

вание эфира. И только Эйнштейн в 1905 г. подошел к решению этой проблемы с совершенно новой точки зрения, которая привела его к созданию теории относительности.

## § 65. ВОЗНИКНОВЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Появлению статьи Эйнштейна (1879—1955) «К электродинамике движущихся тел», в которой впервые были изложены основы теории относительности, предшествовало, по словам самого автора, 7—10 лет упорных размышлений над проблемой влияния движения тел на электромагнитные явления. Эйнштейн пришел к выводу, что в отношении электромагнитных явлений все инерциальные системы координат совершенно равноправны, т. е. к принципу относительности. На основании каких фактов пришел к этому выводу Эйнштейн, можно судить по его замечаниям в указанной выше статье. Он ссылается на то, что явление электромагнитной индукции зависит исключительно только от относительного движения проводника и магнита, а также на отрицательный результат опытов по определению скорости движения Земли относительно эфира<sup>1)</sup>.

Одновременно с инвариантностью всех законов природы, т. е. принципом относительности, Эйнштейну казалось ясным и существование инвариантности скорости света во всех инерциальных системах отсчета. Такое убеждение возникло у Эйнштейна еще в молодости. В своих воспоминаниях он пишет:

«В том же году в Аарау (т. е. в 1896 г. — Б. С.) у меня возник вопрос: если бы можно было погнаться за световой волной со скоростью света, то имели бы мы перед собой не зависящее от времени волновое поле? Такое все-таки кажется невозможным!»<sup>2)</sup>.

Таким образом, Эйнштейн, по-видимому, еще в молодости пришел также к принципу, согласно которому во всех инерциальных системах скорость распространения световой волны одинакова. Этот принцип он использует уже в своей первой работе и в неявной форме и в явном виде. В первом случае он полагает, что скорость света в инерциальных системах всегда одна и та же в противоположных направлениях. В явной же форме этот принцип формулирует как принцип постоянства скорости света, заключающийся в том, что скорость света не зависит

---

1) В литературе обсуждался вопрос, какие опыты в данном случае имеет в виду Эйнштейн, в частности имеется ли в виду опыт Майкельсона? Высказывались даже мнения со ссылкой на самого Эйнштейна, что об этом опыте он в то время не знал. Известно, что Эйнштейн, будучи уже в преклонном возрасте, сказал, что не помнит, знал ли он об этом опыте тогда или нет (см., например, письмо Эйнштейна к Давенпорту, приведенное в статье Холтона Д. «Эйнштейн и решающий эксперимент». — УФН, 1971, т. 104, с. 298). Конечно, сейчас трудно решить вопрос, какие именно опыты имел в виду Эйнштейн. Можно, однако, утверждать, что Эйнштейн не мог не знать об опыте Майкельсона, так как он сам упоминал, что читал работу Лоренца, вышедшую в 1895 г., в которой говорится об этом опыте и где, исходя из него, делается гипотеза о сокращении (см.: Зел и г К. Альберт Эйнштейн. М., Атомиздат, 1954, с. 60).

2) Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. IV. М., «Наука», 1967, с. 350—351.

от скорости его источника. В своей первой статье Эйнштейн основывается на двух основных принципах, которые положены им в основу специальной теории относительности. Первый принцип — это принцип относительности: «Законы, по которым изменяются состояния физических систем, не зависят от того, к которой из двух координатных систем, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно, эти изменения состояния относятся»<sup>1)</sup>. Второй принцип — принцип постоянства скорости света: «Каждый луч света движется в «покоящейся» системе координат с определенной скоростью  $V$  независимо от того, испускается ли этот луч света покоящимся или движущимся телом»<sup>2)</sup>.



Альберт Эйнштейн

Как же можно совместить эти два принципа? Одновременное их действие кажется невозможным. Однако из этого парадоксального положения Эйнштейн находит выход, анализируя понятие одновременности, у него возникает идея об относительном характере этого понятия. Вместе с этим он приходит и к необходимости пересмотра понятия пространства и времени.

В физике, следуя мнению Ньютона об абсолютном времени, всегда полагали, что можно просто говорить об одновременности событий сразу во всех точках пространства. Эйнштейн опровергает такое представление. Он прежде всего исследует вопрос, каким образом можно установить одновременность двух событий, происходящих в разных точках пространства. Для того чтобы сравнить время двух событий, происходящих в разных точках пространства, нужно иметь в этих точках часы. Во-первых, это должны быть одинаково устроенные часы, во-вторых, они должны идти синхронно. Для достижения синхронности можно воспользоваться световыми сигналами.

Пусть в удаленных друг от друга точках пространства  $A$  и  $B$  имеются одинаковые часы. Пусть часы в точке  $A$  показывают время  $t_A$ , когда из этой точки выходит световой сигнал (световой луч) в направлении точки  $B$ . Пусть, далее, этот сигнал достигает точки  $B$ , когда часы в ней показывают время  $t_B$ , и затем движется обратно к точке  $A$ , куда приходит в момент времени  $t'_A$  по часам, помещенным в этой точке. Будем считать, что часы в точках  $A$  и  $B$  идут синхронно, если всегда выполняется соотношение

$$t_B - t_A = t'_A - t_B.$$

<sup>1)</sup> Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. I. М., «Наука», 1965, с. 10.

<sup>2)</sup> Там же.

Следовательно, и события в точках  $A$  и  $B$  будут одновременными, если часы в этих точках показывают для них одно и то же время. Такое определение одновременности кажется вполне естественным, если принять, что свет распространяется с одинаковой скоростью во всех направлениях. Эйнштейн это и принимает, вводя как определение, что «время, необходимое для прохождения света из  $A$  в  $B$ , равно «времени», требуемому для прохождения света из  $B$  в  $A$ »<sup>1)</sup>.

Это положение можно считать как дополнительное, а можно расценивать как утверждение, находящееся в согласии с принципом постоянства скорости света, понимая последний как принцип, который требует одинаковости скорости распространения света по величине во всех инерциальных системах отсчета (независимо от их относительной скорости) как по величине, так и по направлению.

Но если ввести такое определение одновременности, то вследствие конечной скорости распространения света это понятие становится относительным. Одновременные события в одной «покоящейся» системе не будут одновременными в другой системе, движущейся относительно нее.

Действительно, пусть в точках  $A$  и  $B$ , расположенных на расстоянии  $l$  друг от друга, находятся неподвижные часы, которые синхронизированы по правилу, приведенному выше. Пусть теперь наблюдатель,двигающийся относительно часов с постоянной скоростью  $v$  в направлении  $AB$ , захочет проверить синхронность хода часов. Учитывая принцип постоянства скорости света, согласно которому она относительно движущегося наблюдателя по-прежнему равна  $c$ , он должен считать время движения сигнала от  $A$  до  $B$  равным  $t_B - t_A = l/(c - v)$ , а промежуток времени движения сигнала в обратном направлении  $t'_A - t'_B = l/(c + v)$ , т. е. эти часы идут уже не синхронно. Следовательно, понятие одновременности относительное. События, которые являются одновременными для одного наблюдения, неодновременны для другого наблюдателя, движущегося относительно первого.

Новое понимание одновременности, его относительного смысла приводит с необходимостью к относительности понятия размеров тел. Чтобы измерить длину тела, нужно отметить его границы на масштабе одновременно. Однако что одновременно для неподвижного наблюдателя, уже не одновременно для движущегося, поэтому и длина тела, измеренная разными наблюдателями, которые движутся относительно друг друга с различными скоростями, должна быть различна.

Проведя такие общие рассуждения, Эйнштейн переходит к математической стороне теории. Исходя из принципа относительности и постоянства скорости света, а также некоторых общих постулатов (постулата об однородности и изотропности пространства и др.), он получает формулы преобразования координат и времени, которые получили до него Лоренц и Пуанкаре, а еще раньше Лармор. Но у Эйнштейна эти формулы имеют иной смысл, нежели у предшественников. Если, по Лоренцу, они позволяют определить сокращение размеров движущихся тел по сравнению с их размерами, когда они покоятся в эфире, а также

<sup>1)</sup> Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 1, с. 9.

чисто формальную величину «местное время», то, по Эйнштейну, дело обстоит иначе. Одно и то же тело имеет различную «истинную» длину, если оно движется с различной скоростью относительно масштаба, с помощью которого эта длина измеряется. Так же и время: промежуток времени, в течение которого длится какой-либо процесс, различен, если измерять его движущимися с различной скоростью часами. Таким образом, в теории Эйнштейна размеры тел и промежутки времени теряют абсолютный характер, какой им приписывали раньше, и приобретают смысл относительных величин, зависящих от относительного движения тел и инструментов, с помощью которых проводилось их измерение. Они приобретают такой же смысл, какой имеют уже известные относительные величины, такие, как, например, скорость и т. п. Таким образом, анализируя опытные данные, относящиеся к оптическим явлениям в движущихся телах, Эйнштейн приходит к выводу о необходимости измерения пространственно-временных представлений, которые выработаны классической физикой.

Кроме формул преобразований координат и времени Эйнштейн получает также релятивистскую формулу сложения, или преобразования, скоростей. Затем он переходит к выводу формул преобразования для электромагнитного поля. Наконец, Эйнштейн исследует вопрос об изменении выражения для принципа Доплера, которое вытекает из его теории.

В заключение данной работы Эйнштейн показывает, что масса тела также является относительной величиной, зависящей от скорости. Он находит и выражение для кинетической энергии тела, отличное от применяемого в классической физике.

В последующей краткой статье «Зависит ли инерция тела от содержащейся в нем энергии», опубликованной в том же 1905 г., Эйнштейн показывает, что между массой тела и его полной энергией существует определенное соотношение. Путем простых рассуждений, пока еще не вполне строгих, он доказывает, что если энергия тела уменьшается вследствие электромагнитного излучения на величину  $E$ , то его масса изменяется на величину  $E/c^2$ . Обобщая этот вывод, он формулирует следующий закон: «масса тела есть мера содержащейся в нем энергии; если энергия изменяется на величину  $L$ , то масса меняется соответственно на величину  $L/(9 \cdot 10^{20})$ , причем здесь энергия измеряется в эргах, а масса — в граммах»<sup>1)</sup>.

Статьи Эйнштейна, в которых впервые были сформулированы основные положения специальной теории относительности, привели к появлению работ, которые можно разделить на две группы: в первой из них специальная теория относительности получала дальнейшее развитие, а во второй высказывались критические соображения по ее поводу.

К первой группе относятся прежде всего работы, в которых основные принципы теории относительности распространялись на механику. Первой из них является работа М. Планка, опубликованная в 1905 г., в которой Планк, сразу принявший теорию относительности, исследо-

<sup>1)</sup> Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. 1, с. 38.

вал, как должны измениться основные уравнения классической механики, если к ней применить идеи Эйнштейна. Он рассмотрел также вопрос о выражении количества движения, кинетической энергии, энтропии и т. д., а затем общие принципы механики, в частности вариационные для релятивистского случая. Эти вопросы рассматривались и другими учеными, в частности и самим Эйнштейном.

В 1909 г. Льюис и Толмен показали, что основные выводы теории относительности можно получить несколько иным путем, нежели Эйнштейн, основываясь на законах сохранения и принципе относительности<sup>1)</sup>.

Используя принцип постоянства скорости света в любых инерционных системах, расценивая его как «самую замечательную черту принципа относительности», а также законы сохранения в механике и рассматривая простые мысленные эксперименты, авторы получили релятивистские формулы преобразования, выражения для кинетической энергии и т. д.

Большое значение для дальнейшего развития теории относительности имел созданный Г. Минковским (1864—1909) математический аппарат, с помощью которого он дал изящную математическую интерпретацию этой теории, а также подчеркнул сущность этой теории как теории пространства и времени.

Минковский использовал понятие четырехмерного многообразия<sup>2)</sup>, каждый элемент которого определяется четырьмя величинами, три из которых являются обычными пространственными координатами ( $x_1, x_2, x_3$ ), а четвертая представляет собой время в соответствующих единицах ( $x_4 = ct$ , если время выражено в обычных единицах). Это многообразие можно для наглядности представить как четырехмерное пространство. Минковский назвал его «миром», а каждую его точку — «мировой точкой»<sup>3)</sup>. Он вводит для четырехмерного многообразия величины, аналогичные векторам и тензорам в обычном трехмерном пространстве. При этом если обычные векторы и тензоры остаются инвариантными при преобразовании координат, соответствующем вращению, то четырехмерные векторы и тензоры остаются инвариантными при преобразованиях Лоренца. Однако если, согласно специальной теории относительности, все законы природы инвариантны относительно преобразований Лоренца, то их можно представить в виде матема-

1) Льюис Д. и Толмен Р. Принцип относительности и не-Ньютоновская механика.— Новые идеи в физике. Сб. 3. Принцип относительности. СПб., 1912, с. 104.

2) Мысль о том, что формально время можно рассматривать как четвертую координату, была не нова. Уже Лагранж использовал такую идею (см.: Lagrange J. Théorie des fonctions analytiques. Paris, 1813). Затем неизвестный автор в 1885 г. в статье «Четырехмерное пространство» Natur. Vol. 31, 1885, p. 481) рассматривал время как четвертую координату, вводя понятие «времени-пространства» и «временной линии». В 1901 г. венгерский ученый М. Палаги опубликовал работу «Neue Theorie des Raumes und des Zeit», основной идеей которой является идея единства пространства и времени. При этом время он рассматривал как четвертую (мнимую) координату четырехмерного пространства «текущего пространства».

3) Минковский Г. Пространство и время. Принцип относительности. М., Атомиздат, 1973, с. 168.

тических соотношений между четырехмерными векторами и тензорами, если только соответствующие физические величины, участвующие в формулировках этих законов, выразить в виде четырехмерных векторов и тензоров или зависящих от них функций. Таким образом, специальная теория относительности приобретает наглядную геометрическую интерпретацию. Минковский в своих работах подчеркнул также, что теория относительности привела к коренному изменению взглядов на пространство и время. Она установила их универсальную связь, объединив, говоря современным языком, в единую форму существования материи. Пространство и время потеряли свой абсолютный характер. Только пространственно-временные соотношения абсолютны, разделение же пространства и времени носит относительный характер и зависит от той инерциальной системы отсчета, в которой происходит это разделение. Минковский кратко это сформулировал так:

«Отныне пространственно само по себе и время само по себе должны обратиться в фикции, и лишь некоторый вид соединения обоих должен еще сохранить самостоятельность» 1).

Таким образом, в результате труда целого ряда ученых к 1910 г. была создана специальная теория относительности с основными принципами и математическим аппаратом. Борн справедливо подчеркивал:

«В общем можно сказать, что специальная теория относительности не является трудом одного человека, она возникла в результате совместных усилий группы великих исследователей — Лоренца, Пуанкаре, Эйнштейна, Минковского» 2).

С самого же начала появились и критики, и противники специальной теории относительности. Новая теория требовала коренного пересмотра самых общих понятий и представлений физики. Во-первых, она предполагала принципиально новый взгляд на пространство и время и требовала пересмотра соответствующих понятий, установленных еще Ньютоном и проверенных многолетней практикой. Во-вторых, новая теория противоречила основным представлениям, на которых строились оптика и электродинамика. Это было время, когда еще не были забыты огромные успехи в оптике и электродинамике, достигнутые с помощью теории Максвелла, основанной на понятии среды (эфира), в которой происходят электромагнитные процессы. И вдруг предложена новая теория электромагнитных явлений, которая исключает эфир из физики. Эйнштейн в своей первой работе писал, что понятие эфира является излишним. Могло показаться, что он возвращается к дискредитировавшей себя теории дальнего действия. Далее, теория относительности не объясняла какие-нибудь до сих пор не объясненные эксперименты, не предсказывала новых фактов, доступных в то время экспериментальной проверке, не вытекавших из ранее созданных теорий. Все, что могла объяснить теория Эйнштейна, объясняла и теория Лоренца. Поэтому казалось, что предпочтение теории Эйнштейна — дело вкуса. М. Лауэ, который сразу же сделался сторонником теории относительности, в 1911 г. по этому поводу писал:

1) Минковский Г. Пространство и время. Принцип относительности с. 167.

2) Борн М. Физика в жизни моего поколения. М., ИЛ, 1963, с. 408.

«Мало того, экспериментально было бы невозможно произвести выбор между этой теорией (теорией Лоренца. — Б. С.) и Эйнштейновой теорией относительности, и, если тем не менее, теория Лоренца отошла на задний план — хотя она еще имеет сторонников среди физиков, — то это произошло, без сомнения, в силу оснований философского порядка»<sup>1)</sup>.

В силу перечисленных обстоятельств многие физики скептически отнеслись к теории относительности Эйнштейна. Одни из них выступили против нее с критическими замечаниями, другие проявили недоверие и продолжали придерживаться старых взглядов на время, на эфир и т. д. Прежде всего против теории относительности были высказаны некоторые замечания, которые сводились к тому, что якобы существуют факты, противоречащие основным принципам, или же содержали утверждения, будто эта теория приводит к противоречивым выводам. Так, например, были попытки привести примеры движения со скоростью, большей скорости света в вакууме, например фазовая скорость света в случае аномальной дисперсии. Или вращение очень длинного стержня, конец которого может двигаться со скоростью, большей скорости света. Все эти возражения основывались на непонимании сущности теории относительности и оказались ошибочными.

Интересным было возражение, основанное на так называемом парадоксе часов, или, как иногда говорят, парадоксе близнецов. Этот «парадокс» заключается в следующем. Представим себе двух наблюдателей ( $A$  и  $B$ ) с часами, причем их возраст одинаков (близнецы). Пусть кто-то из них, например  $B$ , начинает двигаться со скоростью  $v$ , удаляясь от наблюдателя  $A$ . Пройдя некоторое расстояние, наблюдатель  $B$  меняет свою скорость на обратную, возвращается в первоначальное положение к наблюдателю  $A$  и сравнивает показание своих часов с показанием часов наблюдателя  $A$ . Так как наблюдатель  $B$  находился в движении, то его часы должны идти медленнее, нежели часы неподвижного наблюдателя  $A$ . Поэтому после возвращения наблюдателя  $B$  его часы будут отставать от часов наблюдателя  $A$ . Разница в показаниях часов при достаточно большой скорости и времени движения наблюдателя  $B$  может быть весьма значительна, так что за время отсутствия наблюдателя  $B$  наблюдатель  $A$  постареет и станет дряхлым стариком, тогда как наблюдатель  $B$  вернется, сохранив молодость. Однако если считать наблюдателя  $B$  неподвижным, а наблюдателя  $A$  движущимся, что кажется вполне допустимым с точки зрения теории относительности, то, рассуждая аналогично, мы приходим к противоположному выводу. После возвращения теперь уже наблюдателя  $A$  на прежнее место его часы должны отставать от часов наблюдателя  $B$ , и не наблюдатель  $A$  станет глубоким стариком, а, наоборот, наблюдатель  $B$  состарится, тогда как возраст наблюдателя  $A$  изменится мало. Таким образом, как будто приходим к внутреннему противоречию, это противоречие является результатом противоречия самой теории, которую, следовательно, нельзя считать правильной. В 1911 г. Ланжевэн специально разобрал

---

<sup>1)</sup> Л а у э М. Принципы относительности. Новые идеи в математике. Сб. 5. СПб., 1914, с. 34.

этот кажущийся парадокс<sup>1)</sup>. Он указал на ошибку подобных рассуждений. Наблюдатели *A* и *B* не находятся в одинаковых условиях, и системы отсчета, связанные с ними, не равноправны. Если система координат, связанная с наблюдателем *A*, все время инерциальна, то система, связанная с наблюдателем *B*, в то время, когда он меняет свою скорость на обратную, не является инерциальной. Поэтому рассуждения, основанные на равноправности систем координат *A* и *B*, не справедливы и никакого парадокса не существует. Соображения Ланжевена, конечно, не полностью решали вопрос, связанный с этим парадоксом. Необходимо было выяснить, что происходит с часами, движущимися ускоренно, или как изменяется течение времени в неинерциальных системах отсчета. Это стало возможным лишь после того, как Эйнштейн создал общую теорию относительности, в которой все вопросы, связанные с данным парадоксом, получили разрешение.

Надо заметить, что Ланжевен и не ставил перед собой цель дать полное решение рассмотренного вопроса. Он привел этот парадокс, чтобы показать абсолютный характер ускорения в отличие от прямолинейного и равномерного движения, а это, по его мнению, позволяло сохранить представление об эфире. Парадокс, рассмотренный Ланжевенем, продолжал обсуждаться и позже. Так, например, уже в 1922 г. на дискуссии в Collège de France, посвященной теории относительности, этот парадокс послужил предметом оживленной дискуссии между Эйнштейном и французским математиком Пенлеве.

Л. И. Мандельштам в своих лекциях по теории относительности (1933—1934) писал, что к этому парадоксу продолжают еще возвращаться в наше время<sup>2)</sup>. В связи с запуском искусственных спутников и космических ракет вопрос о парадоксе часов снова начал подвергаться дискуссии. В ряде журналов появились статьи на эту тему. Были высказаны и ошибочные положения, относящиеся к поведению часов, либо подвергающихся ускорению, либо находящихся в поле тяготения<sup>3)</sup>.

В 1908 г. с новой теорией электромагнитных явлений в движущихся телах выступил Ритц (1878—1909). Ритц отрицательно отнесся к теории относительности Эйнштейна, но его не удовлетворяла и постановка вопроса Лоренцем. В теории Ритца нет эфира и электромагнитные возмущения существуют в пространстве, не являясь возмущением эфира. Они распространяются со скоростью  $c$ , но не относительно эфира, как у Лоренца, и не относительно любой инерциальной системы отсчета, как у Эйнштейна, а относительно источников этих возмущений. Таким образом, скорость света относительно какого-либо тела равна

---

1) L a n g e v i n P. Scientia. Vol. 10, 1911, p. 31. См. также сокращенный перевод этой статьи в кн.: Л а н ж е в е н П. Избранные произведения. М., ИЛ, 1949, с. 112.

2) М а н д е л ь ш т а м Л. И. Лекции по теории относительности. Полное собрание трудов. Т. V. М., Изд-во АН СССР, 1950, с. 233.

3) См. более подробно: Б о р н М. Космические путешествия и парадокс часов; Л е ф ф е р т К. и Д о н а й е Т. Парадокс часов и физика разрывных гравитационных полей.— УФН, т. 19, 1959, вып. 1; См. также: С к о б е л ь ц ы н Д. В. Парадокс близнецов в теории относительности. М., «Наука», 1966.



$c \pm v$ , где  $v$  — скорость тела относительно источника электромагнитного излучения. Теория Ритца позволяла объяснить отрицательный результат опыта Майкельсона, поскольку за источник света был взят земной источник. Она также объясняла отрицательные результаты других опытов, поставленных для определения скорости движения Земли в эфире. Однако попытка объяснить многие другие оптические явления с помощью теории Ритца наталкивалась на большие трудности. Даже такое простое явление, как отражение света, встречало затруднения в теории Ритца. Вскоре были получены и прямые подтверждения неправоты основной гипотезы Ритца. В 1913 г. де Ситтер, наблюдая движение двойных звезд, подтвердил постулат Эйнштейна о независимости скорости света от скорости источника.

Значительная часть физиков хотя и не выступала против теории Эйнштейна, тем не менее сохранила верность старым представлениям об эфире и придерживалась взглядов Лоренца. Прежде всего сам Лоренц продолжал придерживаться прежних взглядов. Лоренц считал, что признание теории Эйнштейна или же его взглядов — дело вкуса, поскольку его теория давала те же результаты, что и теория Эйнштейна. Вкусы же самого Лоренца лежали по-прежнему в рамках старых представлений. Так, например, в лекциях, которые Лоренц читал в 1914 г., он говорил:

«Оценка (основных понятий Эйнштейновой теории относительности. — Б. С.) входит по преимуществу в область гносеологии, каковой и можно предоставить право оценки с уверенностью, что она рассматривает с необходимой основательностью обсуждаемые вопросы. Но можно с уверенностью сказать, что склонность к тому или иному пониманию в значительной мере будет зависеть от привычного образа мышления. Что касается самого докладчика, то он находит некоторое удовлетворение в старом понимании, согласно которому эфир по крайней мере имеет некоторую субстанциональность, пространство и время могут быть резко разграничены, и об одновременности можно говорить, не специализируя это понятие»<sup>1)</sup>.

Отрицательно к теории относительности относился до конца своей жизни Пуанкаре, который считал ее эквивалентной теории Лоренца, предпочитая последнюю. В своих сочинениях он вообще не высказывался о работе Эйнштейна. Но имеются свидетельства, что когда спросили его мнение об Эйнштейне, то он отозвался не вполне одобрительно о его работе по теории относительности.

«Я не утверждаю, — писал Пуанкаре, — что все его предсказания выдержат опытную проверку в тот день, когда такая проверка станет возможной. Поскольку он ведет поиски во всех направлениях, следует ожидать, что большинство путей, на которые он вступает приведут в тупик»<sup>2)</sup>.

К теории относительности скептически отнесся и Майкельсон, экспериментальные исследования которого имели непосредственное отношение к ее созданию. Известно, что он однажды сказал полушутя:

«Если бы я мог предвидеть все, что вывели из результатов моего опыта, я уверен, что я никогда бы его не сделал»<sup>3)</sup>.

1) К а с с и р е р Э. Теория относительности Эйнштейна. Пг., 1922, с. 37.

2) З е л и г К. Альберт Эйнштейн. М., Атомиздат, 1964, с. 112.

3) Н о р д м а н Ш. Эйнштейн в Париже. М., 1922, с. 14.

Концепции эфира продолжали придерживаться Дж. Дж. Томсон, Лодж, Абрагам, Ленард, Вихерт, Нернст, Вин и ряд других физиков. Некоторые ученые рассматривали теорию относительности лишь как математическую теорию, которая хотя и приводит к правильным формулам, но не отражает существа физических процессов. Такую точку зрения высказывал, например, Вин, который считал необходимым подвергнуть теорию относительности опытной проверке. Он писал:

«Теория относительности есть не что иное, как математическая система теоретической физики, физические следствия из которой должны быть еще подвергнуты опытной проверке»<sup>1)</sup>.

Французский ученый Пенлеве также некоторое время рассматривал теорию относительности как некую математическую теорию:

«Я полагаю, что от этого учения (теории относительности. — Б. С.) останется много формул, которые без труда будут включены в классическую науку. Но принципы или научно-философские следствия, которые при различных мнениях представляются либо как скандал, либо как чудо теории относительности, не сохранятся»<sup>2)</sup>.

## § 66. СОЗДАНИЕ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

После того как Эйнштейн установил основные положения специальной теории относительности, он начал задумываться над обобщением этой теории, а именно над распространением принципа относительности на случай неинерциальных систем. Такую возможность он увидел в расширении принципа эквивалентности сил инерции и сил тяготения на оптические явления.

Эквивалентность сил тяготения и сил инерции в классической механике была известна. Она следовала из факта равенства (как говорят сейчас) инертной и гравитационной масс. Еще Галилей установил, что все тела на Земле, если не учитывать сопротивление воздуха, падают с одним и тем же ускорением. Ньютон подтвердил этот вывод опытами с маятниками. В 1890 г. венгерский физик Этвеш проверил этот факт с большой степенью точности и подтвердил выводы Галилея и Ньютона. После открытия зависимости инертной массы от скорости вопрос о независимости ускорения силы тяжести от любых свойств тел и состояний, в которых они находятся, предстал в новом аспекте. Конечно, сразу нельзя было сказать, изменяются ли гравитационные свойства тел, если их инерционные свойства зависят от состояния движения.

В 1907 г. этот вопрос поставил Дж. Дж. Томсон. Он полагал, что инертная масса тела изменяется вместе с его движением вследствие изменения кинетической энергии эфира, связанного с телом. Но эфир, казалось бы, не должен был оказывать влияния на вес. Поэтому, предположил Томсон, отношение массы тела к его весу уже нельзя считать постоянным. Для проверки этой гипотезы Томсон решил сравнить

<sup>1)</sup> Wien W. Die Relativitätstheorie. Leipzig, 1921, S.25.

<sup>2)</sup> Mohorovičić S. Die Einsteinische Relativitätstheorie und ihr mathematischer, physikalischer und philosophischer Charakter. Berlin — Leipzig, 1923, S. 8—9.