских астрономов, «которые создали реальную почву для [общей] теории», — Кэмпбелла, Сент-Джонса, Адамса и Хаббла.

То, что произошло, является все же утонченным комплиментом Майкельсону. Однако даже стоя рядом с ним и под усугубляющим давлением драматического события, Эйнштейн не соглашается 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 непрерывном и долгом пути, ведущем к теории относительности.

Что касается досадного пропуска указанного предложения в очень полезной в других отношениях книге Джеффа, то известно, как такие вещи случаются в самых щекотливых местах. 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 подошли без научной проверки к существующему оригинальному тексту, но нашли его оценку удобной для своей собственной цели — проведения тесной генетической связи между Майкельсоном и Эйнштейном.

III. ПРИЧИНЫ, ПО КОТОРЫМ ЭКСПЕРИМЕНТ СВЯЗЫВАЮТ С ТЕОРИЕЙ

Рождение новой теории как ответ на загадочные эмпирические открытия — вот посылка, ясно сформулированная такими выдающимися учеными, как Милликен, охотно принятая в учебниках и встречающаяся также в чисто исторических докладах. Почему этот порядок изложения так соблазнителен? Существует с полдюжины причин. Одна из них заклю-

чается в том, что почти в каждом учебнике по необходимости большое значение придается ясному, недвусмысленному индуктивному аргументированию. Если бы учебник допускал корректное обобщение и без такого однозначного экспериментального обоснования, то вся система рассуждений была бы поставлена под угрозу. Следовательно, а priori существует большая вероятность того, что во всяком педагогическом изложении любого предмета науки будет высказываться четкая генетическая связь, ведущая от эксперимента к теории.

Более того, в учебнике или в дидактическом очерке, в которых должен быть изложен большой материал, вероятнее всего (по причинам объема или каким-либо другим) автор выберет один подходящий эксперимент, который может быть убедительно представлен, а не ряд различных экспериментов, которые с исторической точки зрения являются такими же хорошими или даже лучшими аргументами.

Но в частном случае развития теории относительности у автора дидактического очерка есть еще дополнительный мотив — сократить период сомнений в научном обществе, который действительно последовал за публикацией Эйнштейна в 1905 г. Можно было ожидать, что студент легче воспримет такую выходящую за рамки обычных представлений теорию, как теория Эйнштейна, если он увидит, что Эйнштейн или по крайней мере современники Эйнштейна убедились в ее справедливости благодаря некоторому четкому эксперименту.

Поэтому в таких книгах мало говорится о временах драматической борьбе, которая в действительности потребовалась для постепенного принятия новой теории. Этот недостаток хорошо согласуется с другой, моральной функцией обучения, которая заключается в том, чтобы умышленно ослабить роль личных и эмоциональных побуждений в выполнении ученым его научной работы или в оценке чужих работ, чтобы не придавать большого значения его предварительным заверениям до того, как «получены все доказательства»; это помогает подвести студента к тому, что автор учебника, возможно бессознательно, обычно понимает под общепринятыми нормами профессионального поведения.

Авторы учебников, вероятно, не могут и определенно не хотят иметь дела с личным аспектом в развитии науки, аспектом, который может сильно различаться от одного ученого к другому и который в любом случае очень далек от полного понимания. Оказывается проще иметь дело с общественным аспектом науки, относительно которого существует некоторое (хотя, возможно, и ложное) согласие — в данном случае тем более, что и сам Эйнштейн в своих дидактических публикациях 1915 и 1917 гг. писал только об общественных аспектах возникновения теории относительности. Внимание историка привлекают элементы, которые позволяют изучать классический случай различия между личным и общественным аспектами науки, или вопрос об относительной роли теории и эксперимента в современном научном новаторстве, или квазиэстетические критерии для выбора между конкурирующими системами понятий, охватывающих одни и те же «факты» различными способами. Но в учебниках все это уступает место другим, более простым целям. Такой подход привел к побочному результату, а именно: предположение об использовании Эйнштейном опыта Майкельсона стало неотъемлемой частью фольклорного единодушия в отношении истории науки, таким же преданием, как широко известный и принимаемый за истину рассказ о падающем яблоке в саду у Ньютона или о двух предметах, сброшенных Галилеем с наклонной башни в Пизе, — два других случая, в которых предполагается, что экспериментальные факты явились генетической причиной возникновения синтетической теории.

Имеются, однако, и другие особые обстоятельства, благодаря которым практически невозможно не отметить значение эксперимента Майкельсона в педагогическом изложении. Он является не просто экспериментом, а скорее всего одним из самых чарующих экспериментов в истории физики. Чарующее действие, вызванное его красотой и необычностью, в равной мере чувствуют и составители учебников, и физики-исследователи. Несмотря на центральное положение вопроса об эфирном ветре в физике конца девятнадцатого века, никто до Майкельсона не был в состоянии представить себе и сконструировать прибор для измерения эффекта второго порядка, связанного с эфирным ветром. Интерферометр был чудесным прибором. Изобретенный двадцативосьмилетним Майкельсоном в ответ на призыв Максвелла, этот прибор позволял обнаруживать эффекты порядка одной десятиллиардной. К тому времени это был один из самых чувствительных научных приборов, а сам эксперимент поднял точность измерений до чрезвычайно высокого уровня. Позднее сам Эйнштейн с теплотой и сердечностью отдал дань экспериментальному гению Майкельсона и его артистическому чувству; он добавил, что «многие отрицательные результаты имеют не очень большое значение, но опыт Майкельсона дал действительно большой результат, который должен быть понятен каждому».

Однако толкование эксперимента вначале представляло непреодолимые трудности в двух отношениях. Одна из трудностей состояла в понимании принципа работы прибора в рамках эфирной теории, даже если отвлечься от смысла получаемых с его помощью результатов. Сегодня можно повсюду найти верные, хотя и слишком упрощенные описания эксперимента. Однако сам Майкельсон, представляя объяснение своего первого эксперимента в Academie des Sciences в 1882 г., признал, что он допустил ошибку в своем прежнем докладе 1881 г., когда пренебрег влиянием движения Земли на путь света в плече интерферометра, расположенном под прямым углом к направлению движения. Потье, который указал на ошибку Майкельсона в 1882 г., также ошибался. Спор по вопросу о том, как движущийся рефлектор влияет на угол отражения, продолжался свыше тридцати лет.

Но, кроме того, полученные с помощью этого прибора данные были для всех в то время полной загадкой и для многих оставались ею долгое время спустя. Поскольку предполагалось влияние эфира на движение света, ожидалось значительное смещение интерференционных полос, однако фактически оно не было получено. Великолепный прибор привел к загадочному, разочаровывающему и даже непостижимому результату в рамках существовавшей тогда теории. Сам Майкельсон называл свой опыт «неудачей; повторно получаемые нулевые или почти нулевые результаты противоречили всем его ожиданиям. И вопреки общепринятому подходу, согласно которому настоящий ученый признает результаты экспериментальных исследований, подрывающих теорию, он отказывался признать значение своих собственных результатов, говоря: «Поскольку результат первоначального эксперимента был отрицательным, проблема все еще требует разрешения». Он даже пытался утешить себя замечательным рассуждением: «Опыт кажется мне исторически плодотворным, так как именно для решения этой проблемы был сконструирован интерферометр. Я думаю, будет признано, что изобретение интерферометра более чем скомпенсировало тот факт, что этот частный эксперимент дал отрицательный результат».

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

«Я в чрезвычайном затруднении относительно того, как разрешить это противоречие, и тем не менее я думаю, что если бы нам пришлось

отказаться от теории Френеля [теории эфира], у нас вообще не осталось бы приемлемой теории... Не может ли быть некоторого пункта в теории опыта мистера Майкельсона, который до сих пор не был замечен?»

Лорд Кельвин не мог примириться с отрицательными результатами в 1900-х годах. Рэлей, который подобно Кельвину побуждал Майкельсона повторить его первый эксперимент, признавался, что он считал нулевой результат, полученный Майкельсоном и Морли в Кливленде, «истинным разочарованием». В своей первоначальной статье Майкельсон и Морли обещали, что измерения, которые они проводили только в течение шести часов одного пятидневного периода, «будут повторены с интервалами около трех месяцев, и, таким образом, всякая неопределенность будет исключена». Но, как указывал Л. С. Свенсон, они были до того обескуражены «нулевым» результатом их эксперимента в 1887 г., что пренебрегли сделанным обещанием. Вместо этого Майкельсон прекратил свою работу над этим экспериментом и обратился к новому использованию интерферометра для измерения длин. (Как оказалось, это был мудрый поступок. Именно эта работа привела его к Нобелевской премии.) Вскоре к всеобщему, включая Майкельсона, удивлению эксперимент оказался одним из «тестов», а не просто «приложением», если воспользоваться терминологией Дюгема. Следовательно, по иронии судьбы ни Майкельсон, ни Эйнштейн, каждый по своим соображениям, не считали для себя знаменитый опыт убедительным, не говоря уже о выражении «решающий». Однако для большинства исследователей эфира он стал решающим экспериментом *malgré lui* *) в единственно правильном смысле этого термина, а именно, как центральное событие, которое заставило значительную часть научного общества пересмотреть свои прежние убеждения.

Если результат опыта Майкельсона на протяжении длительного времени представлялся необычайным, то теория относительности в момент ее выдвижения в 1905 г. оказалась для этой части общества еще непостижимее и оставалась таковой еще некоторое время спустя. Прошло несколько лет, прежде чем можно было сказать даже о немецких ученых, что у них сложилось мнение в пользу этой теории. Поворотным пунктом, по-видимому, явилась публикация в 1909 г. речи Минковского «*Raum und Zeit*». Среди физиков за пределами Германии запоздание было намного больше, а среди большинства учителей, студентов и широкой публики оно было еще больше.

Теперь кажется почти неизбежным, что в этой ситуации произошел естественный акт симбиоза, особенно в дидактической литературе. Это был союз загадочных — опытов Майкельсона и все объясняющей, но непонятной теории относительности. Можно было думать, что однозначный результат опытов Майкельсона является экспериментальной основой для понимания теории относительности, которая в противном случае казалась противоречащей здравому смыслу. В свою очередь теория относительности могла объяснить результат опыта Майкельсона не так «искусственно» или не *ad hoc*, как это явно ощущалось в предложенной Лоренцом и Фитцджеральдом гипотезе сжатия.

Эта стратегия была более чем необходима для сторонников теории относительности, поскольку после ее опубликования в течение многих лет не было новых экспериментальных результатов, которые можно было бы использовать, чтобы подтвердить эту теорию одним из тех способов, с помощью которых большинство физиков обычно ищет подтверждения. Напротив, как я отмечал в другом месте, первым откликом ученого мира на статью Эйнштейна 1905 г. было опубликованное в том же самом

*) Вопреки желанию (франц.).

журнале категорическое экспериментальное опровержение теории относительности, выдвинутое В. Кауфманом. Только в 1915 г. было показано, что экспериментальная установка Кауфмана была несовершенна, и были установлены однозначные положительные результаты. В 1907 г. Макс Планк отмечал, что Майкельсона считали тогда единственным, кто обеспечил экспериментальную поддержку теории. Физик В. Вин не был убежден в справедливости теории вплоть до 1909 г.; последующее признание было связано не с каким-либо определенным экспериментальным доказательством, а скорее с эстетическими причинами, выраженными в подходящих для того времени словах, которые Эйнштейн должен был оценить:

«Однако больше всего в ее пользу говорит внутренняя логическая стройность, которая позволяет заложить непротиворечивый фундамент, относящийся ко всей совокупности физических явлений, хотя при этом привычные представления претерпевают изменение».

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

Резюмируя, можно сказать, что особые цели педагогических изложений, поддерживаемых популярными выступлениями выдающихся физиков-экспериментаторов, и особый характер истории, связанной с признанием результатов Майкельсона в публикации Эйнштейна, явились двумя силами, стремящимися к одному и тому же, а именно, к провозглашению существования прямой генетической связи между работами Эйнштейна и Майкельсона.

Я думаю, что эти силы можно проследить до их общего корня, а именно, до определенного философского взгляда, касающегося науки как целого. Этот взгляд поддерживала видная группа философов в США и в Европе; он был широко распространен после побед эмпирических школ на рубеже нашего столетия.

IV. ДОКТРИНА ЭКСПЕРИМЕНТИЗМА

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

В качестве вводной статьи первого выпуска журнала (1, 1913 г.) он напечатал текст речи, которую произнес 11 ноября 1912 г. при открытии сессии Общества. Он сказал, что вместе с теорией относительности пришла «победа над метафизикой абсолютов в понятиях пространства

и времени» и произошло «слияние математики и естественных наук, которое, наконец, бесповоротно уводит от старых рационалистических платоно-кантианских предрассудков». А отправным пунктом, от которого произошел этот желанный поворот событий, снова был указан опыт Майкельсона:

«Ясность мышления неотделима от знания достаточного числа индивидуальных случаев для каждого из понятий, которые используются в исследовании. Поэтому главное требование позитивистской философии — это величайшее уважение к фактам. Типичным примером может служить новейшая фаза теоретической физики. В ней *ради единственного эксперимента* была без колебаний предпринята полная реконструкция. Опыт Майкельсона является причиной и главной опорой этой реконструкции, т. е. электродинамической теории относительности. Чтобы объяснить этот опыт, без всяких сомнений подвергают глубокому преобразованию ту основу теоретической физики, которая существовала до сих пор, а именно, механику Ньютона» (курсив наш).

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

За несколько лет до этого, в 1907 году, Майкельсону была присуждена Нобелевская премия по физике за точные оптические приборы и за исследования, которые он провел с их помощью в области точной метрологии и спектроскопии. Теория относительности была, конечно, еще слишком новой и считалась еще слишком умозрительной для того, чтобы быть упомянутой в перечислениях или в откликах; действительно, в то время, когда Петцольдт воздавал ей свою похвалу, теория стала слишком умозрительной для самого Маха. (Комитет по Нобелевским премиям не награждал Эйнштейна вплоть до 1922 г. и затем, когда Комитет специально вспомнил об Эйнштейне, премия была присуждена за хорошо экспериментально подтвержденную работу по фотоэлектрическому эффекту.) Во всяком случае теория относительности не привлекала внимания в те дни 1907 г. Как следовало из представления К. Б. Хассельберга, премирование Майкельсона было ясно мотивировано той же самой экспериментистской философией науки, о которой мы получили достаточное представление. Хассельберг сказал:

«Что касается физики, то она развивалась как замечательно точная наука: таким образом, справедливо утверждение, что большинство величайших открытий в физике в очень большой степени обязаны высокой точности измерений, которую можно достигнуть теперь при изучении физических явлений. Точность измерений — это тот самый корень, необходимое условие нашего более углубленного проникновения в законы физики — *наш единственный путь к новым открытиям*. Достижение именно такого рода Академия выдвигает на Нобелевскую премию этого года в области физики» (курсив наш). Почему-то все ухитрились хранить пристойное молчание об эксперименте, который Петцольдт и другие его

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

Что же можно сказать о тех, кто занимается философией науки? В их работах обсуждение теории относительности очень часто тесно связывается с опытом Майкельсона, хотя вряд ли с большим энтузиазмом, чем в одном из очерков, озаглавленном «Философская диалектика понятий относительности» («The Philosophical Dialectic of Concepts of Relativity»), который вошел в сборник, посвященный Эйнштейну:

«Как мы знаем, и как тысячу раз повторялось, относительность родилась из эпистемологического шокового состояния, она родилась из «неудачи» опыта Майкельсона... Перефразируя Канта, можно сказать, что благодаря опыту Майкельсона классическая механика пробудилась от догматического сна... Неужели так мало нужно, чтобы «поколебать» мир пространства? Мог ли единственный эксперимент двадцатого века [Sic!] уничтожить — сартрианец сказал бы *neantiser* *) — два или три века рационального мышления? Да, одной десятой достаточно, чтобы, как сказал бы наш поэт Анри де Ренье, „заставить природу петь“**).

Эйнштейн предпочел не отвечать на этот апофеоз опыта Майкельсона в своем ответе на критику, который был опубликован в конце этого же сборника. Но он дает многословный и тонко разный ответ на другой очерк в этом сборнике, написанный Гансом Рейхенбахом с тех же позиций экспериментизма ***).

Нужно напомнить, что на протяжении многих лет Рейхенбах был одним из наиболее упорных и интересных философов-аналитиков, выяснявших философское значение теории относительности; он опубликовал несколько попыток представить эту теорию в аксиоматической форме. Но эмпирическая убежденность Рейхенбаха никогда не ослабевала. Например, он писал, что работа Эйнштейна «была отмечена сильнейшей приверженностью к экспериментальным фактам... Эйнштейн построил свою теорию на необычайном доверии к точности экспериментирования»****). Единственный исторический эксперимент, который Рейхенбах связывает с генезисом теории Эйнштейна, — это, конечно, опыт Майкельсона; так он пишет: «Теория относительности высказывает некоторое утверждение о поведении твердых стержней и то же — о поведении часов... Это утверждение теории относительности основывается главным образом на опыте Майкельсона»*****). Фактически Рейхенбах и его верные последователи предпочитают отводить решающее место в предполагаемом развитии опыту Майкельсона, только слегка показывая пользу теории относительности. Так, Рейхенбах заявляет: «Было бы ошибочным утверждать,

*) Обратить в ничто (франц.).

**) P. Schilpp, Ed., Albert Einstein, *Philosopher-Scientist*, Library of Living Philosophers, Evanston, Illinois, 1949, pp. 566—568. Статья принадлежит Гастону Башеляру. (Прим. перев.)

***) H. Reichenbach, *The Philosophical Significance of the Theory of Relativity*. См. упомянутый сборник.

****) H. Reichenbach, *From Copernicus to Einstein*, Philosophical Library, New York, 1942, p. 51.

*****) *The Philosophy of Space and Time*, Dover Publishing Co., New York, 1957; перевод М. Рейхенбаха и Джона Фрейнда с немецкого издания: H. Reichenbach, *Die Philosophie der Raum-Zeit Lehre*, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 1928, 195 S.

что теория Эйнштейна объясняет опыт Майкельсона, так как она этого не делает. Опыт Майкельсона просто принят за аксиому» (ор. cit, стр. 201).

В очерке, который вошел в сборник Шилпа, выпущенный в 1949 г. в честь Эйнштейна, Рейхенбах возвращается к тем же вопросам (например, на стр. 301), однако они являются лишь прелюдией к выводу о том, что, «следовательно, теория относительности Эйнштейна принадлежит именно к философии эмпиризма... Несмотря на огромный математический аппарат, теория пространства и времени Эйнштейна является триумфом такого радикального эмпиризма в области, всегда считавшейся заповедной для открытий чистого разума» (стр. 309—310).

В своем ответе на этот очерк, помещенном в конце тома *), Эйнштейн наибольшее внимание уделил опровержению этого утверждения. Он предпочел твердо придерживаться основного различия в понятиях «чувственные восприятия» и «чистые идеи» — несмотря на возможный упрек в том, что, «поступая таким образом, мы совершаем метафизический первородный грех». Эйнштейн ссылается на то, что нужно принять основные положения не только эмпиризма, но и рационализма, что «колебания между этими крайностями оказываются неизбежными». В воображаемом диалоге с Рейхенбахом он выступает в роли «не-позитивиста» и обращается к полезному уроку Канта о том, что существуют понятия, «которые играют в нашем мышлении доминирующую роль и которые тем не менее нельзя вывести посредством логического процесса из эмпирических данных (факт, который некоторые эмпирики хотя и признают — но всегда вновь забывают)».

Конечно, существует различие в научном вкусе или стиле. Для Рейхенбаха интерес к научной теории не сосредоточен на ее подробном историческом развитии в работе реальной личности. Как честно признался Рейхенбах, «философа науки не очень интересуют те процессы в мышлении, которые приводят к научным открытиям; он стремится к логическому анализу завершенной теории, включая и те связи, которые устанавливают ее реальность. Иными словами, его интересует не самый ход открытия, а то, что оправдывает его» (стр. 292).

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

Когда такие попытки сталкиваются с некоторыми прямыми фактами, которые свидетельствуют против того, что опыт Майкельсона имел приоритет и значение для мышления Эйнштейна, реакция оказывается следующей: без учета генетической роли этого особого эксперимента понимание факта возникновения теории стало бы «весьма проблематичным», и мы были бы «удивлены тем, что только логические (в отличие от психологических) основания, без какой-либо опоры на опыт Майкельсона — Морли, могли сразу убедить Эйнштейна в справедливости принципа

*) См.: А. Эйнштейн, Собрание научных трудов, т. IV, стр. 294.

относительности...» *). Неудивительно, что в этом самом месте призван на помощь авторитет Джеффа, что привело к следующему выводу: «В 1931 г., незадолго до смерти Майкельсона, Эйнштейн публично связал свою теорию с опытом Майкельсона» (там же).

Самого Эйнштейна не ставила в тупик возможность отсутствия достаточно надежных «логических» оснований его исходных побуждений. Это был хорошо известный факт реальной научной деятельности. В самом деле, в решении этого вопроса он шел своим путем. Например, выступая с речью о Майкельсоне на праздновании столетия со дня его рождения 19 декабря 1952 г., Эйнштейн подчеркнул: «Влияние «решающего» эксперимента Майкельсона — Морли на мои собственные усилия было довольно косвенным», и закончил заявлением, которое весьма важно, хотя и могло показаться ничем не вызванным в той ситуации:

«Конечно, не существует логического пути, приводящего к созданию теории; существуют лишь осуществляемые на ощупь конструктивные попытки, контролируемые посредством тщательного анализа познанных фактов».

Это полностью согласуется с честной самооценкой опыта, которую многие творческие ученые проявляли в своей личной деятельности. Эйнштейн в этом признании был, возможно, даже более откровенен и так далек от широко распространенных мифов, в которых научный поиск представлен как неизбежный результат получения логически обоснованных выводов из несомненных с точки зрения эксперимента посылок. Увы, в действительности это не так.

Что дело не так просто, Эйнштейн подробно объяснял, например, в беседе с Шэнклендом об истоках его собственной работы 1905 г., пересказанной Шэнклендом **):

«Это привело его к довольно длинному замечанию о природе мыслительных процессов, о том, что они вовсе не являются продвижением к решению шаг за шагом; он особенно подчеркнул, как извилист путь нашего мышления к решению... Порядок в проблеме устанавливается только в конце».

Точно так же по вопросу о правильной точке зрения, которую историк должен иметь о работе физиков, Эйнштейн сказал ему: «Преодоление трудностей проблем, стремление любыми средствами найти решение, которое наконец приходит, но часто благодаря очень косвенным методам — вот истинная картина». Вопреки ожиданиям приверженцев систематизации и аксиоматизации, составителей учебников и других, кто, как мы видели, тоскует по прямолинейной последовательности как в самой научной работе, так и в ее толкованиях, Эйнштейн выступает с вежливым предостережением, что прямолинейного логического пути не существует, по крайней мере для такой значительной теории, как та, которая содержалась в его работе 1905 г.

Это было предостережение, которое Эйнштейн делал неоднократно — начиная примерно с 1918 г. и более настойчиво — с начала 30-х годов. Примеры можно найти в его очерке, написанном к 60-летию Макса Планка в 1918 г.: «К этим законам ведет не логический путь, а только основанная на проникновении в суть опыта интуиция».

То же самое он повторил в своей спенсеровской лекции в 1933 г. относительно «чисто вымышленного характера оснований научной теории» и в своих «Автобиографических заметках» (Autobiographical Notes), написанных в 1946 г. («На опыте можно проверить теорию, но нет пути от опыта

*) A. G r ü n b a u m, Philosophical Problems of Space and Time, Altred A. Knopf, Inc., New York, 1963, p. 381.

**) Amer. J. Phys. 31, 48 (1963) (перевод см.: УФН 87, 711 (1965)).

к построению теории»). И еще раз, когда Д. Адамар попросил Эйнштейна проанализировать его собственный процесс мышления, он ответил:

«Слова или язык в том виде, как они пишутся или произносятся, вряд ли играют какую-нибудь роль в механизме моего мышления. Психические сущности, которые, по-видимому, служат элементами мышления — это некоторые знаки и более или менее ясные образы, которые можно «произвольно» воспроизводить и сочетать друг с другом».

В своем убеждении относительно того, что между опытом и логически упорядоченной теорией может быть существенный разрыв, а также в том, что существует связанное с этим различие между «чувственным восприятием», с одной стороны, и «чистыми идеями», с другой, Эйнштейн разошелся с большинством выдающихся исследователей философии науки его времени. О том, что для него это было не легко, мы знаем из многих фактов, включая и то, как часто он возвращался к этим вопросам на протяжении многих лет.

V. УРОК ДЛЯ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИСТОРИИ НАУКИ

Историки часто обнаруживают большие расхождения между документальной историей науки, с одной стороны, и популярной историей в учебниках и очерках некоторых выдающихся ученых и философов-аналитиков, с другой. Мы рассмотрели здесь весьма частный случай, но были и очень широко применяемые выводы. Прежде всего мы вынуждены снова спросить, какие стили и функции больше всего соответствуют сегодня исторической эрудиции, особенно на фоне преобладающей доктрины экспериментизма. Собственная точка зрения Эйнштейна разъясняет этот вопрос. Шэнкленд спросил Эйнштейна во время их первой беседы в 1950 г., «считает ли он, что стоит описать историю эксперимента Майкельсона — Морли».

Он сказал: Да, конечно, но вы должны написать ее так же, как Мах написал свою «Механику». Затем он высказал 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: «Мах не знал реальных фактов о том, каким путем ранние исследователи разрешали свои проблемы, но он, Эйнштейн, чувствует, что Мах 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».

При обсуждении подхода «почти всех историков» (возможно, это сказано слишком резко) 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 резко), Эйнштейн подчеркивает необходимость особого рода 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 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, непередаваемого словами и невозстановимого 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, взаимодействия 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 рекомендуя 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 научного прогресса. Конечно, построение цепи от нового загадочного эксперимента к теоретической схеме, которая его объясняет, — это обычный процесс, особенно в каждодневной 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.

И тем не менее следует противостоять заблуждению экспериментистов, внушающих идею о строго логическом следовании от эксперимента к теории по учебнику. Это не верно 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 воздает 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.

Физический факультет Гарвардского университета,
Кембридж, США

О СТАТЬЕ ДЖ. ХОЛТОНА «ЭЙНШТЕЙН И «РЕШАЮЩИЙ» ЭКСПЕРИМЕНТ»

С. Г. Суворов

Статья Дж. Холтона представляет интерес тем, что в ней обрисована историческая обстановка, в которой развивалась экспериментальная и теоретическая физика в один из важнейших ее периодов, когда во весь рост встали проблемы электродинамики движущихся тел. Автор показывает, с одной стороны, с каким разочарованием и недоумением был воспринят отрицательный результат остроумного и точнейшего эксперимента Майкельсона, от которого ожидали подтверждения гипотезы стационарного эфира, но который пришел в противоречие с ней. С другой стороны, автор рисует картину того недоверия, с каким воспринималась в первые годы теория относительности Эйнштейна, столь необычная по своим выводам, по своей разрушительной силе, ниспровергающей априористические представления прежней физики и кантиантской философии. Это недоверие проявляли даже крупные физики (Вин и др.). Не случайно Эйнштейн не был представлен к Нобелевской премии за развитие теории относительности. Лишь после выступления такого авторитета, как Минковский, в его знаменитой речи «Пространство и время» физики со временем осознали, что дело идет о новой, адекватной природе, теории. Молодое поколение физиков мало знает об этой поучительной странице истории физики.

Однако основной стержень статьи Холтона состоит в обсуждении связи эксперимента Майкельсона с теорией Эйнштейна. Автор показывает, как постепенно складывался миф, будто теория относительности явилась непосредственным следствием, прямым выводом из отрицательного результата опыта Майкельсона. Эту версию поддерживали крупные физики-экспериментаторы — Милликен, Лауэ и другие. Она широко проникла во многие учебники и популярные книги и казалась естественной, тем более, что и сам Эйнштейн в популярных изложениях теории так или иначе упоминал об опыте Майкельсона. Более того, сложилось мнение, будто Эйнштейн во время единственной встречи с Майкельсоном в 1931 г. публично признал, что его теория есть прямое следствие опыта Майкельсона, как это и изложено в известной книге Джеффа. Однако сравнивая джеффовскую запись выступления Эйнштейна с немецкой записью, Холтон опровергает достоверность записи Джеффа и указывает источник его ошибки. Более того, автор впервые публикует найденное им в архиве Эйнштейна его письмо м-ру Давенпорту, написанное за год до кончины, в котором Эйнштейн на специальный вопрос своего корреспондента дает ответ, недвусмысленно отклоняя непосредственную связь своих исследований по теории относительности с результатом опыта Майкельсона.

Публикация некоторых документов, доступных Холтону (упомянутое письмо Эйнштейна, сравнение двух противоречивых записей выступления Эйнштейна), делает статью Холтона особенно интересной.

Появление мифов о том, что теория относительности есть непосредственное следствие эксперимента Майкельсона, Холтон связывает также и с влиянием философских школ, начиная от позитивистов — идейных наследников Маха, и кончая, как он их называет, «экспериментистами», к которым он причисляет и американского философа Г. Рейхенбаха. Холтон показывает, что попытка протянуть такую непосредственную связь от теории к опыту характерна для позитивистской школы (хотя сам Мах впоследствии и отклонил теорию относительности). В этой связи он цитирует ближайшего ученика Маха, хорошо известного советскому читателю по критическому произведению В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм» — Иосифа Петцольда, который утверждал, будто основы классической физической теории были подвергнуты глубокому преобразованию только ради оправдания одного-единственного эксперимента, чем и пытался внушить сомнение в реальной ценности теории вообще и мысль о превосходстве комплекса восприятий над теорией.

К позитивизму Холтон относится критически. Он даже выражает несогласие с высокой оценкой Эйнштейном известной работы Маха по истории механики. Нетрудно понять истоки такой оценки у Эйнштейна. Естественный ход развития физики поставил в порядок дня критику кантианских идей об априорности знаний вообще, представлений классической физики об абсолютном пространстве и времени, в частности. Мах был первым среди физиков, кто заострил эту критику и тем оказал на них влияние. Это было выполнено именно в «историко-критическом очерке развития механики», опубликованном в 80-х годах XIX века. Но Мах в своей критике исходил из позитивистской концепции *). Лишь много позднее стало ясно, что эта концепция встала в противоречие с дальнейшими результатами физики, и тогда наметился отход физиков от позитивизма, хотя и не во всем. В изложении истории механики позитивистская концепция привела Маха к выводу, будто все принципы, развивавшиеся в механике, по сути тождественны друг другу и выражают формулировку одного и того же «факта»: тела вызывают друг в друге ускорения, обратно пропорциональные их массам. Но как можно отождествлять принципы Ньютона с принципом Гамильтона, значение которого, как это хорошо известно, вышло за пределы механики? Холтон прав, считая, что «Механика» Маха не может служить образцом изложения истории науки, хотя его обоснований мы не знаем. Что же, однако, предлагает сам Холтон, каковы его взгляды на процесс возникновения новой теории вообще, теории относительности, в частности?

В решении этого вопроса Холтон опирается на известные многочисленными высказывания Эйнштейна о том, что от опыта нет логического пути к теории, и именно эти высказывания использует как довод против мифа, будто теория относительности есть прямое следствие опыта Майкельсона. Но он идет дальше. Он считает, что это миф, когда «научный поиск представлен как неизбежный результат получения логически обоснованных выводов из несомненных с точки зрения эксперимента посылок. Увы, в действительности это не так» (стр. 313).

Позвольте, спросим мы, а как же? Неясные ссылки на интуицию, изобретательскую деятельность разума, который должен «перешагнуть

*) Напомним, что именно в «Механике» Мах высказал многие идеи, подвергнутые критике В. И. Лениным: будто вещь есть символ для комплекса ощущений (русск. изд., стр. 404), пространство и время суть упорядоченные системы рядов ощущений (стр. 427), атомы — лишь мыслимые вещи (стр. 441) и т. п.

через неминуемый разрыв» между фактами и теорией и т. п., — все это отнюдь не разъясняет вопроса о связи теории с экспериментами.

Что касается высказываний Эйнштейна о том, что нет прямого логического пути от опыта к теории, то они справедливы, если иметь в виду только *один-единственный* экспериментальный факт (например, в данном случае — только опыт Майкельсона), если в посылках не представлено (в виде «принципов», предшествующих теорий, соотношений и т. п.) *отражение всей совокупности* явлений, подтвержденных экспериментально. Когда в качестве посылки представлен только один эксперимент, тогда действительно из него не может быть однозначного, логического вывода теории (как это и показала трактовка опыта Майкельсона Лоренцом). Но тогда вообще не может быть и речи о теории, ибо природа теории как раз и состоит в установлении и формулировке условий логической совместности разнородных явлений в данной области физики. Когда есть только один факт, то из него не только нет логических путей к теории, но и сама постановка вопроса о теории неправомерна.

Разве не этим путем шел сам Эйнштейн при создании теории относительности, разве он не опирался при этом на ряд постулатов, в адекватности которых природе он был справедливо убежден? А Борн и Гейзенберг разве не поступали так же, когда, отходя от полуклассической теории строения атома, они строили квантовую механику?

Обсуждая подобные вопросы, необходимо также иметь в виду, что и саму логику нельзя представлять упрощенно, она сложнее, чем, по-видимому, полагает Холтон. Это — не формула, в которую достаточно только подставить начальные условия, чтобы получить готовый ответ. Логика — это теория познания, которая представляет собой отражение *целого процесса* раскрытия объективных законов природы, исходя из тех данных, которые человек приобретает в общении с природой.

Конечно, путь к теории того или иного ученого сложен, фактически ученый нащупывает логические связи часто косвенными путями, что обычно и подчеркивает Эйнштейн. Но это не означает, что не существует исходных (экспериментально подтвержденных) посылок теории и что между ними и теорией нет *логической* связи. Эти логические связи не лежат на поверхности, и их приходится вскрывать. Но связи эти обязательно *существуют*, и уже осознание того, что они *есть*, облегчает дальнейшее развитие науки, направляет в нужную сторону научный поиск. Об этом говорит и история физики. Утверждение о наличии этой связи между экспериментально обоснованными посылками и созданной на их основе теорией вовсе не есть ни рационализм, ни позитивистствующий «экспериментизм», который критикует Холтон. Современную научную философию нельзя строить в духе сочувственно отмеченных Холтоном взглядов Эйнштейна о неизбежности колебаний ученого между эмпиризмом и рационализмом.

Если бы Холтон дал анализ логической связи между физической теорией и ее экспериментальной базой, то он был бы в состоянии показать, что из одного-единственного эксперимента Майкельсона и *не могла* появиться теория относительности, и вывод его был бы *убедителен и независим* от того, как и почему высказывались по этому вопросу Милликен, Лауэ и другие ученые, и даже независим от того, что признавал или не признавал сам Эйнштейн, и что писали по этому поводу позитивисты. Ответ на поставленные в статье вопросы лежит именно в анализе логической связи теории с экспериментально обоснованными посылками, а этого анализа и нет в статье Холтона.

Эти замечания мы сочли необходимым сделать к очень интересному историческому обзору Дж. Холтона.